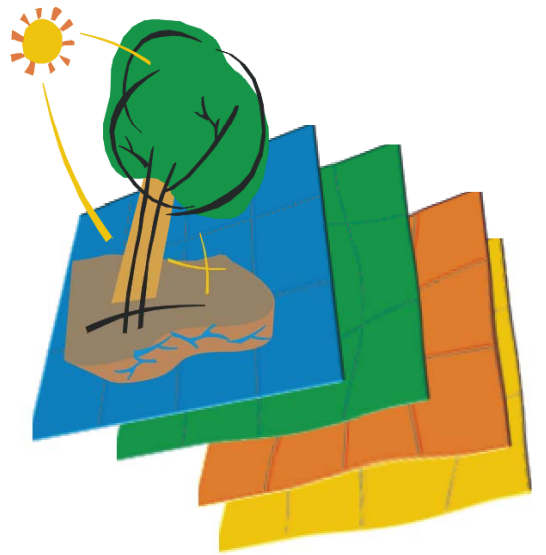
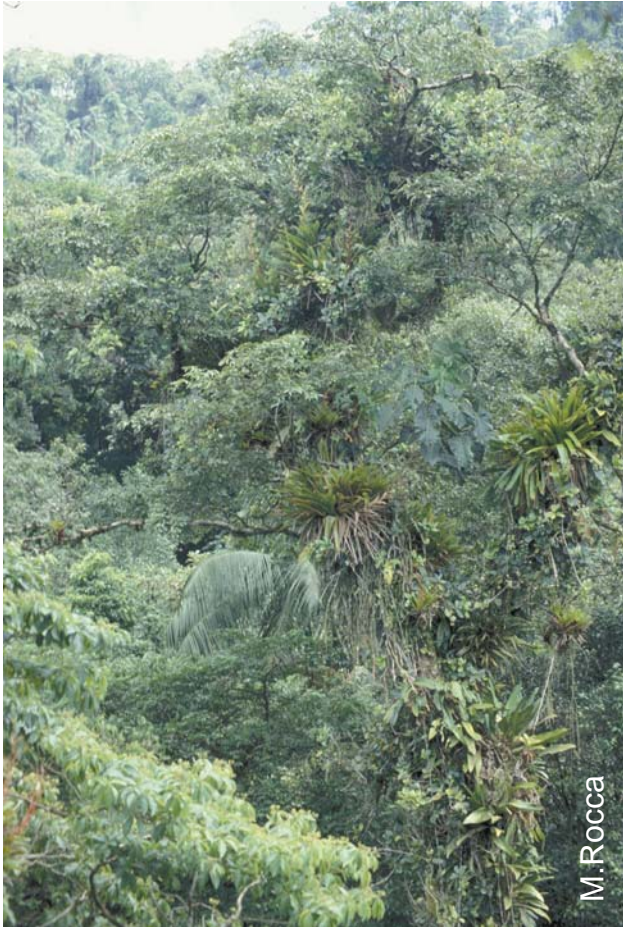
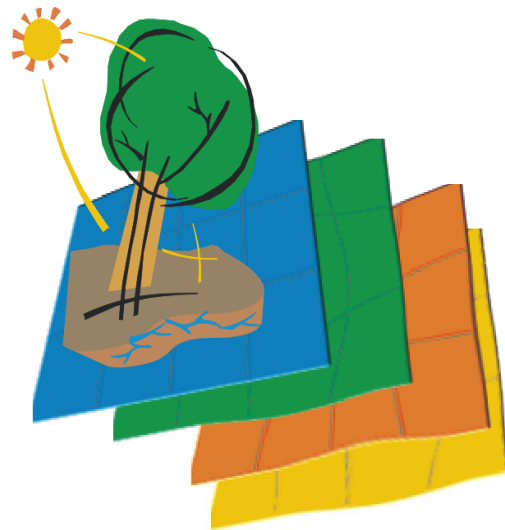
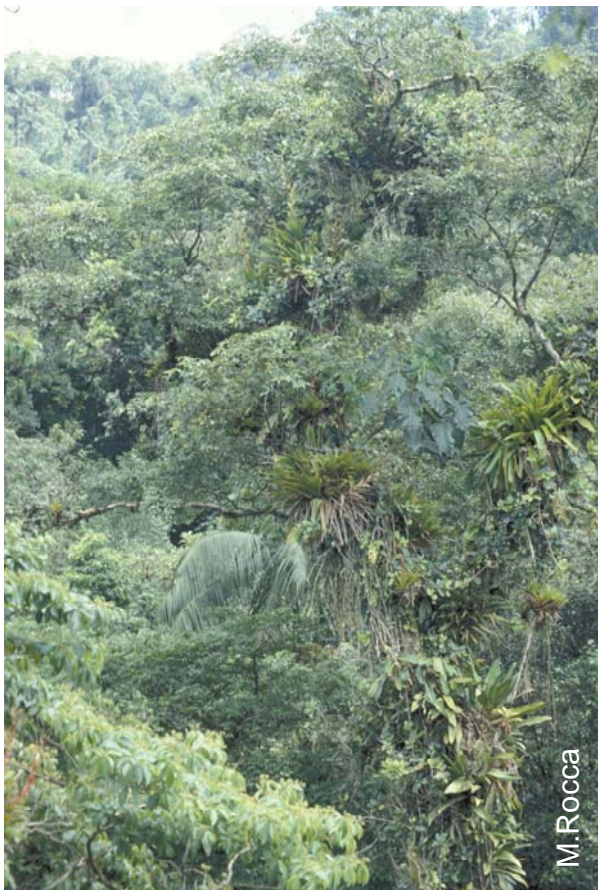


# Parcelas Permanentes em 40 ha de florestas do Estado de São Paulo: uma experiência multidisciplinar



# Parcelas Permanentes em 40 ha de florestas do Estado de São Paulo: uma experiência multidisciplinar





## Contextualização do 4º Relatório Científico do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes”

Esse relatório do projeto temático "**Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do estado de São Paulo: 40,96ha de parcelas permanentes (1999/09635-0)**" consiste no quarto relatório do projeto, referente as atividades cumpridas no quarto ano após sua aprovação, no período de 01 de novembro de 2004 até 31 de janeiro de 2006.

O principal objetivo desse relatório, assim como dos relatórios anteriores, foi expressar de forma clara, o mais concisa possível e transparente para os assessores da FAPESP, todas as conquistas e dificuldades do projeto nesse quarto ano de atividade, e os equacionamentos dados pela equipe do projeto a essas dificuldades.

Em função disso mesmo, desse projeto ser pioneiro no Brasil, com o estabelecimento de 40,96ha de Parcelas Permanentes nas 4 principais formações florestais do estado de São Paulo (Floresta de Restinga, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão), com 10,24ha em cada, correlacionando os dados de vegetação com fatores físicos, como aspectos geomorfológicos, edáficos, clima, luz, etc, envolvendo assim um grande número de pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento, coletando dados numa mesma área amostral, que serão analisados isoladamente e de forma integrada, decidimos na última reunião mensal do projeto, em novembro de 2005, através de consenso dos pesquisadores, a estratégia de redigir um **Livro Científico**, onde pudéssemos apresentar e discutir todos os resultados científicos produzidos no projeto, nas várias áreas do conhecimento, da forma mais integrada possível.

No entanto, a proposta do livro é principalmente para podermos contar a experiência de execução de um projeto de Parcelas Permanentes dessa monta, apresentando os problemas, as dificuldades e as formas de encaminhamento das soluções, visando colaborar com outras iniciativas semelhantes de Parcelas Permanentes ou mesmo de projeto com numerosos pesquisadores trabalhando numa mesma área amostral.

Nosso intuito nessa iniciativa é, além de preencher uma lacuna científica de um livro síntese sobre a descrição e dinâmica de quatro anos das principais formações florestais do Estado de São Paulo, sob o olhar isolado e integrado de várias áreas do conhecimento, colaborar também com outras iniciativas de estudos de longo prazo e multidisciplinares no Brasil, que inclusive já estão surgindo e deverão se avolumar nos próximos anos, quase como uma exigência da comunidade científica internacional, em função do consenso entre os pesquisadores dessa área, dessa ser uma das mais eficientes estratégias de geração de conhecimento científico sobre o funcionamento de comunidades naturais, em função dos avanços teóricos obtidos em pesquisas com essas características. Esses estudos de áreas amostrais extensas, com avaliações de longo prazo e



multidisciplinares possibilitam uma efetiva integração de dados físicos e biológicos, no espaço e no tempo, inclusive correlacionando essas alterações com as tão discutidas mudanças climáticas da atualidade.

Logicamente a proposta desse Livro de maneira nenhuma substitui a publicação de artigos científicos em revistas indexadas, sendo que cada tema do projeto se comprometeu a estar submetendo nesse período, artigos científicos para revistas de destaque, que certamente terão características distintas dos respectivos capítulos do livro no referido tema, em função de propósitos objetivos distintos dessas publicações.

Com relação às conquistas desse quarto ano de atividades do projeto Parcelas Permanentes, novamente a mais significativa, assim como aconteceu nos anteriores, foi ter conseguido manter a motivação dos pesquisadores já atuantes no projeto, para a geração de dados científicos, além de conseguir agregar novas áreas do conhecimento, identificadas pelo grupo como lacunas necessárias para a integração do conhecimento, possibilitando assim o refinamento das análises no cumprimento dos objetivos do projeto e a excelência dos produtos gerados.

Dessa forma, o projeto original que contava com **15 pesquisadores e nenhum sub-projeto vinculado**, terminou o primeiro ano com **53 pesquisadores e 23 sub-projetos vinculados**, o segundo ano com **69 pesquisadores e 41 sub-projetos vinculados**, o terceiro ano com **82 pesquisadores e 55 sub-projetos** e o quarto ano com **114 pesquisadores**, dos quais 65 em ativa coleta de dados no campo e **66 sub-projetos**. Nesse quarto ano de projeto, conseguimos preencher outra lacuna do projeto, que foi a incorporação de sub-projetos de levantamento da fauna, sendo que essa lacuna começou a ser preenchida com a incorporação de levantamento de anfíbios, tratando tanto dos aspectos da diversidade desse grupo nas diferentes parcelas, com a possibilidade de atuarem com bioindicadores de habitats dentro dessas parcelas. Esses subprojetos estão sendo conduzidos pelo **Prof. Dr. Jaime Bertolucci**, recentemente contratado no Depto de C. Biológicas da ESALQ, com origem na UFMG, na condição de docente. O Prof. Jaime já assumiu a condição de coordenador do tema fauna no Parcelas Permanentes, com a responsabilidade de organizar as pesquisas no tema, identificando e preenchendo as lacunas de conhecimento, buscando com isso atender os demais temas e contribuir com o cumprimento dos objetivos do temático.

Nesse quarto ano de projeto, nosso grande desafio foi colocar o banco de dados do projeto em funcionamento, permitindo ao acesso dos pesquisadores do projeto a esse banco, disponibilizando dados auditados, atualizados e passíveis de integrações nos vários temas. Em função das dificuldades de checagens e re-checagens iniciais desses dados nos primeiros quatro anos do projeto, em função dos problemas que tivemos com a empresa responsável pela alocação das parcelas no campo e plaqueamento dos indivíduos, já exaustivamente relatados nos relatórios anteriores, resolvemos dedicar nesse relatório e no livro, um bom espaço para descrever uma metodologia que consideramos mais adequada de coleta e armazenamento de



dados em trabalhos com essas características, construída a duras penas com base nos nossos erros, visando colaborar com outras iniciativas semelhantes, para que não incorram nas mesmas dificuldades desse projeto, que atrasaram significativamente a disponibilização de dados confiáveis. Essas recomendações já estarão disponíveis aos interessados nos próximos dias, no site [www.lerf.esalq.usp.br/parcelaspermanentes](http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelaspermanentes), onde disponibilizamos em pdf, todos os produtos do projeto, inclusive os relatórios anuais.

Nesse ano conseguimos ainda concluir o processo de re-medição ou recenso desses 40,96ha de parcelas permanentes, aproximadamente 3,5 anos após a primeira medição, conforme consta no cronograma original do projeto temático. Nesse recenso já foi concluído em dezembro de 2005 e com todos os dados já estão disponíveis no banco de dados do projeto, todos os 64.274 indivíduos arbustivo-arbóreos das mais de 570 espécies foram revisitados nos 40.96ha das quatro parcelas permanentes, sendo que seus diâmetros e alturas foram remeidos e suas espacializações e identificações conferidas.

Foram exatamente essas atividades de re-checagens e de recenso, que nos levaram a atrasar algumas das possíveis publicações científicas do projeto, pois sabíamos que muito em breve (a partir de dezembro de 2005) poderíamos trabalhar num banco de dados científicos muito consistente e confiável para as integrações necessárias entre as áreas do conhecimento e conseqüente garantindo o ineditismo do conhecimento produzido nesses trabalhos, com destaque para aqueles trabalhos relacionados com os fatores mantenedores da biodiversidade de florestas tropicais. Como se trata de parcelas permanentes, o principal motivo que levou os pesquisadores a aguardarem esta última correção do banco de dados, foi considerar que esse conhecimento publicado poderá ser testado nos trabalhos futuros na parcela permanente, o que só pode ser evitado com um banco de dados com qualidade. Os trabalhos científicos que não dependiam dessas re-checagens do banco de dados, por algum motivo, foram publicados ou estão sendo submetidos para publicações, sempre em revistas indexadas, de destaque nas suas respectivas áreas do conhecimento, conforme consta nesse relatório.

Nesse ano foram defendidas 4 teses de doutorado e 2 de mestrado, já tendo agendado para o primeiro semestre de 2006, as defesas de 5 doutorados e três mestrados.

Além desses aspectos científicos, a equipe parcelas permanentes organizou ainda o **IV Simpósio Interno do Projeto Parcelas Permanentes**, que ocorreu na ESALQ/USP, com expressiva participação dos pesquisadores do projeto, onde foram promovidas muitas reflexões e onde se obteve grandes avanços científicos do projeto, principalmente relacionados com a continuidade do projeto na próxima fase, incorporando algumas lacunas temáticas, como de trabalhos relacionados com aspectos genéticos das espécies arbóreas ocorrentes nas parcelas, de trabalhos de ecologia funcional e outros, e de grupos taxonômicos, como as pteridófitas, os demais grupos de fauna além dos anfíbios, de forma de vida, como as ervas ocorrentes nas parcelas, mas principalmente os trabalhos de integração de dados, propondo modelagens dos diversos processos ocorrentes nessas florestas. Uma grande parte dessas lacunas já está sendo



atendida ou pelo equacionada, como pode ser constatado nesse relatório, no item de projetos novos, iniciados nesse período.

Vale novamente destacar, além do enorme benefício científico dessa agregação de pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento alinhados em objetivos comuns nas mesmas áreas amostrais, o grande benefício financeiro dessa iniciativa científica, confirmada na prestação de contas apresentada, com a **racionalização do uso dos recursos financeiros**, já que esses 114 pesquisadores, responsáveis pelos 66 sub-projetos vinculados ao temático, usufruíram a mesma infra-estrutura que foi disponibilizada pela FAPESP para o projeto temático, no que se refere a equipamentos de campo e laboratório, carros para deslocamento desses pesquisadores para as áreas de estudo, estrutura administrativa, auxiliares de campo e até alimentação no campo etc, tendo sido solicitado apenas R\$ 160.000,00 de aditivo nesse ano passado e apenas um pequeno aditivo nesse ano de finalização do projeto, já que propomos e fomos contemplados pela FAPESP, com um reaproveitamento de uma sobra de recursos remanescentes do projeto, apenas solicitando uma transposição de itens de gastos, novamente demonstrando nossa forte determinação de racionalização dos uso do recurso público.

A promoção dessa interdisciplinaridade no projeto Parcelas Permanentes foi uma iniciativa da equipe do projeto, que periodicamente discute e delimita as necessidades do temático para cumprimento de seus objetivos, mas foi também uma recomendação dos avaliadores do projeto Parcelas Permanentes, no momento de sua aprovação, que colocaram claramente que um dos principais objetivos do projeto era a formação de pesquisadores dos diversos níveis, nas várias áreas do conhecimento. Esse papel do projeto, de permitir a integração entre as várias áreas do conhecimento também foi ressaltado pelos pesquisadores do Programa BIOTA da FAPESP, durante o III Simpósio do Programa BIOTA, e pelos avaliadores externos do Programa BIOTA em dezembro de 2005. ([www.biota.org.br](http://www.biota.org.br)), onde o Projeto Parcelas Permanentes foi repetidamente colocado como exemplo de integração entre diferentes áreas do conhecimento, além de ser citado como um mecanismo eficiente de aproveitamento do escasso recurso de pesquisa.

Dessa forma, precisamos muito contar com a compreensão de nossos assessores nesse próximo ano, onde efetivamente disponibilizaremos de dados auditados dessas parcelas no banco de dados, para viabilizarmos os trabalhos de síntese, permitindo a tão esperada integração dos dados científicos dos vários temas, buscando compreender os processos mantenedores da diversidade dessas quatro formações florestais, para adequação das ações de conservação, manejo e restauração dessas florestas.

Apesar de já ter se encerrado o processo PROCONTES (Programa de Contratação Temporária de Técnicos Nível Superior), que disponibilizava um técnico de nível superior para auxiliar especificamente nas atividades do preferido projeto temático, continuamos contando com grande apoio da Dra. Natália Macedo Ivanauskas, pesquisadora do IF e Dra. Alzira P. Bertoncini, docente de Universidade privada e colaboradora do projeto, na qualidade de gerentes gerais do projeto “40ha de Parcelas Permanentes” e da bolsista de treinamento técnico Viviane Botaro.



Todas as dificuldades foram exaustivamente discutidas no relatório, dentro de vários temas e de forma transversal nesses temas, e as soluções encontradas também foram apresentadas, mas estamos completamente receptivos e ansiosos pelas sugestões das assessorias da FAPESP, que tem sido muito pertinentes e de grande contribuição, principalmente considerando que esse relatório representa uma primeira versão do Livro que pretendemos publicar como produto dessa primeira fase do projeto, que deverá ser complementado e exaustivamente corrigido nesse próximo ano.

De qualquer forma, nos colocamos a inteira disposição para quaisquer esclarecimentos e informamos que todos os dados coletados nas respectivas parcelas permanentes estão disponibilizados em sites abertos ([www.lerf.esalq.usp.br](http://www.lerf.esalq.usp.br)) e/ou em sites protegidos por senha (<http://img.esalq.usp.br/biotapp/>), conforme explicado nesse relatório. No entanto, essa senha poderá ser prontamente disponibilizada para a assessoria, caso julgue necessário, o que não foi feito nesse momento, pelo fato desse relatório também ficar disponível em site aberto do laboratório e no site do programa BIOTA.

O que apresentamos a seguir, na forma do 4º Relatório Científico do projeto temático “40ha de Parcelas Permanentes”, é uma primeira versão proposta para o livro: **“Parcelas Permanentes em 40ha de Florestas no Estado de São Paulo: uma experiência multidisciplinar”**, com a estrutura e o conteúdo proposta para cada tema e as integrações, que pretendemos completar e corrigir nesse próximo semestre, para elaboração da versão final, além é claro de apresentar a continuidade desses respectivos subprojetos na coleta e análise dos dados, já que se trata de um projeto de parcelas permanentes.



## **Sumário Proposto**

### **Livro : Parcelas Permanentes em 40ha de Florestas no Estado de São Paulo: uma experiência multidisciplinar**

INTRODUÇÃO

PARTE I – AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

PARTE II – FATORES ABIÓTICOS

PARTE III – A VEGETAÇÃO

PARTE IV – PROCESSOS E PADRÕES ECOLÓGICOS

PARTE V – GEOGRAFIA DA FLORA PAULISTA

PARTE VI – O HOMEM NO CONTEXTO FLORESTAL

PARTE VII – SÍNTESE DAS ÁREAS

PARTE VIII – PERSPECTIVAS

PARTE IX – ADMINISTRAÇÃO DO PROJETO

PARTE X – O BANCO DE DADOS DO PROJETO TEMÁTICO

PARTE XI – A CONSERVAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES





## Introdução

Apesar de termos chegado ao final deste século com a consciência da inquestionável importância ambiental dos remanescentes florestais para a conservação da biodiversidade, ainda não asseguramos a adequada proteção destes contra a destruição irracional que assolou as formações naturais nesse período.

O Código Florestal brasileiro, que define as estratégias de proteção das formações florestal data de 1965, mas a inadequação e a incoerência das políticas públicas brasileiras, associada a uma fiscalização ambiental ineficiente, têm resultado na eliminação e conseqüente fragmentação dessas florestas, comprometendo sua principal característica de eficiente detentora da biodiversidade (Worbes et al. 1992, Felfili et al. 1994, Laurence et al. 1997, Silva Júnior et al. 1998).

Restam hoje no Estado de São Paulo alguns poucos remanescentes florestais maiores, geralmente protegidos na forma de Unidades de Conservação, inseridos numa matriz produtiva extremamente alterada pela ação antrópica e pulverizada com pequenos remanescentes, comumente muito degradados. Nesse processo histórico de fragmentação e degradação das formações naturais, foram poupadas algumas regiões serranas e áreas alagadiças, consideradas inaptas às práticas agrícolas ou regiões distantes dos grandes centros urbanos.

Uma peculiaridade do sudeste brasileiro é a presença de remanescentes florestais de diferentes unidades fitogeográficas ocorrendo muito próximos entre si e numa pequena amplitude latitudinal. No Estado de São Paulo, entre 25° e 22° de latitude sul ocorrem fragmentos de pelo menos quatro grandes formações florestais (Veloso 1992), como as Formações Pioneiras com Influência Marinha (Floresta de Restinga), a Floresta Ombrófila Densa, a Floresta Estacional Semidecidual e a Savana Florestada (Cerradão), cada qual com composição florística, estrutura e dinâmica próprias, em função dos fatores bióticos e abióticos determinantes.

Nas últimas décadas muita informação vem sendo acumulada sobre a composição e estrutura dos remanescentes florestais do Estado de São Paulo, com destaque para os estudos de florística e aspectos da estrutura da vegetação. A síntese dessas informações tem permitido a definição de unidades fitogeográficas, com diferentes padrões de riqueza de espécies e apontam para uma clara diferenciação entre as florestas paulistas no sentido leste/oeste (Mantovani et al. 1990, Salis et al. 1995, Torres et al. 1997, Santos et al. 1998, Tabarelli & Mantovani 1999, Ivanauskas et al. 1999).

Alguns estudos têm ressaltado a necessidade do aprofundamento de questões relacionadas à dinâmica destas comunidades florestais (Engel 1993, Gandolfi et al. 1995, Morellato & Leitão Filho 1995, Tabarelli & Mantovani 1997a e b, Martins & Rodrigues 1999) enquanto outros trazem a perspectiva do uso deste conhecimento na definição teórica e metodológica da restauração destas



florestas (Rodrigues & Gandolfi 1996 e 1998, Kageyama & Gandara 2000). No entanto, ainda é consenso nestes trabalhos que as atividades relacionadas com conservação, manejo e restauração de formações florestais ainda não são passíveis de generalizações (Silva Júnior et al. 1998, Rodrigues & Nave 2000), pois o conhecimento disponível sobre as formações florestais remanescentes do Estado de São Paulo ainda não nos permite avançar das suposições sobre os mecanismos reguladores da biodiversidade nesses fragmentos (Gandolfi et al 1995, Salis et al. 1995, Metzger et al. 1997, Torres et al. 1997, Tabarelli & Mantovani 1999, Rodrigues & Shepherd 2000) e como as alterações recentes e perturbações periódicas interferiram nos processos da dinâmica florestal, determinando a resiliência e sustentabilidade dessas áreas (Castellani & Stubblebine 1993, Santos et al. 1996, Viana & Tabanez 1996, Tabanez et al. 1997, Rodrigues 1999).

Deste modo, a dedicação dos botânicos e ecólogos para a descrição dos elementos e processos ocorrentes nesses remanescentes florestais precisa ainda ser incentivada, priorizando os esforços também para o entendimento dos processos reguladores da dinâmica florestal e dos mecanismos promotores e mantenedores da diversidade.

Este conhecimento é primordial para o estabelecimento de ações pertinentes de conservação, manejo e recuperação destas formações e de indicadores de avaliação e monitoramento dessas áreas remanescentes. Neste contexto, o acompanhamento temporal da dinâmica florestal em larga escala, realizado através de parcelas permanentes, têm se mostrado muito eficiente e promissor (Whitmore 1989, Condit 1995 e 1996, Bakker et al. 1996 e 1998, Tomás 1996).

Na década de 80 foram iniciados estudos visando uma amostragem mais eficiente de espécies e de seus padrões de distribuição espacial e de regeneração, através de parcelas permanentes de grande dimensão (50ha), instaladas em formações florestais remanescentes de regiões tipicamente tropicais (Condit 1995 e 1998). Nesses estudos foram geradas e testadas hipóteses sobre a manutenção da diversidade em florestas tropicais e grandes avanços foram obtidos no entendimento dos processos de manutenção da elevada diversidade dessas regiões (Condit et al. 1996, Hubbel & Foster 1986, Wills et al. 1997, Hubbel et al. 1999, Ricklefs 2000).

As parcelas permanentes mostraram-se eficientes ainda no estudo das alterações vegetacionais em decorrência de mudanças climáticas globais (Condit et al. 1995, Condit et al. 1996a e b, Wills et al. 1997). Os principais resultados obtidos com os estudos em parcelas permanentes nas regiões tipicamente tropicais podem ser divididos em três categorias (Condit, 1995):

- Estudos dos fatores envolvidos no controle das populações e na manutenção da biodiversidade;
- Documentação das mudanças temporais na composição de espécies, particularmente em decorrência de alterações climáticas e



- Modelos de demografia de espécies, especialmente com o objetivo de desenvolver regras para a extração sustentável de produtos madeireiros ou não madeireiros, ou identificação de novas espécies para plantio comercial ou reflorestamento, através de modelos de produtividade florestal.

No entanto, os modelos gerados até o momento nestes projetos ainda não nos permitiram explicar a atuação das características fisiográficas como reguladores da riqueza e diversidade das formações florestais remanescentes do sudeste brasileiro (Peixoto & Gentry 1990, Mantovani et al. 1990, Leitão Filho 1994, Guedes-Bruni et al. 1997, Tabarelli & Mantovani 1999, Rodrigues 1999), principalmente considerando as diferentes unidades fitogeográficas ocorrentes.

Essa inadequação dos modelos tipicamente tropicais parece se dever às particularidades ambientais do sub-tropical, referentes a estacionalidade climática mais acentuada, ao comportamento diferenciado da luminosidade, às características do processo de fragmentação, etc. A compreensão desses processos ecológicos é imprescindível para a elucidação da dinâmica florestal e para a adequação das ações de conservação dos remanescentes florestais e restauração da biodiversidade florestal do Estado de São Paulo.

Nesse contexto foi elaborado o projeto temático “Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes”, com o objetivo de realizar a caracterização ambiental detalhada, com reavaliações periódicas, das quatro principais formações florestais ocorrentes no Estado de São Paulo, por meio do estudo da comunidade arbórea em parcelas permanentes de grande dimensão, buscando compreender a dinâmica e os processos geradores e mantenedores da biodiversidade, além da adequação de práticas de conservação, manejo e restauração, com base no conhecimento gerado. Esse livro reúne o conhecimento acumulado nesses quatro anos de projeto a fim de permitir a replicação dessa experiência multidisciplinar.



## **PARTE I – AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1. PARQUE ESTADUAL DA ILHA DO CARDOSO.....</b>	<b>1</b>
1.1. ASPECTOS HISTÓRICOS.....	1
1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	2
<b>2. PARQUE ESTADUAL DE CARLOS BOTELHO.....</b>	<b>4</b>
2.1. ASPECTOS HISTÓRICOS.....	4
2.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	4
<b>3. ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CAETETUS .....</b>	<b>7</b>
3.1. ASPECTOS HISTÓRICOS.....	7
3.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	8
<b>4. ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ASSIS.....</b>	<b>11</b>
4.1. ASPECTOS HISTÓRICOS.....	11
4.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	13
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>15</b>



## Introdução

Geraldo A. Daher Correa Franco

Giselda Durigan

Maria Teresa Zugliani Toniato

Natália Macedo Ivanauskas

Vinícius C. Souza

Para a locação das Parcelas Permanentes foram selecionadas Unidades de Conservação (UCs), que apresentam trechos representativos em termos de conservação e tamanho, das quatro principais Unidades Fitogeográficas presentes no Estado de São Paulo. Para tanto, foram considerados aspectos como tamanho da Unidade de Conservação, acesso e infra-estrutura disponível para os trabalhos de pesquisa. Nesse contexto, foram selecionadas quatro UCs, sob guarda e administração do Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF):

- Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Floresta de Restinga);
- Parque Estadual de Carlos Botelho (Floresta Atlântica de Encosta);
- Estação Ecológica dos Caetetus (Floresta Estacional Semidecidual);
- Estação Ecológica de Assis (Cerradão).

## 1. Parque Estadual da Ilha do Cardoso



### 1.1. Aspectos históricos

A ocupação da planície litorânea é muito antiga, existindo numerosos vestígios como os sambaquis, que atestam sua ocupação pelo homem pré-histórico. Entretanto, com a chegada dos colonizadores, a exploração dos recursos naturais tomou vulto e cada vez mais os complexos e frágeis ecossistemas das restingas foram sendo degradados. A derrubada de grandes extensões de mata é, talvez, a mais antiga agressão que vêm sofrendo estes ecossistemas. Nos últimos anos a especulação imobiliária, cujo raio de ação foi ampliado pela abertura de boas estradas de acesso ao litoral, tem atingido as redes de drenagem das restingas por corte ou aterro, e tornou-se a mais grave ameaça a esses sistemas (Araújo & Lacerda, 1987; Mantovani, 2000).

A fim de proteger este e outros tipos de vegetação ocorrentes na ilha, esta foi transformada em Parque Estadual pelo Decreto 40.319, de 1962 (Negreiros, 1974). O Parque constitui-se um dos principais remanescentes da Mata Atlântica, podendo abrigar ainda, de acordo com o substrato, campos de altitude, nos altos dos morros, onde os solos são rasos e as rochas afloram;



vegetação de dunas, próximo à zona influenciada pela maré; floresta de restinga, nos podzóis hidromórficos da planície litorânea e manguezais, nos solos lodosos das várzeas dos rios periodicamente inundados por água salobra.

## 1.2. Localização e Acesso

A Ilha do Cardoso possui aproximadamente 22.500ha e situa-se no extremo sul do litoral do Estado de São Paulo, no município de Cananéia (entre 25°03' - 25°19'S e 47°53' - 48°05'W) (Clauset & Soares 1999).

Há duas opções viárias partindo-se de Piracicaba: uma passa por São Paulo, perfazendo cerca de 440 km e a outra por Sorocaba, numa distância aproximada de 410 km até Cananéia. O Parque fica a cerca de vinte minutos de Cananéia (de barco); a 40 km de Pariquera-Açu; a 66 km de Registro; a 80 km de Iguape; e a 270 km de São Paulo.

A parcela permanente está alocada a cerca de 500 m do trapiche do Núcleo Perequê (25°04'S 47°55'W). Seu acesso pode ser feito através de barco (três minutos) ou a pé, beirando o mangue.

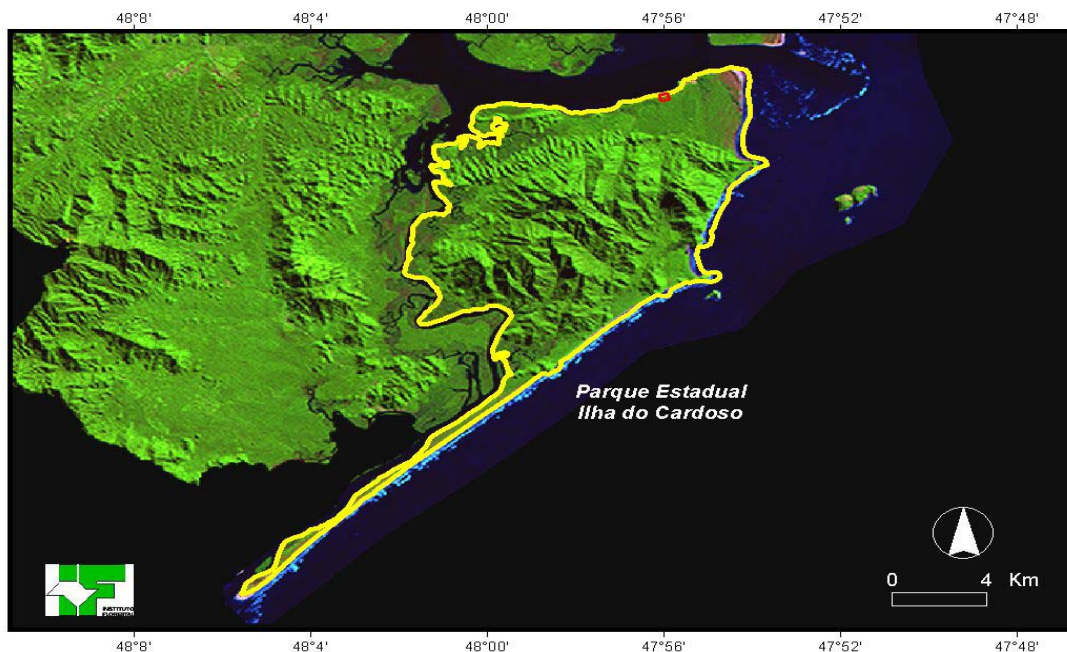


Figura 1.1. Localização do Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Fonte: Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

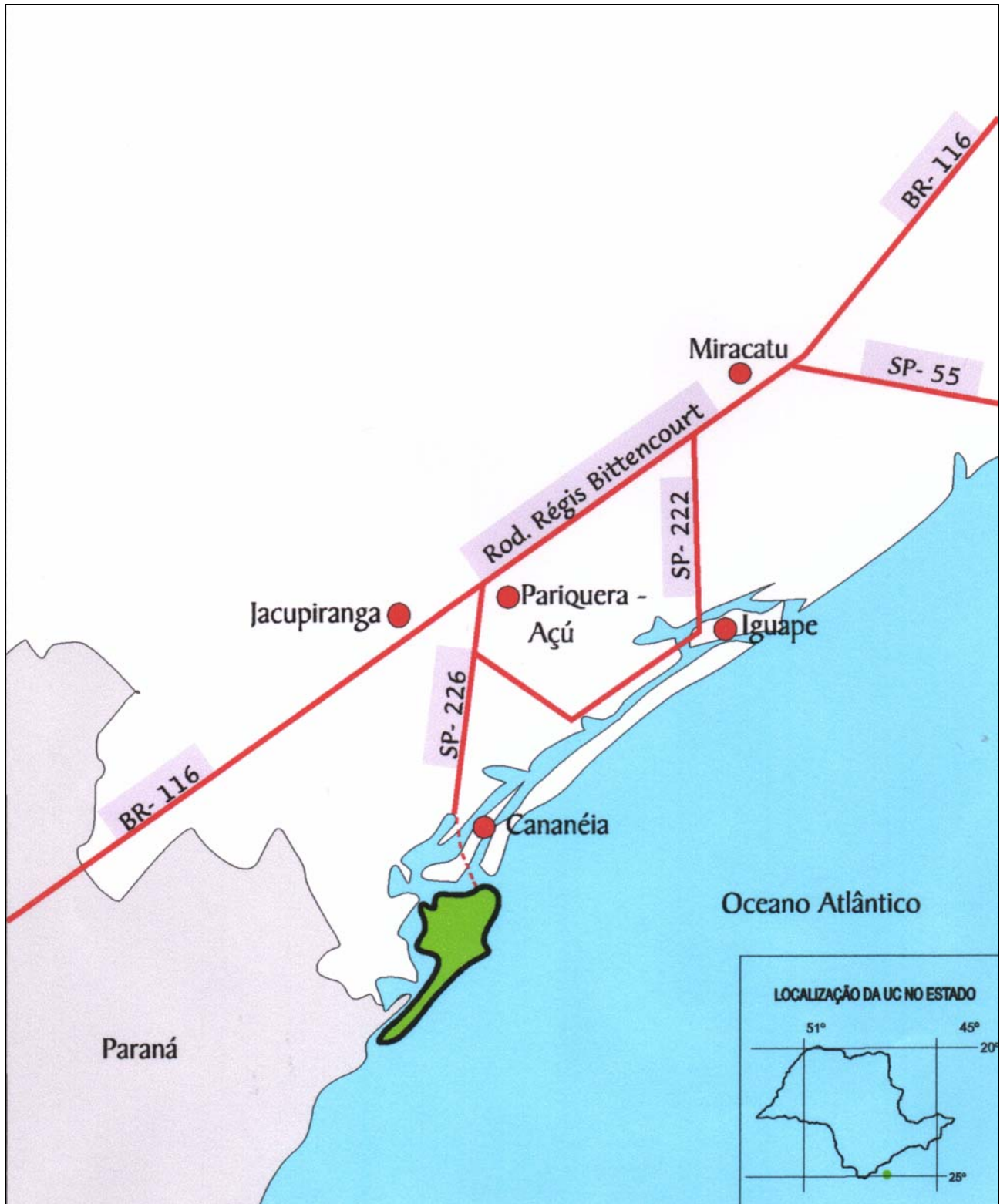


Figura 1.2. Principais acessos para o Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Fonte: Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

## 2. Parque Estadual de Carlos Botelho

### 2.1. Aspectos históricos



Até o início da década de 1940, a maioria das terras existentes no domínio do Planalto de Guapiara e na Serra de Paranapiacaba eram devolutas, inclusive a atual área abrangida pelo Parque Estadual de Carlos Botelho (PECB) (Custódio Filho, 2002).

Visando o estabelecimento de futuros núcleos de colonização e a preservação da fauna e flora regional, em 1941 foram criadas duas reservas florestais: a Reserva Florestal de Carlos Botelho, no município de São Miguel Arcanjo, e a Reserva Florestal de Capão Bonito, no município homônimo. Em 1957, outras duas reservas florestais foram criadas no município vizinho de Sete Barras: a Reserva Florestal do Travessão e a Reserva Florestal de Sete Barras (SMA s.d.).

Em 1982, por meio do Decreto Estadual 19.499, foi criado o Parque Estadual de Carlos Botelho, quando então foi realizada a unificação das quatro reservas florestais e de terras devolutas contíguas do município de Tapiraí (SMA, s.d.). O nome de “Carlos Botelho” foi mantido a fim de preservar a homenagem a Carlos Botelho (1855-1957), médico e Secretário da Agricultura do Estado de São Paulo em 1904 (Custódio Filho 2002).

### 2.2. Localização e Acesso

O Parque possui 37.797,43ha e engloba parte dos municípios de São Miguel Arcanjo, Capão Bonito, Sete Barras e Tapiraí (entre 24°00' a 24°15'S e 47°55' a 48°05'W), com altitudes que variam de 30 a 1003m (Dias 2005). A Parcela Permanente foi locada em um trecho no Núcleo Sete Barras, numa altitude em torno de 300m, na vertente atlântica da Serra de Paranapiacaba.

É cortado pela rodovia SP139, criada legalmente em 1911 e efetivamente construída em 1937, portanto antes da criação das Reservas Florestais que viriam a compor a Unidade de Conservação (Custódio Filho, 2002).



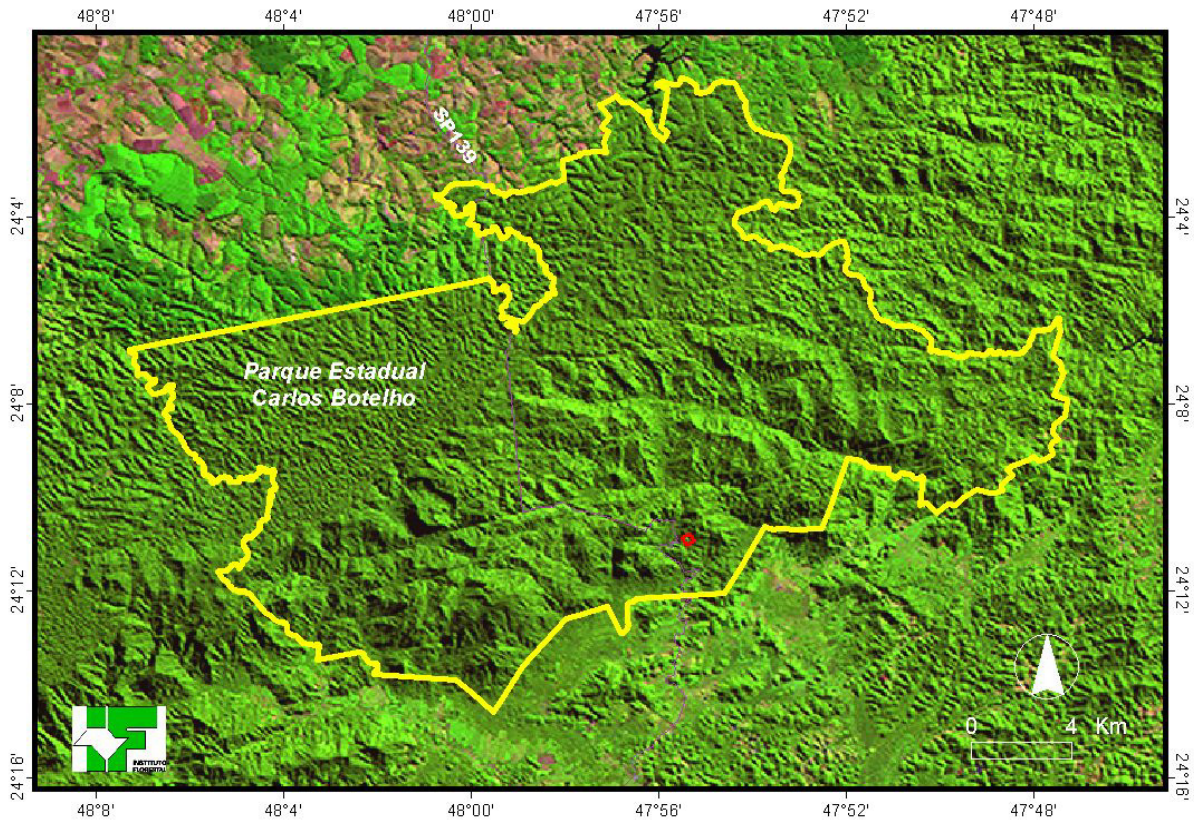


Figura 2.1. Localização do Parque Estadual de Carlos Botelho. Fonte: Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

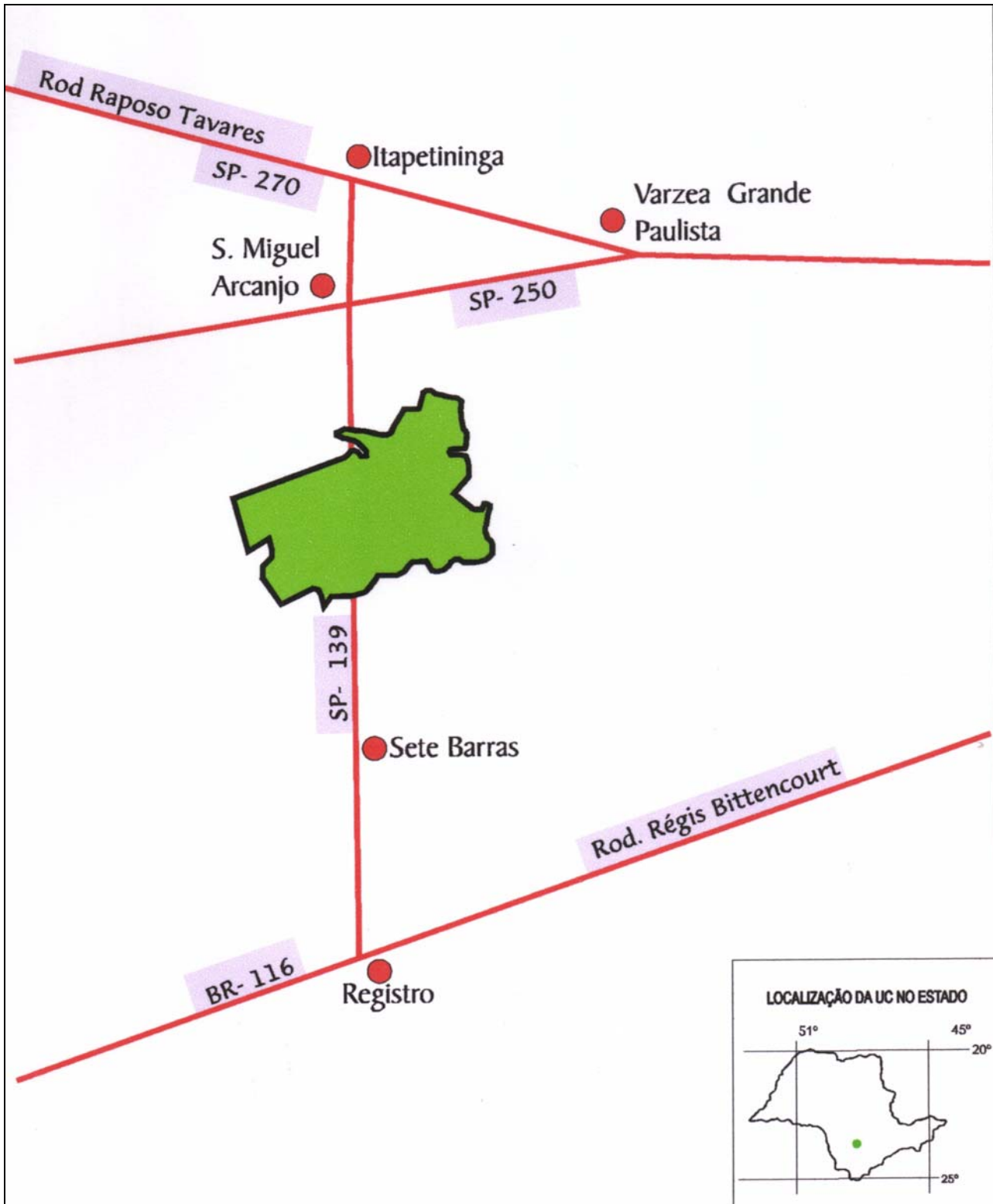


Figura 2.2. Principais acessos para o Parque Estadual de Carlos Botelho. Fonte: Instituto Florestal do Estado de São Paulo.



## 3. Estação Ecológica de Caetetus

### 3.1. Aspectos históricos

A Estação Ecológica dos Caetetus é um dos últimos remanescentes significativos de Floresta Estacional Semidecidual (IBGE 1992) no planalto ocidental do Estado de São Paulo, com área contínua de 2.178.84 ha, desempenhando um importante papel de detentora de uma amostra representativa da flora regional. Conforme o histórico patrimonial e demais informações apresentadas no documento do Plano de Manejo para a área (Tabanez et al. 2005), esta unidade de conservação foi criada pelo Decreto Estadual nº 26.718, de 6 de fevereiro de 1987 (São Paulo 1987), sendo objeto de um programa institucional que visava ao estabelecimento de novas categorias de manejo de unidades de conservação da natureza, em consonância com a proteção de importantes porções territoriais de propriedade do governo do estado, que abrigavam ecossistemas complexos e frágeis. Tal medida procedia, uma vez que a unidade encontrava-se na categoria de manejo de reserva florestal, objeto de desapropriação da Fazenda Paraíso pelo Decreto Estadual nº 8.346, de 9 de agosto de 1976 (São Paulo 1976). Este decreto mencionava em seu art. 1º, os objetivos de sua criação como sendo “para constituição de Reserva Florestal e preservação de recursos naturais, ou a outro serviço público...”.

A figura da Reserva Florestal apresentava-se como uma categoria transitória ou provisória, extremamente frágil para assegurar os objetivos de conservação da biodiversidade regional ou mesmo do país. Com a instituição da categoria de Estação Ecológica desse importante remanescente florestal, em substituição à Reserva Florestal, possibilitou-se o conhecimento e a preservação efetiva dessa amostra significativa de Floresta Estacional Semidecidual interiorana, através da realização de pesquisas básicas e aplicadas em ecologia, da proteção do meio ambiente natural e do desenvolvimento da educação conservacionista, conforme a Lei Federal nº 6.902/81 (Brasil 1986e).

De acordo com Kronka et al. (2005), a região administrativa de Marília, onde está situada a Estação Ecológica dos Caetetus, está entre as regiões que apresentaram as maiores reduções (11,38%) da cobertura vegetal nativa no período entre 1990/02 e 2000/2001, sendo que atualmente, os ecossistemas naturais encontram-se quase totalmente dizimados na região. No entanto, a Estação Ecológica de Caetetus constitui um fragmento florestal relativamente extenso e com trechos muito bem preservados, armazenando várias espécies arbóreas ameaçadas de extinção, pela agressividade do extrativismo nos demais remanescentes desse tipo florestal do estado nos últimos anos, como o guarantã (*Esenbeckia leiocarpa*), a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e a cabreúva (*Myroxylon peruiferum*), entre outras. Também é capaz de abrigar



muitas espécies de animais, algumas inclusive também com forte ameaça de extinção, destacando-se o mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*).

A Estação Ecológica de Caetetus dispõe de um Plano de Manejo recém elaborado (Tabanez et al. 2005), documento este que sistematiza todo o conhecimento científico existente sobre a área e norteia a gestão da unidade de conservação, no que se refere aos diversos aspectos de pesquisa, administração, uso público, impactos no entorno, educação ambiental e outros, a fim de assegurar a adequada conservação de seus recursos naturais, considerando sua grande importância para a conservação da biodiversidade remanescente da região e do estado de São Paulo.

### **3.2. Localização e Acesso**

A Estação Ecológica dos Caetetus situa-se nos municípios de Gália e Alvinlândia, no interior do estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas: 22º41'e 22º46' de latitude sul e 49º10'e 49º16' de longitude Oeste Gr., dentro da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (Figura 1), compreendendo terras entre altitudes de 500 e 680m. A partir da capital do estado, o acesso dá-se pela Rodovia Castelo Branco (SP 280) até as proximidades do município de Itatinga, de onde se segue pela Rodovia SP 209 em direção a Botucatu. A partir deste município, segue-se pela Rodovia Marechal Rondon (SP 300) até Bauru e depois em direção a Gália, pela Rodovia SP 294 no sentido a Marília. Após o trevo de entrada de Gália, o acesso à Estação Ecológica de Caetetus dá-se em cerca de 30 Km, através da Rodovia SP 331. Alternativa é seguir pela SP 294 até o município de Garça e daí em direção a Lupércio pela SP 331.

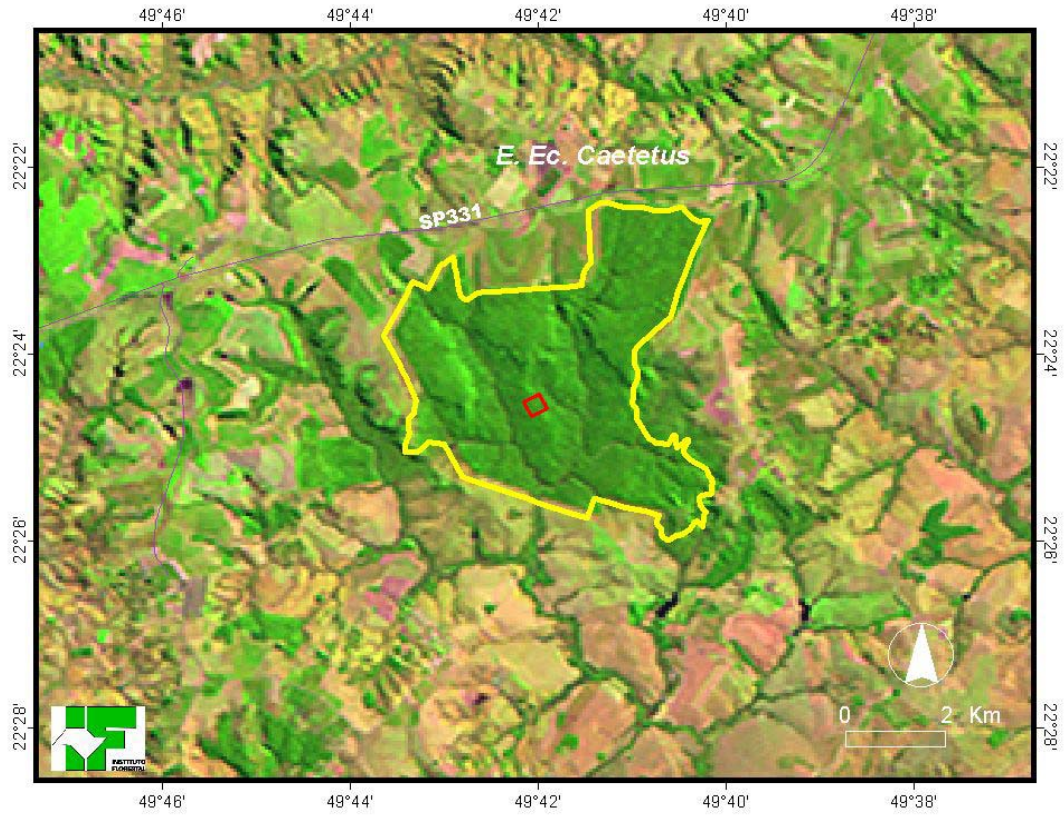


Figura 3.1. Localização da Estação Ecológica dos Caetetus. Fonte: Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

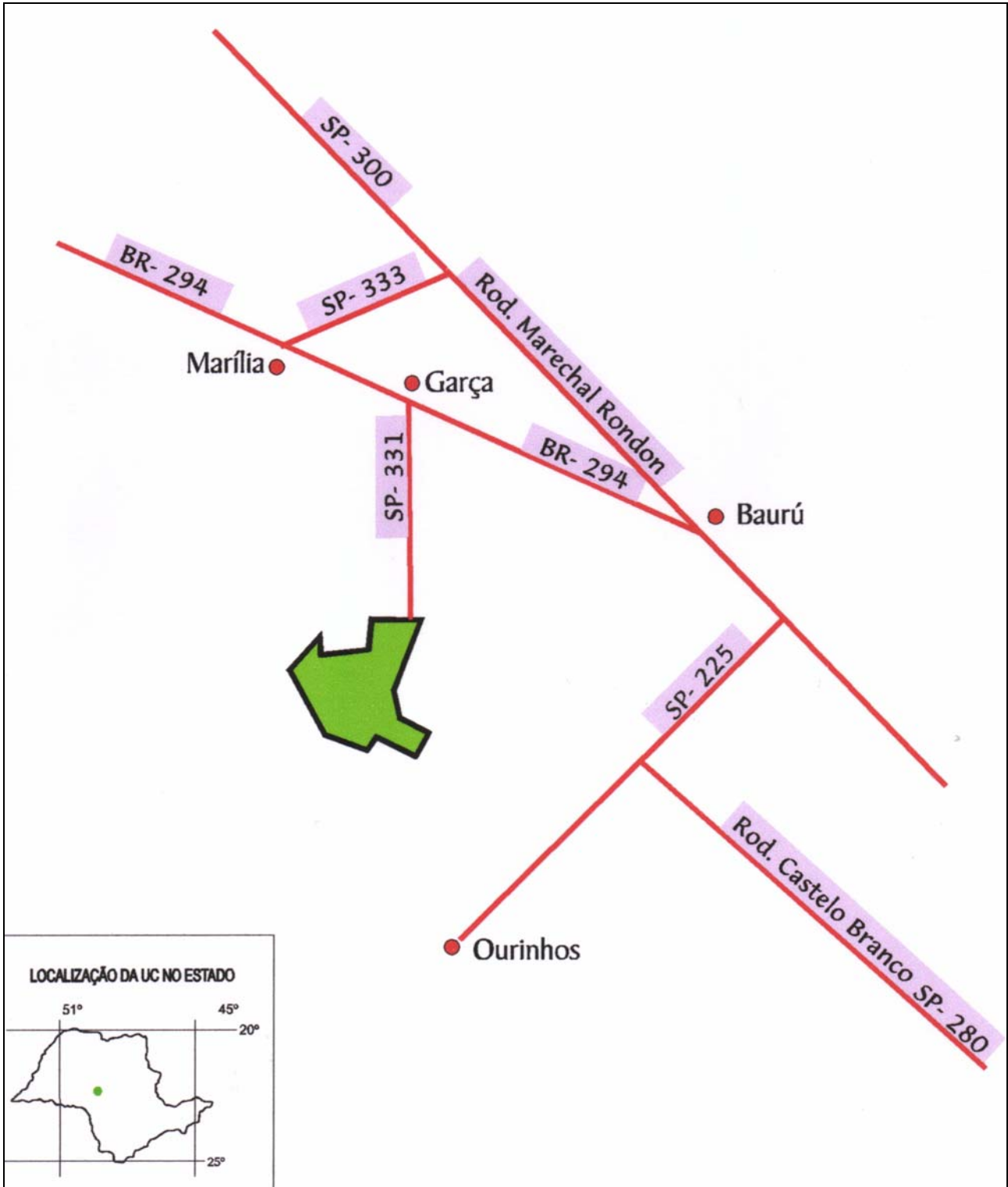


Figura 3.2. Principais acessos para da Estação Ecológica dos Caetetus. Fonte: Instituto Florestal do Estado de São Paulo.



## 4. Estação Ecológica de Assis

### 4.1. Aspectos históricos

Todo o oeste do Estado de São Paulo passou por um processo semelhante de ocupação humana, cuidadosamente descrita por Dean (1996), em seu brilhante relato *A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira*.

Recoberta, no início do século XX, por um mosaico vegetal formado por diferentes fisionomias de cerrado, imersas numa matriz de floresta estacional que penetrava rumo ao coração da América do Sul, essa região foi a última fronteira do estado de São Paulo a ser alcançada pela agropecuária no último século, principalmente por lavouras de café, algodão e pastagens. Antes dessa onda de ocupação dita "civilizada", porém, já existiam populações humanas na região. É certo que caçadores vindos de outros continentes invadiram as planícies sul-americanas há cerca de 13.000 anos e, quando da chegada de Colombo, eram muito grandes as populações indígenas distribuídas por todo o continente (Dean, 1996).

Todas essas levas de ocupantes pré-agrícolas davam prioridade às manchas de campo e de cerrado para concentrarem suas populações, quer seja pela facilidade de caça e de defesa, quer seja pela facilidade de obtenção de alimentos vegetais. Tudo indica que o fogo, durante todo esse tempo, era ferramenta de uso freqüente, para manter essas áreas abertas, para facilitação da caça e mesmo para, com a rebrota, atrair mamíferos de grande porte, que seriam alvo dessa caça.

Com o advento da agricultura itinerante, que era praticada pelos próprios indígenas, as terras mais férteis passaram a ser preferidas e foi então que as florestas começaram a serem sistemática e repetidamente queimadas para abertura de novas áreas agrícolas. Na região do Médio Paranapanema, segundo relatos históricos, as principais etnias indígenas eram os Coroados, às margens do Rio do Peixe; os Caiuás (Guaranis) ao longo do Rio Paranapanema e os Xavantes na região de campos e cerrados (Max et al., 2005).

O uso freqüente do fogo pelas populações humanas pode ter sido a principal força de pressão impedindo que o avanço natural da floresta sobre o cerrado, após a última era glacial, tivesse ocorrido mais cedo. Essa região, segundo estudos baseados em paleoecologia (Behling, 1998), foi ocupada pelas florestas apenas no último milênio.

A Estação Ecológica de Assis se localiza nessa região, mais especificamente no chamado Médio Vale do Paranapanema, protegendo uma pequena amostra das várias fisionomias de Cerrado, com pequenas manchas com transição para Floresta Estacional Semidecidual, não sem as marcas do passado de perturbações a que foi submetida.



O resgate histórico da degradação ambiental nessa região foi cuidadosamente reconstruído por Branstrom (2000), cuja análise, baseada em escavações de fundos de vales e em documentos de compra e venda de terras, comprova que a história foi ligeiramente diferente nas manchas de solos distintos, conforme sua aptidão maior ou menor para a agricultura.

A Estação Ecológica de Assis, predominantemente coberta por vegetação de Cerrado, encontra-se entre as áreas menos degradadas da região, uma vez que não foi utilizada para agricultura, por estar sobre solos pobres e arenosos. Em sua face nordeste, a Estação abriga uma pequena faixa de transição para a Floresta Estacional Semidecidual, sobre solos um pouco melhores, que parece ter sido o trecho em que a vegetação sofreu perturbações mais intensas pela retirada de madeira e pastoreio. Sem a estratégia de rebrota, característica dos trechos de Cerrado, que possibilita a rápida recuperação, o processo de recuperação desse trecho de Floresta Estacional tem sido mais lento do que no restante da área protegida na E.E. de Assis, sendo caracterizado por árvores esparsas, com o piso coberto por samambaias (*Pteridium aquilinum*) ou sapé (*Imperata brasiliensis*).

Em alguns trechos mais inclinados, na parte baixa das vertentes em toda a Estação, ainda restam os sulcos desenhados pela erosão provocada pelo pisoteio do gado e pelo escoamento das águas das chuvas sobre os solos compactados das pastagens no passado.

A área que hoje compõe a Estação Ecológica de Assis foi anteriormente propriedade, primeira, da Companhia Agrícola, Imobiliária e Colonizadora ¾ CAIC e, depois, da Cia de Estradas de Ferro Sorocabana, destinando-se a fornecer lenha para o abastecimento das locomotivas e, eventualmente, madeira para dormentes da ferrovia, sendo ao mesmo tempo utilizada para pastoreio extensivo.

Com a extinção da Estrada de Ferro Sorocabana, os chamados “Hortos da FEPASA” tiveram a guarda transferida para o Instituto Florestal em 1970, com a finalidade de ampliar as áreas de reflorestamento econômico do Estado. Na falta de recursos para reflorestar toda a área que passou para o Instituto Florestal em Assis, o cerrado foi sendo preservado, ao mesmo tempo em que mudanças importantes ocorriam nas prioridades institucionais: o Instituto Florestal, antes subordinado à Secretaria da Agricultura, passou a integrar a Secretaria do Meio Ambiente, cujas preocupações passaram de produção florestal principalmente, para fortemente conservacionistas.

Foi neste cenário que se propôs a criação da Estação Ecológica de Assis, para assegurar a preservação desses remanescentes naturais, antes que fosse vencida por alguma das diferentes formas de pressão antrópica a que vinha sendo submetida, desde a desapropriação para fins de reforma agrária, até a construção de uma penitenciária.

A unidade foi, oficialmente, criada em 1992, com área de 1.312,38ha (Decreto Estadual 35.697, de 21 de setembro de 1992). Em 18 de setembro de 2002, por ato do governo do Estado de São Paulo (Decreto Estadual 47.097), a pedido da administração da Floresta Estadual de Assis, a área da Estação Ecológica foi ampliada para 1.760,64 ha, com a incorporação de antigos



talhões reflorestados com espécies introduzidas dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, sob os quais a vegetação de cerrado encontra-se em processo, geralmente avançado, de regeneração natural.

A ampliação foi solicitada com a finalidade de: 1) proteger definitivamente as nascentes do manancial de abastecimento de Assis, substituindo-se a floresta de eucalipto pela vegetação de cerrado, visando garantir a produção de água local e 2) ampliar o habitat para a fauna silvestre.

Nova ampliação está sendo negociada como parte das ações de compensação pelos danos ambientais decorrentes da construção dos reservatórios nas Hidrelétricas Canoas I e II, com a aquisição de fragmentos vizinhos, com remanescentes de vegetação de Cerradão.

## 4.2. Localização e Acesso

A Estação Ecológica de Assis localiza-se em terras do município de Assis, SP, ocupando as mais elevadas cotas altitudinais, ao norte da sede do município, entre 500 e 588m. É delimitada, principalmente, por duas rodovias pavimentadas, quais sejam (Figuras 4.1 e 4.2): a leste, a Rodovia SP 333 (Rodovia Assis - Marília) e, a oeste, a Estrada Vicinal Assis - Lutécia. As propriedades limítrofes são, em sua maioria, do próprio Estado (Instituto Florestal e Instituto Agrônomo de Campinas), havendo propriedades rurais particulares na divisa ao norte e a nordeste e chácaras residenciais ao sul.

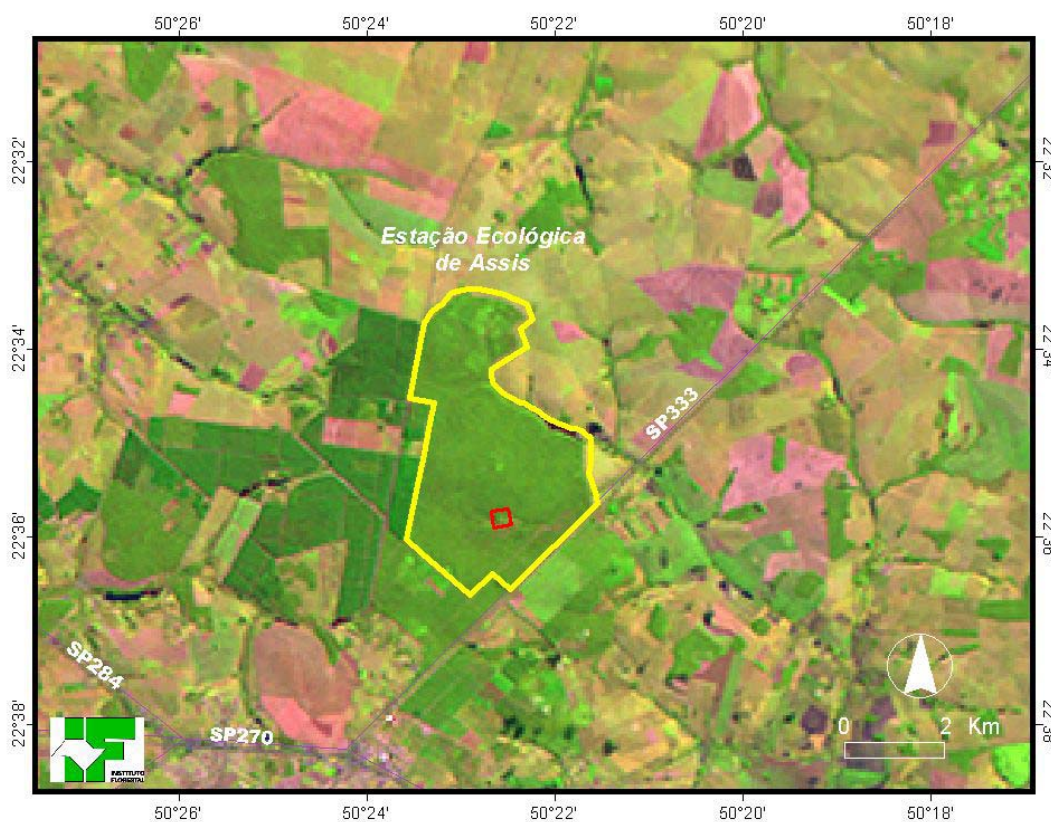


Figura 4.1. Localização da Estação Ecológica de Assis, dentro das áreas de domínio do cerrado do Estado de São Paulo.

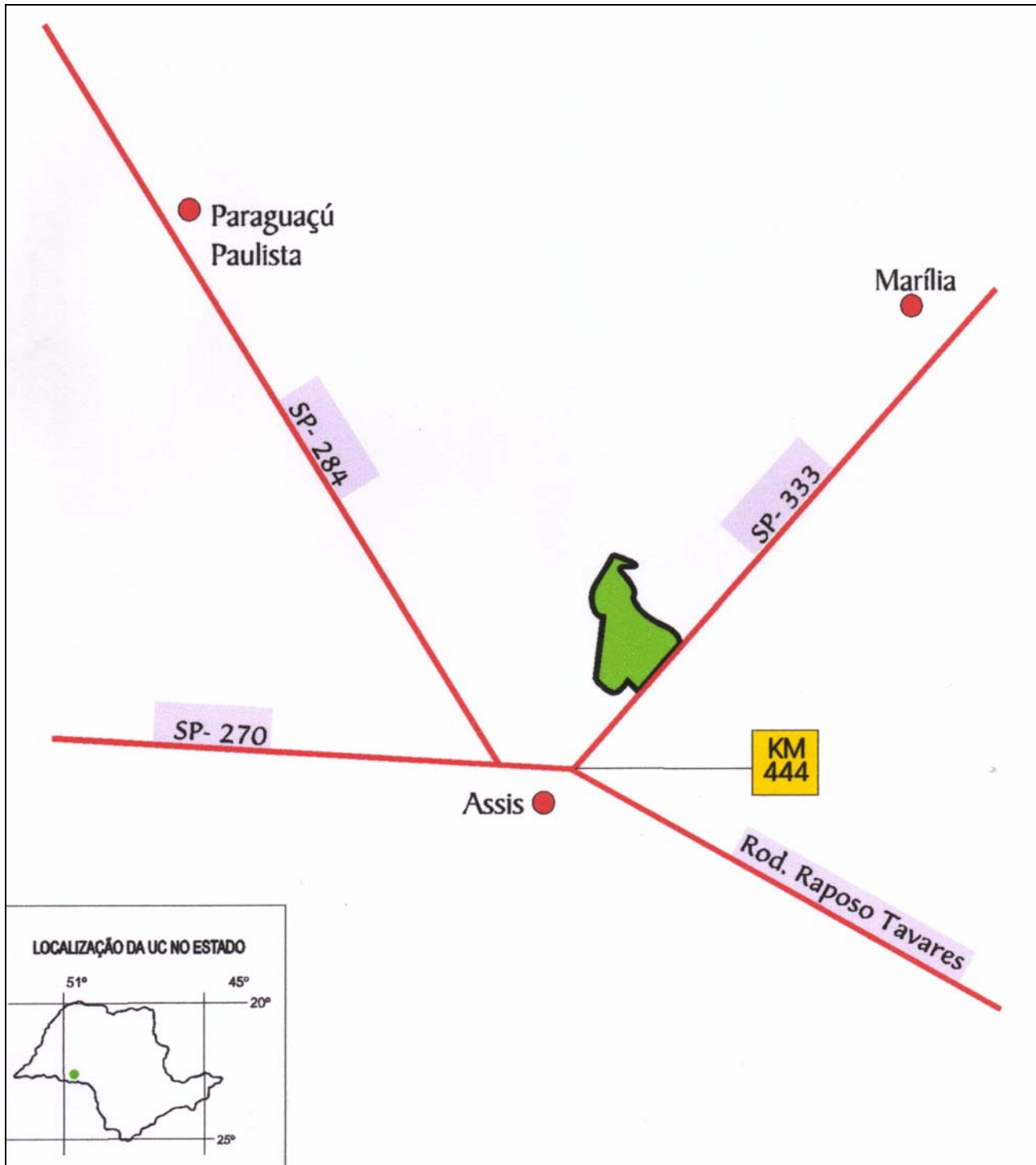


Figura 4.2. Principais acessos para da Estação Ecológica de Assis. Fonte: Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

*Agradecimento*

Ao pesquisador científico do Instituto Florestal Marco Aurélio Nalon, pela realização dos mapas de localização das áreas amostrais.



## Referências Bibliográficas

Araújo, D.S.D; LACERDA, L. A natureza das restingas. *Ciência Hoje*, v.6, n.33, p.42-48, 1987.

Brasil. Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências In: Camara, I.G. (Coord); Strang, H. E. (Colab.). *Legislação de conservação da natureza*. 4. ed. São Paulo: Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza - FBCN, 1986e. 441-443.

Custódio Filho, A. 2002. A Floresta Ombrófila Densa em diferentes altitudes no Parque Estadual de Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

Dean, W. 1996. A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira. São Paulo: companhia das Letras. 484p.

Dias, A.C. 2005. Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual de Carlos Botelho/SP-Brasil. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

Durigan, G.; Franco, G.A.D.C.; Saito, M.; Baitello, J.B. 2000. Fitossociologia de três estratos da vegetação arbórea em floresta primária na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 23 (4): 369-381.

Franco, G. A. D. C. 2002. Florística e fitossociologia de duas unidades do mosaico florestal da Estação Ecológica dos Caetetus – floresta estacional semidecidual, Gália – SP. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro, IBGE.

Kronka, F.J.N. , Nalon, M.A., Matsukuma, C.K. 2005. Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Insituto Florestal. Imprensa Oficial.

Mantovani, W. A região litorânea paulista. In: Workshop sobre recuperação de áreas degradadas da Serra do Mar e formações florestais litorâneas, São Paulo, 2000. Anais. São Paulo:2000, p.23-31.

Max, J.C.M. et al. 2005. Plano de manejo da Floresta Estadual de Assis. IF Série Registros (no prelo).

Negreiros, O.C. Plano de manejo para o Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Boletim técnico do Instituto Florestal, v.9, p.1-56, 1974.

São Paulo (Estado). Decreto nº 26.718, de 06 de fevereiro de 1987. Transforma em Estação Ecológica dos Caetetus a área de Reserva Florestal criada pelo Decreto nº 8.346, de 9 de agosto de 1976 e dá providências correlatas. In: São Paulo Legislação. São Paulo: Imprensa Oficial, 1987. t. 74, p.1081-1082.

São Paulo (Estado). Decreto nº 8.346, de 09 de agosto de 1976. Declara de utilidade pública, para fins de desapropriação, imóvel situado no município de Gália, comarca de Garça, necessário à Secretaria da Agricultura e destinado à Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais. In: São Paulo Legislação. São Paulo: Imprensa Oficial, 1976. t. 4 p. 1596.

SMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. s.d. Atlas of the environmental conservation units in the state of São Paulo: Part I - The Coast. São Paulo: Ed. Metalivros.

Tabanez, M. F., Durigan, G. et al. 2005. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Caetetus. Instituto Florestal. Série Registro.



## PARTE II – FATORES ABIÓTICOS

<b>1. CLIMA</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Clima regional</b>	<b>1</b>
1.1.1. Introdução	1
1.1.2. Caracterização Macroclimática	2
1.1.2.1. Fatores determinantes do macroclima nas 4 (quatro) regiões amostradas no Projeto Parcelas Permanentes	2
1.1.2.2. Caracterização macroclimática das áreas de estudo onde foram alocadas as 4 (quatro) unidades amostrais do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes”	3
1.1.2.2.1. Parque Estadual da Ilha do Cardoso	5
1.1.2.2.2. Parque Estadual de Carlos Botelho	6
1.1.2.2.3. Estação Ecológica de Caetetus	8
1.1.2.2.4. Estação Ecológica de Assis	9
1.1.2.3 Alterações nas condições macroclimáticas (mudanças climáticas) e seus impactos nos respectivos ecossistemas florestais	11
1.1.3. Condições meteorológicas dos quatro primeiros anos do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes”	14
1.1.3.1 Condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) da Estação Ecológica de Assis, onde foi alocada a Parcela Permanente de Cerradão	15
1.1.3.2. Condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) da Estação Ecológica dos Caetetus, onde foi alocada a Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual	19
1.1.3.3. Condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) do Parque Estadual de Carlos Botelho, onde foi alocada a Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa	22
1.1.3.4. Condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, onde foi alocada a Parcela Permanente de Floresta de Restinga	25
1.1.4. Análise comparativa das condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) das quatro áreas de estudo (P.E. Ilha do Cardoso, P.E. Carlos Botelho, E.E. Caetetus e E.E. Assis), onde foi alocados os 40ha de Parcelas Permanentes	28
1.1.5 Considerações finais sobre o clima dessas áreas	31
<b>1.2. Regime de Luz: Importância de Estudos, Problemas e Sugestões</b>	<b>33</b>
1.2.1 A importância do estudo de regimes de luz em florestas tropicais e subtropicais.	33
1.2.2 A descrição dos regimes de luz em florestas.	35
1.2.3 Estudos sobre regimes de luz num projeto Parcelas Permanentes.	36
1.2.3.1. Mensuração direta dos regimes de luz	36
1.2.3.2 Descrição e análise dos regimes de luz, usando fotografias hemisféricas em micro-sítios da floresta.	41
1.2.3.3 Descrição e análise dos regimes de luz, usando a metodologia de imageamento do dossel nos 4 (quatro) tipos florestais estudados.	41
1.2.3.4 Descrição e análise de situações da floresta que indiretamente descrevem a distribuição de micro-sítios de luz	42
1.2.3.4.1 “Espécies arbustivo-arbóreas em diferentes microsítios de luz em 10ha de Parcela Permanente na Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica dos Caetetus), Gália, SP”	44
1.2.3.4.2 “Espécies arbustivo-arbóreas em diferentes micro-sítios de luz, em um trecho de Floresta de Restinga (P.E. da lha do Cardoso), São Paulo”.	49
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>54</b>



<b>2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PAISAGEM ONDE ESTÃO INSERIDAS CADA UMA DAS QUATRO PARCELAS PERMANENTES.</b>	<b>59</b>
<b>2.1. Introdução</b>	<b>59</b>
<b>2.2. Dados utilizados e metodologia</b>	<b>60</b>
<b>2.3. Província Costeira</b>	<b>65</b>
2.3.1. Contexto Regional	65
2.3.2. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual Carlos Botelho	81
2.3.2.1. Área de Influência	85
2.3.2.2. Compartimentos de Relevo e Atributos dos Terrenos	85
2.3.2.3. Terrenos da Serra de Paranapiacaba e sua relação com a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica de Encosta).	90
2.3.3. Parcela Permanente de Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso	93
2.3.3.1. Área de Influência	93
2.3.3.2. Compartimentos de Relevo e Atributos dos Terrenos	94
2.3.3.3. Terrenos e sua relação com os 10ha de Floresta de Restinga da Parcela Permanente.	101
<b>2.4. O Planalto Ocidental</b>	<b>107</b>
2.4.1. Contexto Regional	107
2.4.2. Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus	121
2.4.2.1. Área de Influência	121
2.4.3. Parcela Permanente de Savana Florestada ou Cerradão da Estação Ecológica de Assis	131
2.4.3.1. Área de Influência	131
2.4.4. Distribuição e Atributos dos Terrenos do Planalto Ocidental e sua relação com a Floresta Estacional Semidecidual e com o Cerradão	137
2.4.4.1. Distribuição e Atributos dos Terrenos	137
2.4.4.2. Tipos de Terrenos e sua relação com a Floresta Estacional Semidecidual e com o Cerradão.	150
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>151</b>
<b>3. SOLOS</b>	<b>157</b>
<b>3.1. Pedologia e edafologia (Pablo Vidal Torrado)</b>	<b>157</b>
<b>3.2. O estudo do funcionamento do solo e a sua importância nas relações entre o solo e a vegetação</b>	<b>157</b>
3.2.1. Introdução	157
3.2.2. Descrição dos materiais e métodos empregados nos estudos de funcionamento do solo em áreas cobertas por vegetação nativa	159
3.2.2.1. Caracterização morfológica detalhada da topossequência de solos escolhida.	159
3.2.3. Caracterização dos atributos físico-hídricos e químicos	161
3.2.3.1. Análise granulométrica	161
3.2.3.2. Densidade de partículas, densidade do solo e porosidade total	162
3.2.3.3. Distribuição de poros no solo utilizando técnicas micromorfométricas.	162
3.2.3.4. Curvas de retenção de água no solo	164
3.2.3.5. Condutividade hidráulica saturada de campo	165
3.2.3.6. Análise química do solo	165



3.2.3.7. Monitoramento hidrológico	166
3.2.3.7.1. Umidade volumétrica	166
3.2.4. Resultados	168
3.2.4.1. Parcela Permanente do Cerradão (Estação Ecológica de Assis)	168
3.2.4.2. Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica de Caetetus)	179
3.2.4.3. Parcela Permanente de Floresta de Restinga (Parque Estadual da Ilha do Cardoso)	188
3.2.4.4. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual de Carlos Botelho	203
<b>3.3. Considerações finais</b>	<b>217</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>218</b>



# 1. Clima

Ana Cláudia Costa Destefani

Eduardo A. Santos

Fábio R. Marin

Mariana Meireles Pardi

Marta Regina Almeida Muniz

Paulo C. Sentelhas

Renato Augusto Ferreira de Lima

Sergius Gandolfi

## 1.1. Clima regional

### 1.1.1. Introdução

Do ponto de vista termodinâmico, ambiente é tudo o que envolve e interage com um sistema (Pereira et al., 2002). No caso das florestas, a atmosfera, o solo e a água fazem parte do ambiente, enquanto que as árvores/plantas, os animais e os microorganismos compõem os sistemas. Já do ponto de vista ecológico, costuma-se separá-los em meio biótico (plantas, animais e microorganismos) e abiótico (atmosfera, solo e água).

A Terra pode ser comparada com uma gigantesca fábrica, onde a matéria-prima necessária para sua produção (CO<sub>2</sub>) e a energia para os processos (radiação solar) são providas pelo ambiente (Pereira et al. 2002). A captação de energia solar é feita pelas plantas que, pela fotossíntese (processo), transformam-na em produtos necessários à manutenção da vida na presente forma. Quanto maior a disponibilidade de energia, maior a produção, o que possibilita uma maior biodiversidade, justificando assim, o maior número de espécies nas áreas mais próximas ao equador terrestre. Por meio dessa analogia, vemos a grande importância do ambiente e em especial da atmosfera, representada pelas condições meteorológicas/climáticas, na manutenção dos grandes sistemas ecológicos naturais (Pereira et al., 2002, Ferreira et al., 2005).

A distribuição da vegetação natural no globo terrestre advém dos fatores ambientais na macroescala (clima e solo), porém a presença da vegetação tem papel fundamental na manutenção das características físicas do ambiente, especialmente do clima na microescala. Alterações na vegetação natural repercutem no microclima local, que por fim irão provocar alterações nos padrões do macroclima. Observações feitas na região Amazônica mostraram que a alteração da cobertura vegetal original resultou em alterações não só no ciclo hidrológico (Ferreira et al., 2005), como também nas condições térmicas (Lyra et al., 1997).



Desse modo, a recuperação de áreas com florestas tropicais e a manutenção dos remanescentes florestais, estão intimamente ligados às condições climáticas/meteorológicas e o entendimento de tais condições (padrão médio e variabilidade) são de grande importância nesse contexto, assim como o conhecimento dos impactos das mudanças climáticas na dinâmica da distribuição e conservação das vegetações naturais.

De acordo com o exposto acima, os objetivos deste capítulo são: caracterizar as condições macroclimáticas médias das 4 (quatro) regiões fitogeográficas dominantes do estado de São Paulo, onde foram instaladas as 4 (quatro) unidades amostrais do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes”; estabelecer os possíveis impactos que alterações nessas condições macroclimáticas (mudanças climáticas) poderiam gerar nos diferentes remanescentes florestais amostrados nessa parcelas; e caracterizar as condições meteorológicas vigentes ao longo do período de condução do Projeto.

### 1.1.2. Caracterização Macroclimática

#### 1.1.2.1. Fatores determinantes do macroclima nas 4 (quatro) regiões amostradas no Projeto Parcelas Permanentes

O Projeto Parcelas Permanentes foi instalado em remanescentes das quatro principais formações florestais do Estado de São Paulo, sendo Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual de Carlos Botelho, Floresta Estacional Semidecidual na Estação Ecológica de Caetetus e Savana Florestada ou Cerradão na Estação Ecológica de Assis. Essas áreas se encontram num transecto de sudeste-noroeste, indo do litoral sul (Região de Registro) ao interior do Estado (Região de Marília e Assis), transcorrendo uma distância de cerca de 320 km em linha reta.

As diferentes condições geográficas definem distintos fatores que influenciam o macroclima regional dessas localidades, dentre os quais os mais importantes são:

a) Latitude: está associada à disponibilidade de radiação solar e fotoperíodo. Quanto maior a latitude, maior a variação anual dessas duas variáveis (radiação solar e fotoperíodo). Nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e de Carlos Botelho, a latitude varia de 24 a 25°S, enquanto que nas Estações Ecológicas de Caetetus e Assis a latitude está por volta dos 22°S. Apesar dessas diferenças, a variação nas condições de disponibilidade energética e de fotoperíodo ao longo do ano são muito pequenas entre esses locais, o que leva a considerarmos a latitude como um fator pouco crítico para as diferenças climáticas observadas entre esses dois extremos de localidades onde foram implantadas as 4 parcelas permanentes;

b) Altitude: está associada às condições térmicas do local, já que existe uma relação inversa entre altitude e temperatura, consequência da redução da pressão atmosférica e da rarefação do ar com o aumento da altitude. Assim, espera-se que nas regiões mais elevadas, como em Assis e Gália, as temperaturas médias sejam menores que aquelas observadas ao nível do mar.





c) Continentalidade/Oceanidade: esses termos referem-se, respectivamente, à condição de um local situado no interior do continente ou próximo ao mar ou oceano. Devido ao maior calor específico da água em relação ao solo/vegetação, os mares e oceanos se aquecem e se resfriam mais lentamente que o continente, o que resulta numa variação térmica menor ao longo do dia e do ano. Tal característica é transmitida à atmosfera de localidades litorâneas, onde a amplitude térmica (diferença entre a temperatura máxima e mínima) é menor que a das localidades situadas no interior do continente.

d) Massas de ar e Frentes: de acordo com a configuração do continente latino-americano, as frentes frias, provocadas pelo encontro de uma massa de ar fria e seca com outra quente e úmida, atingem freqüentemente o território brasileiro sendo mais intensas no litoral. Esse fator contribui significativamente para que chuvas regulares ocorram na faixa litorânea do Estado de São Paulo durante todo o ano, enquanto que no interior tais frentes são mais intensas no período do verão.

e) Orografia: apesar desse fator estar mais associado à meso ou topoescala, ele é um dos condicionadores de chuvas na região da Serra do Mar, provocando as chuvas orográficas, que atingem especialmente a encosta a barlavento dessa formação montanhosa. Tal tipo de chuva não ocorre nas áreas interioranas estudadas.

A combinação e a dinâmica dos fatores descritos acima é que irão condicionar as diferentes condições meteorológicas (tempo) e climáticas (clima) de um determinado local, o que leva a concluir que nas regiões (áreas) estudadas tais condições são distintas, como será descrito a seguir.

#### *1.1.2.2. Caracterização macroclimática das áreas de estudo onde foram alocadas as 4 (quatro) unidades amostrais do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes”*

O clima representa uma descrição estática das condições médias do seqüenciamento do tempo em um determinado local (Pereira et al., 2002). A essa média das condições do tempo denomina-se “Normal Climatológica”, a qual é calculada com base numa série de no mínimo 30 anos de dados meteorológicos, o que foi convencionado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) com base em princípios estatísticos de tendência do valor médio. Sendo assim, o clima é fator preponderante no desempenho dos seres vivos estabelecidos em um determinado local, sendo possível por meio dele caracterizar o ambiente de funcionamento desses ecossistemas, além também se avaliar os impactos das atividades antropogênicas no ambiente e de se possibilitar o estabelecimento das melhores técnicas de manejo desses ecossistemas, para a solução de problemas ecológicos, sociais e econômicos.

Com o objetivo de caracterizar detalhadamente as condições macroclimáticas das áreas de estudo do Projeto Parcelas Permanentes, efetuou-se levantamento de dados meteorológicos médios (Normais Climatológicas) das quatro localidades onde foram instaladas as parcelas permanentes do presente projeto, considerando-se as seguintes bases de dados:



- Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE): Assis, São Miguel Arcanjo, Sete Barras, Cananéia e Iguape.
- Instituto Agrônomo de Campinas (IAC): Capão Bonito e Gália.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): Paranaguá.

Esses dados, na escala mensal, foram utilizados para a caracterização dos regimes térmicos e hídricos das localidades onde as quatro parcelas permanentes do presente projeto estão instaladas, assim como para a caracterização de seus balanços hídricos climatológicos (BHC). Para a confecção dos BHCs, para uma capacidade de água disponível no solo de 200mm, utilizou-se o método de Thornthwaite & Mather (1955), sendo a evapotranspiração potencial (ETP) estimada de acordo com a fórmula de Thornthwaite (1948), a qual já foi amplamente testada para as condições do Estado de São Paulo, apresentando resultados bastante satisfatórios, como constatado por Camargo & Sentelhas (1997). O BHC possibilita caracterizar o clima da região não só em termos da variação sazonal das temperaturas e das chuvas, mas também em relação à caracterização dos períodos secos e úmidos e à disponibilidade hídrica regional (Pereira et al., 2002).

Os resultados desta caracterização são apresentados a seguir, levando-se em conta a combinação das classificações climáticas de Köppen, apresentada por Vianello & Alves (1991), e de Thornthwaite, apresentada por Pereira et al. (2002). São apresentados também dados da variação sazonal do fotoperíodo ou número máximo de horas de brilho solar (N) e dados anuais da insolação (ou número de horas efetivas de brilho solar - n), indicando as principais diferenças e similaridades entre as quatro regiões de estudo, onde foram instaladas as parcelas permanentes.

Na Tabela 1.1 são apresentadas as coordenadas geográficas e as principais características climáticas médias de cada uma das quatro localidades. Observa-se que as quatro áreas estudadas apresentam características climáticas distintas, as quais podem ser classificadas, basicamente, em três macroclimas diferentes, com relação ao regime térmico, de insolação e também com relação aos elementos do BHC (deficiência hídrica – DEF e excedente hídrico – EXC).



Tabela 1.1. Coordenadas geográficas e condições climáticas médias das localidades onde as áreas de estudo estão inseridas. IC = Parque Estadual da Ilha do Cardoso, CB = Parque Estadual de Carlos Botelho, CT = Estação Ecológica de Caetetus, AS = Estação Ecológica de Assis. Fonte: DAEE/SP, IAC, INMET.

Local	Lat.S	Lon.W	Alt.	Tmed	Tmax	Tmin	Prec	ETP	DEF	EXC	N	n	Fonte	
	Graus		m	°C			mm				h			
IC	Cananéia	24,93	47,95	7	22,4	30,4	12,6	2261	1123	0	1337	10,5/13,5	4,3	DAEE
	Iguape	24,70	47,55	5	22,1	30,0	12,2	1900	1097	0	803	10,5/13,5	4,3	DAEE
	Paranaguá	25,52	48,52	4	19,6	28,7	13,3	1931	909	0	1022	10,5/13,5	4,0	INMET
CB	C. Bonito	24,03	48,37	702	20,1	29,0	9,2	1210	939	1	271	10,5/13,5	5,7	IAC
	S.M.Arcanjo	23,88	47,98	660	20,4	29,3	9,7	1174	958	3	218	10,5/13,5	5,0	DAEE
	Sete Barras	24,38	47,91	35	21,8	31,3	13,0	1582	1064	0	518	10,5/13,5	4,8	DAEE
CT	Gália	22,30	49,55	522	21,4	30,6	9,0	1303	1034	10	278	10,7/13,3	7,1	IAC
AS	Assis	22,41	50,58	505	22,4	30,2	10,9	1255	1109	20	165	10,7/13,3	6,3	DAEE

Lat. = latitude, Lon = longitude, Alt. = altitude, Tmed = temperatura média anual, Tmax = temperatura máxima média do mês mais quente, Tmin = temperatura mínima média do mês mais frio, Prec = precipitação pluviométrica, ETP = evapotranspiração potencial, DEF = deficiência hídrica anual, EXC = excedente hídrico anual, N = fotoperíodo, n = insolação.

As características macroclimáticas de cada região de estudo e sua classificação climática podem ser observadas com mais detalhes nas análises climatológicas apresentadas a seguir.

#### 1.1.2.2.1. Parque Estadual da Ilha do Cardoso

Para a caracterização das condições macroclimáticas do Parque Estadual da Ilha do Cardoso foram selecionadas as localidades de Cananéia, Iguape e Paranaguá (PR), as quais compõem o complexo estuarino lacunar de Iguape-Cananéia-Paranaguá, considerado o terceiro do mundo em termos de produtividade pela União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN).

Na Figura 1.1 são apresentados os regimes térmicos e hídricos das três localidades, assim como os seus respectivos BHCs. Observa-se que a região é caracterizada por variação sazonal no regime térmico e hídrico, porém, isso não chega a fazer com que haja o estabelecimento de uma estação seca bem definida, sendo a deficiência hídrica, em termos normais, nula. Já o excedente hídrico, ou seja, a água que excede a capacidade de armazenamento de água pelo solo e responsável pela alimentação dos lençóis freáticos e pelo escoamento superficial, atinge os maiores níveis entre as regiões estudadas, variando de 803 a 1.337 mm ao longo do ano, o que caracteriza o clima desses locais como sendo de úmido a super-úmido (Tabela 1.2). A nebulosidade, responsável pelas chuvas abundantes - entre 1.900 e 2.300 mm/ano - provoca redução significativa na insolação, que na média do ano não passa de 4,3 horas por dia. Com relação às temperaturas, o clima dessa área do Estado de São Paulo é classificado como Tropical Megatérmico, ao passo que no caso de Paranaguá, Estado do Paraná, a classificação indica um clima Sub-Tropical Mesotérmico (Tabela 1.2). Existe uma pequena diferença entre as classificações determinadas pelos métodos de Köppen e de Thornthwaite, porém, de um modo geral pode-se classificar o clima dessa região como sendo Tropical Super-Úmido.



#### 1.1.2.2.2. Parque Estadual de Carlos Botelho

Para a caracterização das condições macroclimáticas do Parque Estadual de Carlos Botelho foram selecionadas as localidades de Capão Bonito, São Miguel Arcanjo e Sete Barras, com altitudes que variam de 35 a 702 m. Este relevo variável define dois tipos climáticos diferentes, segundo a classificação de Köppen e de Thornthwaite (Tabela 1.2), que podem ser classificadas em termos médios, de acordo com os dados obtidos, como sendo: Sub-Tropical com pequena estação seca no inverno em Capão Bonito e São Miguel Arcanjo; e Sub-Tropical sem estação seca em Sete Barras.

Observando-se a Tabela 1.1 e a Figura 1.2, nota-se que a região é caracterizada predominantemente por períodos de excedente hídrico, porém em níveis bem inferiores aos observados na região litorânea da Ilha do Cardoso. Os excedentes oscilam entre 218 e 518 mm, concentrando-se principalmente entre os meses de outubro e março, ao passo que no restante dos meses, entre abril e setembro, o excedente hídrico diminui consideravelmente, podendo haver em alguns anos a ocorrência de deficiências hídricas consideráveis.

Com relação ao regime térmico, o clima é Mesotérmico, ou seja, com temperaturas médias do mês mais frio entre  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ . O regime de horas de brilho solar ainda sofre influência da intensa nebulosidade causada pela proximidade do oceano e da orografia do local. No entanto, a insolação é ligeiramente maior do que a observada no litoral, sendo, em média, da ordem de 4,8 a 5,8 horas por dia.

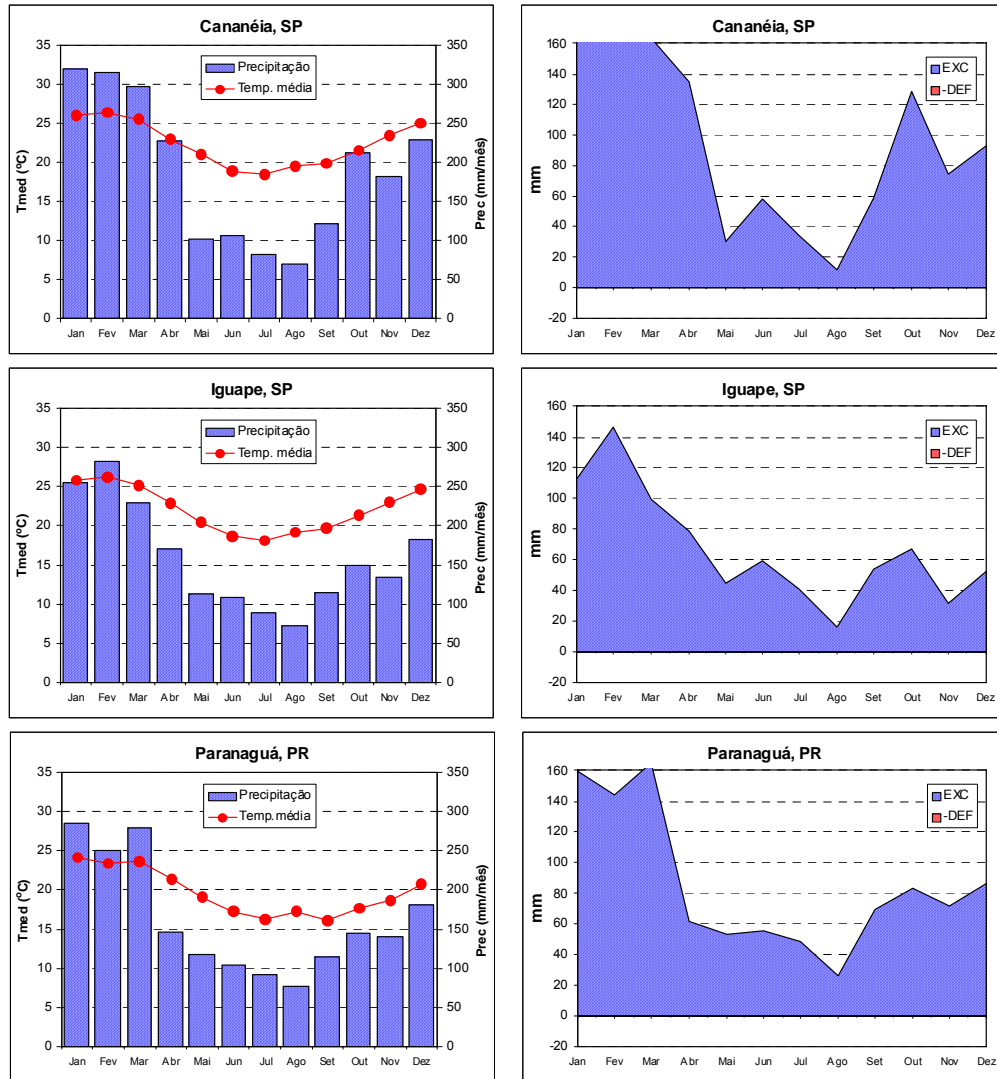


Figura 1.1. Regime térmico e hídrico e balanço hídrico climatológico das localidades que integram o Parque Estadual da Ilha do Cardoso: Cananéia e Iguape, SP, e Paranaguá, PR. Fonte dos dados: DAEE e INMET.

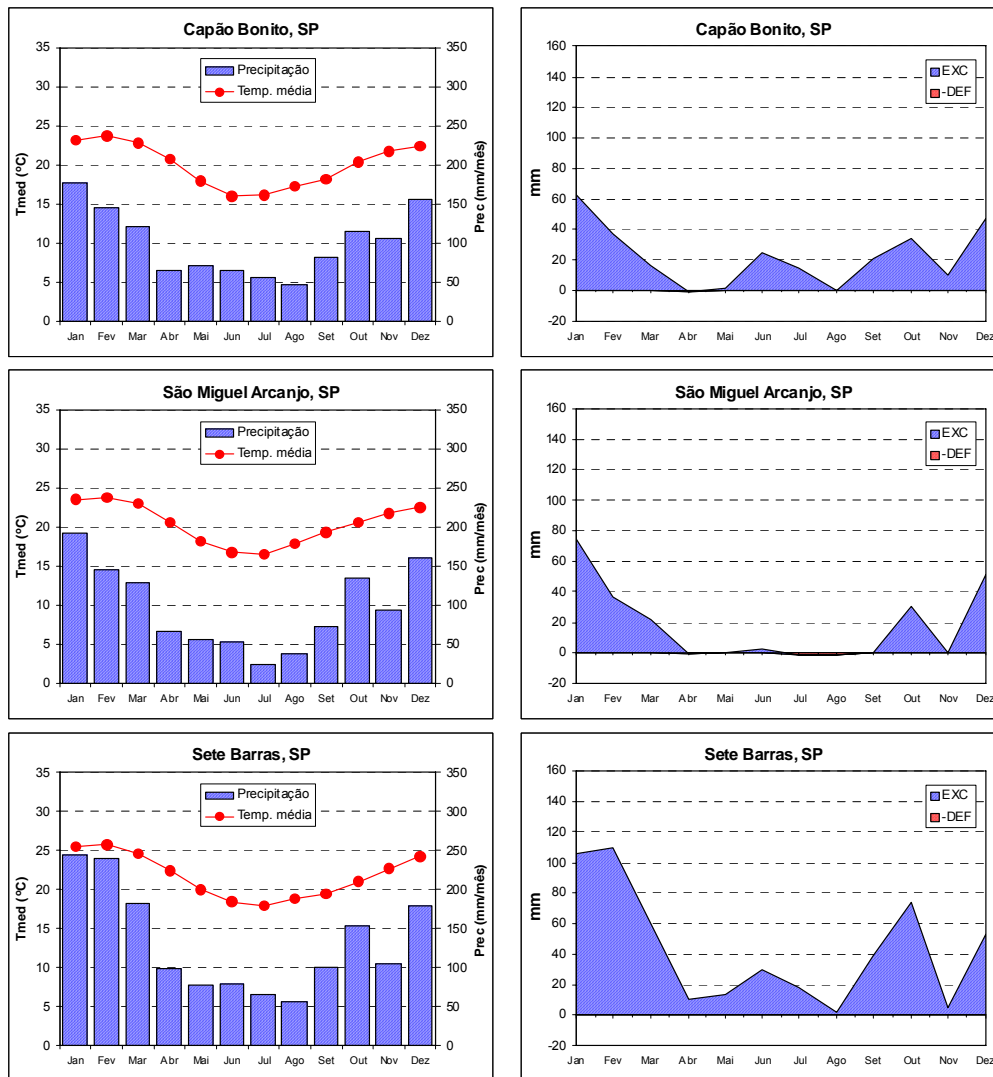


Figura 1.2. Regime térmico e hídrico e balanço hídrico climatológico das localidades que integram o Parque Estadual de Carlos Botelho: Capão Bonito, São Miguel Arcanjo e Sete Barras, SP. Fonte dos dados: DAEE e IAC.

#### 1.1.2.2.3. Estação Ecológica de Caetetus

Para a caracterização das condições macroclimáticas da Estação Ecológica de Caetetus foi selecionada a localidade de Gália, onde se encontra a área de estudo. A região é caracterizada por regime de chuva semelhante às demais áreas analisadas, porém, com totais mensais que resultam na formação de uma estação seca bem definida (Figura 1.3). De acordo com o BHC, o período de excedente hídrico vai de novembro a março, totalizando 278 mm, ao passo que as deficiências hídricas ocorrem entre abril e setembro, totalizando, em média, 10 mm. Em alguns anos, entretanto, é muito comum a ocorrência de estiagens mais prolongadas, com as deficiências hídricas atingindo valores muito acima dos índices normais.

Com relação ao regime térmico, a região é classificada como Mesotérmica (Tabela 1.2), com as temperaturas médias mensais oscilando entre 17,1°C e 24,7°C. A região é isenta da influência do oceano, predominando o efeito da continentalidade, o que associado à diminuição das chuvas durante o inverno, impõe uma disponibilidade de horas de insolação bem acima dos valores registrados nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e de Carlos Botelho. Na região de



Gália, a insolação chega a uma média anual de 7,1 horas por dia, ou seja, acima de 50% do período de luz (fotoperíodo).

O macroclima da região pode ser classificado, em termos gerais, como Sub-Tropical Úmido, com pequena estação seca durante o inverno (Tabela 1.2), diferindo das regiões de Capão Bonito e de São Miguel Arcanjo pela intensidade com que as deficiências hídricas ocorrem ao longo do ano.

#### 1.1.2.2.4. Estação Ecológica de Assis

Para a caracterização das condições macroclimáticas da Estação Ecológica de Assis foi selecionada a localidade de mesmo nome, onde se encontra a área de estudo. A região é caracterizada por regime de chuva semelhante às demais áreas analisadas, porém, com totais mensais que resultam na formação de uma estação seca bem definida (Figura 1.3), à semelhança do que ocorre em Gália. De acordo com o BHC, o período de excedente hídrico vai de dezembro a março, totalizando 165 mm, ao passo que as deficiências hídricas ocorrem entre abril e setembro, totalizando, em média, 20 mm. Em alguns anos, entretanto, são muito comuns os períodos de estiagem mais prolongada, com as deficiências hídricas atingindo valores muito acima dos índices normais.

Com relação ao regime térmico, a região é classificada como Megatérmica (Tabela 1.2), com as temperaturas médias mensais oscilando entre 18,7°C e 25,2°C. A região é isenta da influência do oceano, predominando o efeito da continentalidade, o que associado à diminuição das chuvas durante o inverno, impõe uma disponibilidade de horas de insolação semelhante ao que ocorre na região de Gália e bem acima dos valores registrados nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e de Carlos Botelho. Na região de Assis, a insolação chega a uma média anual de 6,3 horas por dia, ou seja, por volta de 50% do período de luz (fotoperíodo).

O macroclima da região pode ser classificado, em termos gerais, como Tropical Úmido, com pequena estação seca durante o inverno (Tabela 1.2), muito semelhante à Gália, porém, diferindo dessa região pela intensidade com que as deficiências hídricas ocorrem ao longo do ano.

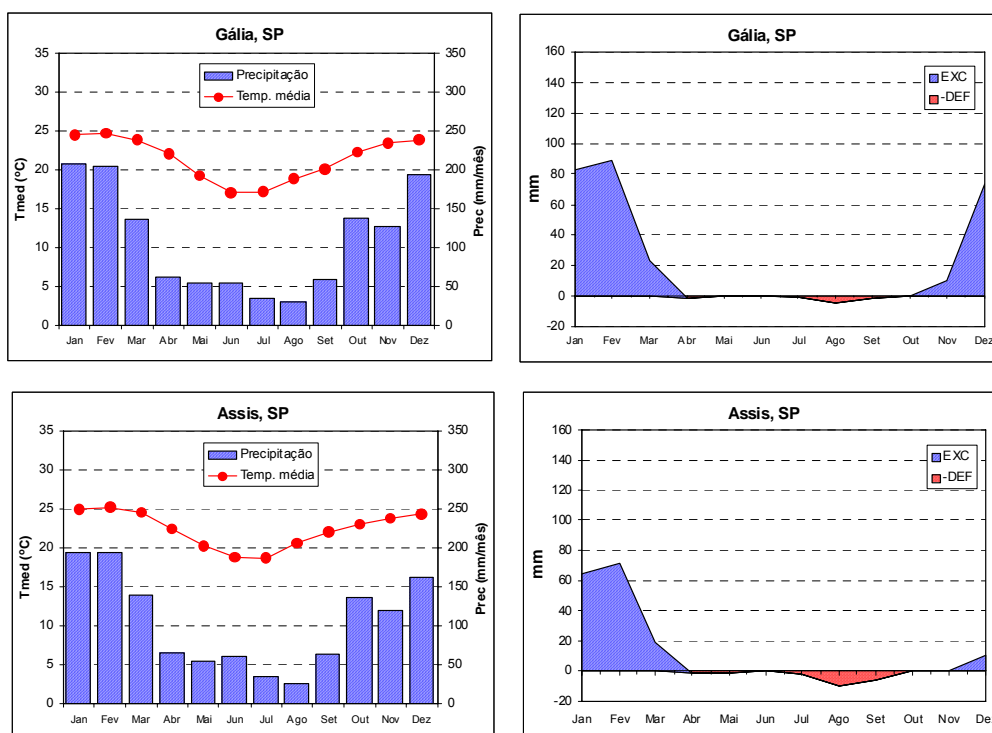


Figura 1.3. Regime térmico e hídrico e balanço hídrico climatológico das localidades que integram as Estações Ecológicas de Caetetus (Gália, SP) e de Assis (Assis, SP). Fonte dos dados: IAC e DAEE.

Tabela 1.2. Classificação climática das áreas de estudo, de acordo com os métodos de Köppen e de Thornthwaite. IC = Parque Estadual da Ilha do Cardoso; CB = Parque Estadual de Carlos Botelho; CT = Estação Ecológica de Caetetus; AS = Estação Ecológica de Assis.

Área	Local	Thornthwaite	Köppen	Geral
IC	Cananéia	Mesotérmico, Super-úmido, sem deficiência hídrica (A r B'4)	Megatérmico, Tropical, sem estação seca (Af)	Tropical Super-Úmido, sem estação seca ao longo do ano
	Iguape	Mesotérmico, Úmido, sem deficiência hídrica (B3 r B'4)	Megatérmico, Tropical, sem estação seca(Af)	
	Paranaguá	Mesotérmico, Super-úmido, sem deficiência hídrica (A r B'3)	Mesotérmico, Sub-Tropical, sem estação seca(Cfa)	
CB	Capão Bonito	Mesotérmico, Úmido com pequena deficiência hídrica (B1 r B'3)	Mesotérmico, Sub-Tropical, com estação seca no inverno (Cwa)	Sub-Tropical Úmido, sem ou com pequena estação seca no inverno
	S.M.Arcanjo	Mesotérmico, Úmido com pequena deficiência hídrica (B1 r B'3)	Mesotérmico, Sub-Tropical, com estação seca no inverno (Cwa)	
	Sete Barras	Mesotérmico, Úmido com pequena deficiência hídrica (B2 r B'4)	Mesotérmico, Sub-Tropical, sem estação seca (Cfa)	
CT	Gália	Mesotérmico, Úmido com pequena deficiência hídrica (B1 r B'4)	Mesotérmico, Sub-Tropical, com estação seca no inverno(Cwa)	Sub-Tropical Úmido, com pequena estação seca no inverno
AS	Assis	Mesotérmico, Sub-Úmido com pequena deficiência hídrica (C2 r B'4)	Megatérmico, Tropical com estação seca no inverno (Aw)	Tropical Sub-Úmido com pequena estação seca durante o inverno





### *1.1.2.3 Alterações nas condições macroclimáticas (mudanças climáticas) e seus impactos nos respectivos ecossistemas florestais*

O clima é uma representação média das condições meteorológicas de uma região. Nos últimos 65 milhões de anos, por diversas vezes, o clima da Terra sofreu grandes alterações em escalas de tempo que variaram de 103 a 107 anos, em decorrência de causas naturais como a movimentação de placas tectônicas, alterações orbitais e de outros processos mais raros (Joly, 2002).

Esse padrão de variação do clima da Terra passou a mostrar algumas modificações desde a revolução industrial, em decorrência do crescimento populacional, do alto consumo energético e da elevação nas emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Nos últimos duzentos anos, a população mundial passou de cerca de 1 bilhão para mais de 6 bilhões de pessoas, baseando seu desenvolvimento quase que exclusivamente no uso de combustíveis fósseis (Schimel et al., 2001), adicionando-se com isso, as causas de origem antrópicas entre aquelas com grande potencial para afetar a dinâmica climática.

O principal efeito do aumento da queima de combustíveis fósseis e da conseqüente emissão de CO<sub>2</sub> é a alteração no balanço de radiação da Terra. Como descrito por Arrhenius no século 19, o CO<sub>2</sub> (e também outros gases, como o metano e o óxido nitroso) tem a característica de permitir a passagem da radiação eletromagnética com comprimentos de onda menores que 3.000 nanômetros (ondas curtas), provenientes do Sol, e de absorver e contra-emitir boa parte da radiação com comprimentos de onda maiores (ondas longas), emitida pela superfície da Terra. Com a elevação da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, o aporte de energia emitida pelo Sol que atinge a Terra não sofreu alteração, mas parte da energia emitida pela Terra em direção ao espaço passou a ser retida na atmosfera terrestre, alterando o balanço de radiação na superfície terrestre e a dinâmica dos processos meteorológicos que, em sua grande maioria, estão relacionados com a disponibilidade de energia radiante. Isso caracteriza o que se convencionou chamar de Efeito Estufa. Esse processo, no entanto, não é recente e ao contrário da imagem associada ao termo, ele foi essencial para o surgimento e manutenção da vida na Terra. A presença dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera terrestre é responsável pela manutenção da temperatura média do globo em torno dos 15°C. Sem a presença dos gases do efeito estufa estima-se que temperatura da Terra seria de aproximadamente -18°C. Estima-se que entre o ano 1000 e 1750 a concentração de CO<sub>2</sub> oscilava em torno de 280 partes por milhão (ppm) e que, atualmente, esteja em torno de 368 ppm.

Mesmo tendo sido elevado a concentração dos gases de efeito estufa (GEE) em cerca de 30% em relação à concentração pré-industrial, sob o ponto de vista estatístico, ainda não é possível estabelecer uma relação causal entre o aquecimento da Terra e o aumento na emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera (Houghton, 2001), ainda que isso seja alvo de grande polêmica na comunidade científica (Pittock, 1999; Hulme et al., 1999). A despeito disso, as principais projeções climáticas futuras indicam a possibilidade de aumento na temperatura média



global entre 1,4 e 5,5°C ao longo deste século (Houghton et al., 2001). Estudos relacionados ao tema também indicam que essa elevação na temperatura global será acompanhada de grandes modificações nos padrões climáticos, com flutuações temporais e alta variabilidade espacial. Enquanto sinais de aquecimento com efeitos sobre a produção agrícola e florestal já são observados em regiões do Hemisfério Norte (Cooter e Leduc, 1995; Easterling, 2002), em outros locais essa elevação não foi identificada com clareza (Kahl, 1993; Newman, 2000). Esta característica torna mais difícil a realização de projeções em meso e microescala (Menzhulin et al., 2005).

Apesar da polêmica envolvida nessa discussão, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC), órgão das Nações Unidas para reunir informações e discutir as mudanças climáticas, seus impactos, as opções de adaptação e as formas de mitigação em âmbito internacional, concluiu que a temperatura média global aumentou 0,6°C ao longo do século passado, que a temperatura dos primeiros 8 km da atmosfera subiu 0,1°C por década entre 1960 e 2000, que a cobertura por neve e gelo diminuiu sobre a face da Terra, que o nível médio dos mares subiu e que a energia térmica armazenada nos oceanos aumentou, que houve aumento na probabilidade de ocorrência de eventos extremos, e que a maior parte do aquecimento observado nos últimos cinquenta anos decorre das atividades humanas (Houghton et al., 2001; McCarthy et al., 2001).

As florestas, apesar de estarem entre os ecossistemas onde são identificadas as maiores dificuldades para o estabelecimento de estratégias de adaptação dos organismos às mudanças climáticas (Malcolm, 1996), essas formações estão entre aquelas mais vulneráveis às mudanças climáticas globais (Nabuurs et al., 2002), por terem suas dinâmicas e distribuições fortemente relacionadas às condições climáticas, especialmente de temperatura e chuva (Salis et al., 1995; Torres et al., 1997; Scudeller, 2002) e por apresentarem dependência ecológica de longo prazo em relação a essas variáveis (McCarthy, 2001).

Espera-se que as mudanças climáticas globais afetem severamente os ecossistemas em todas as latitudes (Dobson et al., 1989). Na região tropical, o impacto das mudanças climáticas poderão ser irreversíveis e ecossistemas inteiros, de valor imensurável, poderão ser extintos (Nabuurs, 2002; Mata, 1996). Alterações na concentração de CO<sub>2</sub>, na quantidade de chuvas, no regime de temperatura, além do aumento na frequência de eventos extremos poderão provocar mudanças na estrutura e na dinâmica dos ecossistemas florestais, com impactos sobre a fauna e a flora (Pounds e Crump, 1994; Donnelly e Crump, 1998; Nadkarni e Solano, 2002).

Segundo Brown Jr. e Ab'Saber (1979) e Joly (2002), as áreas atualmente ocupadas pela Floresta Atlântica e Floresta Amazônica foram definidas há aproximadamente 18.000 anos atrás, quando houve o último período de frio e seca mais pronunciado no continente. Joly et al. (1999) e Forni-Martins e Martins (2000) encontraram evidências, baseadas em estudos de distribuição de espécies e em análises citológicas, de que os ecossistemas florestais brasileiros passaram por grandes modificações em decorrências de mudanças climáticas.



Um aspecto que parece ser de consenso é o que relaciona o aumento na temperatura com a elevação nas taxas de evapotranspiração das comunidades vegetais, ambas decorrentes da maior disponibilidade de energia radiante na atmosfera. Maiores taxas de evaporação das águas dos oceanos também são esperadas e isso acarretará em elevação na concentração de vapor de água na atmosfera e, por conseguinte, aumento das precipitações em torno de 15% ou 30% (Houghton, 2001). Para sistemas agrícolas já há evidências de que esse aumento na quantidade de chuvas não seria suficiente para compensar a elevação nas necessidades hídricas das principais culturas nas condições brasileiras, com grande potencial de impacto sócio-econômico em consequência da deficiência hídrica provocada pela elevação da temperatura (Assad et al., 2004).

Para os ecossistemas naturais, a temperatura e a chuva representam fatores importantes na definição da distribuição, da composição, da estrutura e do funcionamento da vegetação. Comunidades florestais que apresentam grande capacidade de troca de massa e energia com a atmosfera atuam como importante fator de controle local e regional do clima (Nobre et al., 1991; Avissar, 1991; Loope e Giambelluca, 1998) e, normalmente, são dependentes de grande disponibilidade hídrica para sua estabilidade temporal.

Para as florestas, as previsões de elevação na temperatura média global parecem ser especialmente preocupantes. Friend e Cox (1995), utilizando modelos climáticos adaptados a florestas tropicais, simularam a elevação da concentração de CO<sub>2</sub> para o dobro da atual e verificaram queda de 9% na taxa de transpiração devido à redução da condutância estomática que, por sua vez, também é uma consequência da maior disponibilidade de CO<sub>2</sub> no ambiente (Morison e Grifford, 1984; Eamus, 1991; Polley et al., 1992, Nie et al., 1992, Aidar et al., 2002).

Estudos sobre a importância das florestas no balanço de carbono da Terra ainda não foram suficientes para elucidar os mecanismos reguladores do ciclo do carbono entre os ecossistemas terrestres e a atmosfera (Grace et al., 1996; Houghton, 2003). As florestas tropicais têm papel fundamental no balanço de carbono da Terra e sua conversão para outras formas de uso do solo menos ricas em carbono representam uma transferência de CO<sub>2</sub> para a atmosfera de até 3,6 bilhões de toneladas por ano (Houghton, 1991). Utilizando a técnica da correlação de turbilhões, verificou-se que a Floresta Amazônica atua como sumidouro de carbono (Grace et al. 1995a, 1995b, 1996 e Costa et al. 2000). Ainda que tenham sido observadas taxas líquidas de absorção de cerca de 6% (Meir, 1996), com taxas de respiração do solo fortemente relacionadas à temperatura ambiente, quando extrapolados para a área total da Amazônia esses resultados permitiram inferir que a Amazônia retira da atmosfera algo em torno de 500 bilhões de toneladas de carbono por ano. Mesmo que modestos, frente às emissões de CO<sub>2</sub> oriundas da queima de combustíveis fósseis, esses dados reforçam a importância da floresta e, de certa forma, contradizem a idéia de que as florestas têm balanço de carbono nulo.

Segundo Markhan e Malcolm (1996), grande número de estudos foram realizados buscando-se conhecer o impacto potencial das mudanças climáticas sobre a diversidade biológica



e a estabilidade dos ecossistemas florestais em todo o mundo e uma das contribuições mais importante desses trabalhos foi o estabelecimento de relações entre a diversidade desses biomas com seus respectivos níveis de sensibilidade às mudanças climáticas, considerando o papel da ação antrópica sobre o grau de sensibilidade dos ecossistemas. Baseado em modelos de fluxo de massa e energia, Malcolm (1998) observou que áreas fragmentadas são mais suscetíveis ao aquecimento global e ao déficit hídrico do que ecossistemas bem conservados, ocupando grandes áreas.

Dentre as ações que podem ser tomadas para a minimização dos impactos de mudanças climáticas, Peters e Darling, (1985) sugerem que, diante do cenário de mudanças climáticas, na definição de novas áreas de conservação florestal sejam priorizadas as áreas consideradas limites para espécies que se pretenda proteger. Os autores também enfatizam que áreas com maior variação de altitude e com diversos tipos de solo seriam mais recomendadas por permitirem a migração das espécies mais sensíveis ao aquecimento para os pontos mais elevados (McNeely, 1990; Salis et al., 1995). Assim, a ampliação da área das reservas e o aumento em seu número também são estratégias importantes para a manutenção da diversidade biológica dos ecossistemas, ainda que nem sempre a expansão das áreas protegidas represente ganhos em termos de adaptabilidade (Halpin, 1995).

Sob o ponto de vista ecológico, as vantagens advindas do estabelecimento de corredores de vegetação entre áreas florestais próximas já são consenso quando comparadas com fragmentos florestais isolados, especialmente no que se refere ao deslocamento de animais e à disseminação das espécies vegetais. Contudo, quando se considera a hipótese de mudanças climáticas mais intensas, os corredores de vegetação podem também contribuir de forma decisiva para a migração de espécies em resposta às mudanças biogeográficas (Hunter et al., 1988; Joly, 2002). É evidente que essa vantagem adicional pode ser utilizada como estratégia de adaptação às eventuais mudanças climáticas apenas nos casos em que houvesse grandes áreas envolvidas, com boa variabilidade climática, conectadas entre si.

Outra estratégia adaptativa às mudanças climáticas seria a intervenção sobre o habitat natural de modo a torná-los mais adequados à sobrevivência das espécies ou para minimizar as alterações. Markhan e Malcolm (1996) apresentam uma série de intervenções atualmente utilizadas no manejo de ecossistemas naturais e que poderiam ser aplicados como medidas para minimização de impacto e para adaptação de espécies animais e vegetais às mudanças climáticas.

### 1.1.3. Condições meteorológicas dos quatro primeiros anos do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes”

Com o objetivo de se caracterizar as condições meteorológicas das áreas de estudo do Projeto Parcelas Permanentes durante o período de execução do mesmo, foram instaladas estações meteorológicas automáticas (EMAs) nas sedes dos Parques Estaduais da Ilha do



Cardoso e de Carlos Botelho e das Estações Ecológicas de Caetetus e de Assis, as quais contavam com sensores de temperatura (Tar) e umidade relativa (UR) do ar, velocidade (VV) e direção do vento (DV), radiação solar global (Qg) e fotossinteticamente ativa (RFA) e chuva (P). Como a instalação das EMAs seu deu apenas ao longo do primeiro semestre de 2003, com as medidas se iniciando a partir de agosto, em função de dificuldades advindas com a compra e importação dos equipamentos, também foram coletados dados de temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) e chuva (P) dos postos termopluiométricos de cada uma dessas regiões amostradas, que integram o sistema CIIAGRO/IAC, considerando o período de janeiro de 2002 a outubro de 2003, para que houvesse a cobertura climática de todo o período de coleta de dados dentro das parcelas permanentes, dos diferentes temas, como água no solo, fauna de solo luz, vegetação, fenologia, etc. Portanto, para a análise dos dados de temperatura, chuva e balanço hídrico, considerou-se o período compreendido entre 01/01/2002 a 31/10/2005, comum para todas as áreas de estudo, possibilitando, desse modo, a comparação entre elas. No caso das variáveis umidade relativa, radiação solar e vento, foram utilizados para análise um período menor, correspondendo a novembro de 2003 a agosto de 2005. Apesar das EMAs estarem programadas para armazenar dados a cada minuto para a variável RFA e a cada 15 minutos para as demais variáveis, a presente análise se restringiu aos dados diários e mensais. Apesar disso, os dados coletados em frequências menores (1 e 15 minutos) estão disponíveis aos interessados, para estudos e análises mais específicas.

#### *1.1.3.1 Condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) da Estação Ecológica de Assis, onde foi alocada a Parcela Permanente de Cerradão*

Na Figura 1.4 são apresentadas as variações diárias dos dados meteorológicos coletados na E.E. de Assis, no período compreendido entre 01 de novembro de 2003 a 31 de agosto de 2005.

Nessa região, foram observadas ao longo do referido período, temperaturas médias diárias oscilando entre 8,2 e 29,1oC (Figura 1.4b). Essas médias foram obtidas a partir de leituras contínuas ao longo do dia e não apenas em função dos valores extremos, o que leva à obtenção de valores médios ligeiramente inferiores que as médias estimadas. As temperaturas extremas variaram bastante na região, o que é uma característica de locais sob influência da continentalidade. As temperaturas mínimas oscilaram entre 1,3 e 23,0oC, enquanto que as máximas variaram entre 13,6 e 38,4oC. Além do efeito da continentalidade, os níveis térmicos e as variações dos valores extremos também foram influenciados pela disponibilidade energética do local (Figura 1.4c), representada pela irradiância solar global (Qg). Na região de Assis, Qg variou entre 39,6 MJm-2dia-1, para um dia de verão com ausência de nebulosidade, e 2,0 MJm-2dia-1, para um dia nublado de inverno. A irradiância solar fotossinteticamente ativa (RFA), importante por seu papel fundamental no processo fotossintético, foi em média 33% dos valores de Qg, oscilando entre 0,8 e 11,5 MJm-2dia-1.



As chuvas (Figura 1.4a) foram bastante variáveis, atingindo uma ocorrência máxima diária de 57,7 mm. As chuvas concentraram-se nos meses de outubro a março, porém precipitações freqüentes foram observadas nos demais meses, especialmente do ano de 2004. A variação dos dados de umidade relativa média do ar (UR) (Figura 1.4d), foram proporcionais às variações observadas para a precipitação, havendo uma concordância entre os períodos de menores índices pluviométricos e os de menores umidades relativas. A UR variou de 30,3%, entre agosto e setembro de 2004, e 95,3%, nos meses chuvosos.

Os ventos (Figura 1.4e) também se mostraram bastante variáveis, oscilando entre a calma (0 ms<sup>-1</sup>) e 3 ms<sup>-1</sup>, sendo predominantemente de direção SE (Figura 1.4f), com algumas variações para as direções E, NE, S e SW. Praticamente, não foram observados ventos provenientes de N e NW na região.

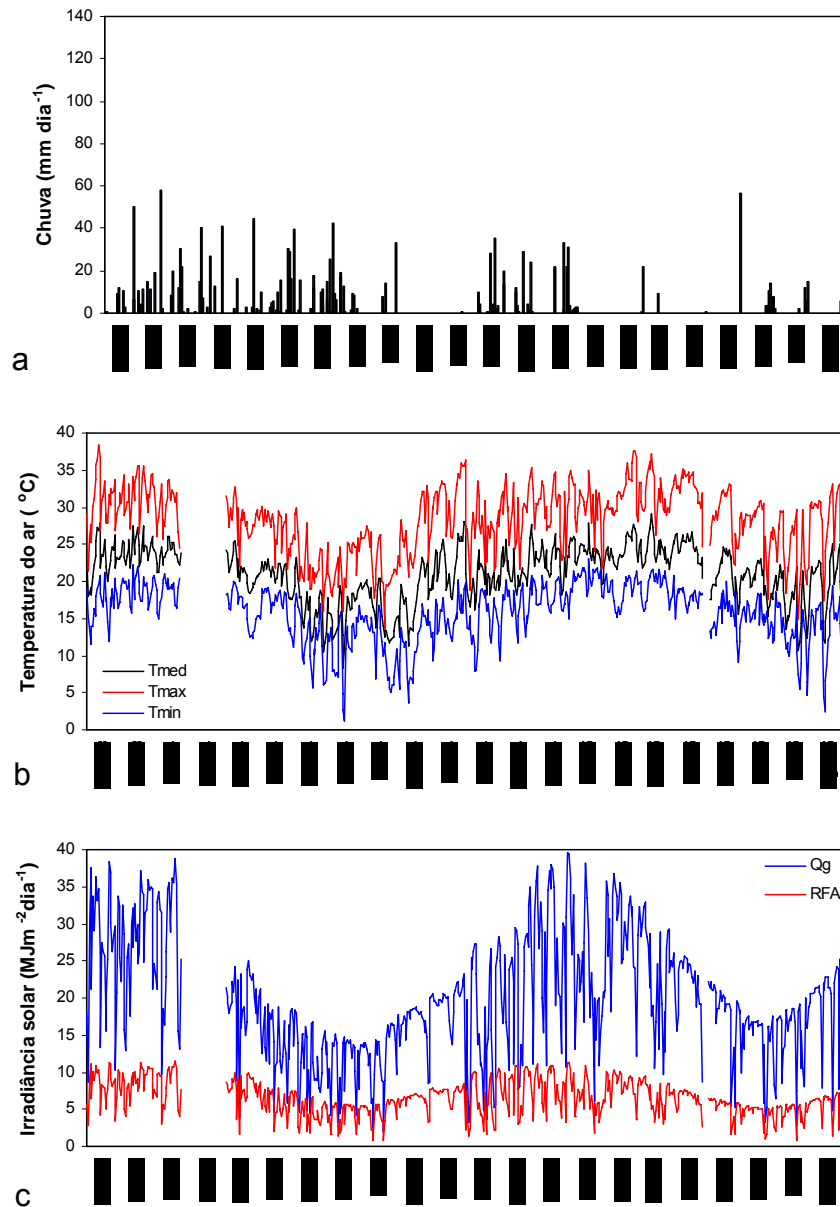


Figura 1.4. Variação diária dos elementos meteorológicos na E.E. de Assis, durante o período de 01/11/2003 a 31/08/2005: a) chuva; b) temperatura; c) radiação solar; d) umidade relativa; e) velocidade do vento; f) direção do vento.

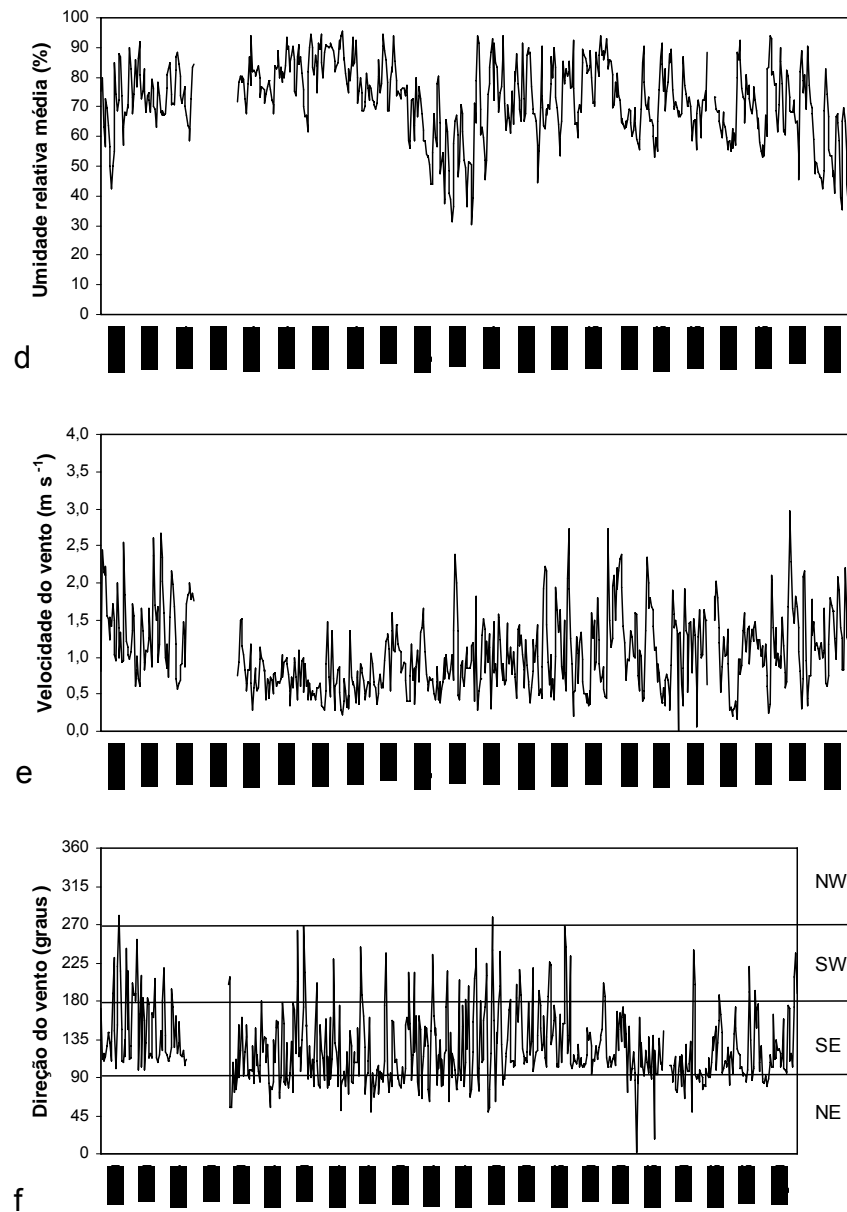


Figura 1.4. Continuação...





### 1.1.3.2. Condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) da Estação Ecológica dos Caetetus, onde foi alocada a Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual

Na Figura 1.5 são apresentadas as variações diárias dos dados meteorológicos coletados na E.E. dos Caetetus, no período compreendido entre 01 de novembro de 2003 a 31 de agosto de 2005.

Nessa região, foram observadas ao longo do referido período temperaturas médias diárias oscilando entre 8,6 e 30,0°C (Figura 1.5b), muito semelhante ao que foi observado na E.E. de Assis, o que se deve ao fato das duas localidades se encontrarem praticamente nas mesmas condições de latitude e altitude (Tabela 1.1). As temperaturas extremas variaram bastante na região, o que é uma característica de locais sob influência da continentalidade. As temperaturas mínimas oscilaram entre 2,2 e 22,0°C, enquanto que as máximas variaram entre 16,1 e 38,8°C. Além do efeito da continentalidade, os níveis térmicos e as variações dos valores extremos também foram influenciados pela disponibilidade energética do local (Figura 1.5c), representada pela irradiância solar global ( $Q_g$ ). Na região de Gália, onde se encontra a E.E. dos Caetetus,  $Q_g$  variou entre 30,8 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>, para um dia de verão com ausência de nebulosidade, e 0 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>, para um dia intensamente nublado de inverno. A irradiância solar fotossinteticamente ativa (RFA) foi em média 36% dos valores de  $Q_g$ , oscilando entre 0,9 e 12 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>.

As chuvas (Figura 1.5a) foram bastante variáveis, atingindo uma ocorrência máxima diária de 128,8 mm. As chuvas concentraram-se nos meses de outubro a março, porém precipitações frequentes foram observadas nos demais meses, especialmente do ano de 2004. A variação dos dados de umidade relativa média do ar (UR) (Figura 1.5d), foram proporcionais às variações observadas para a precipitação, havendo uma concordância entre os períodos de menores índices pluviométricos e os de menores umidades relativas. A UR variou de 28,5%, entre agosto e setembro de 2004, e 95,1%, nos meses chuvosos.

Os ventos (Figura 1.5e) também se mostraram bastante variáveis, oscilando entre 0,2 ms<sup>-1</sup> e 3,7 ms<sup>-1</sup>, sendo predominantemente de direção SE (Figura 1.5f), com algumas variações para as direções E, NE, S e SW. Praticamente, não foram observados ventos provenientes de N e NW na região.

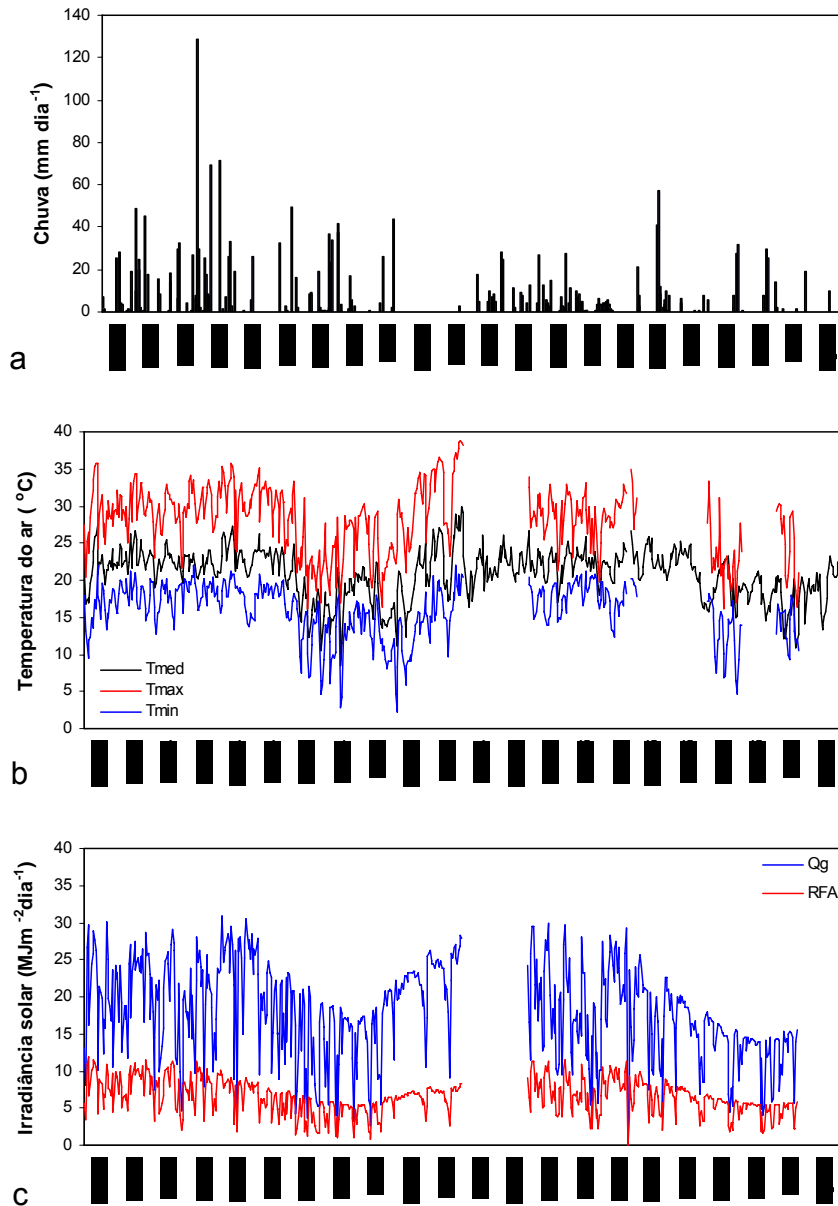


Figura 1.5. Variação diária dos elementos meteorológicos na E.E. dos Caetetus, durante o período de 01/11/2003 a 31/08/2005: a) chuva; b) temperatura; c) radiação solar; d) umidade relativa; e) velocidade do vento; f) direção do vento.

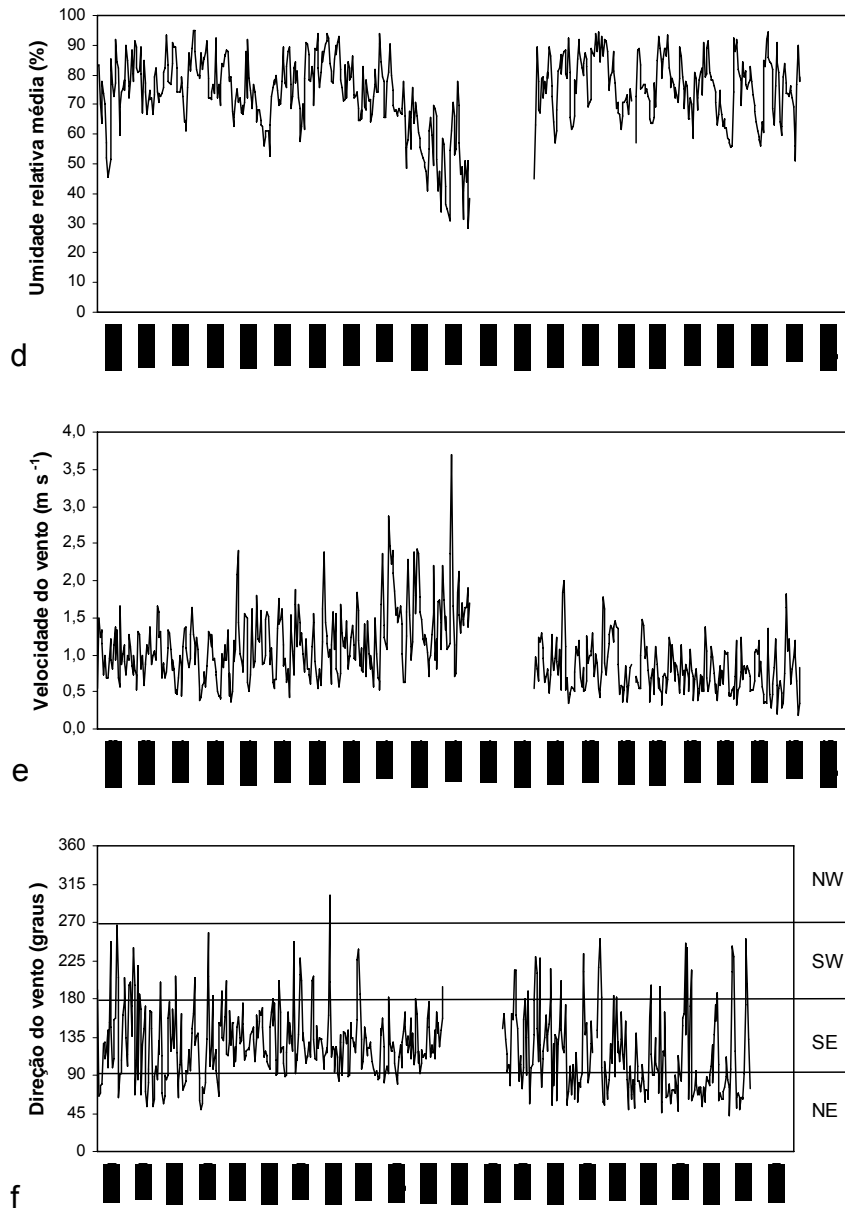


Figura 1.5. Continuação...



### 1.1.3.3. Condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) do Parque Estadual de Carlos Botelho, onde foi alocada a Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa

Na Figura 1.6 são apresentadas as variações diárias dos dados meteorológicos coletados na P.E. de Carlos Botelho, no período compreendido entre 01 de novembro de 2003 a 31 de agosto de 2005.

Nessa região, foram observadas ao longo do referido período temperaturas médias diárias oscilando entre 10,6 e 30,8°C (Figura 1.6b). As temperaturas extremas variaram bastante na região, porém com uma amplitude não tão acentuada como no interior do estado, em decorrência da oceanidade. As temperaturas mínimas oscilaram entre 5,4 e 23,5°C, enquanto que as máximas variaram entre 14 e 39°C. Além do parcial efeito termo-regulador da água, devido à proximidade do oceano (oceanidade), os níveis térmicos e as variações dos valores extremos também foram influenciados pela disponibilidade energética do local (Figura 1.6c), representada pela irradiância solar global ( $Q_g$ ). Na região de Sete Barras, onde se encontra a P.E. de Carlos Botelho, os valores de  $Q_g$  variaram entre 25,3 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>, para um dia parcialmente nublado, e 0,6 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>, para um dia intensamente nublado de inverno. A irradiância solar fotossinteticamente ativa (RFA) foi, em média, 27% dos valores de  $Q_g$ , oscilando entre 0,2 e 7,9 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>. Esses menores níveis de  $Q_g$  e RFA se devem principalmente à intensa nebulosidade que ocorre no local, conseqüência também da formação das chuvas orográficas.

As chuvas (Figura 1.6a) foram bastante freqüentes na região, ocorrendo ao longo de praticamente todo o ano, atingindo uma ocorrência máxima diária de 205,2 mm. As precipitações se concentraram nos meses de outubro a março, porém precipitações freqüentes foram observadas nos demais meses, sendo poucos os dias sem registro de chuva. Essas chuvas são causadas não só pelas frentes frias, comuns na região, mas também pelos movimentos convectivos livres durante o verão (chuvas de verão) e pelos movimentos convectivos forçados devido à ação orográfica da Serra do Mar, que ocorrem ao longo de todo o ano. Em razão da alta freqüência de chuvas, as UR médias do ar na região (Figura 1.6d) foram proporcionalmente elevadas, variando 59,7% a 96,4%, sendo que na grande maioria dos dias a UR média manteve-se acima dos 80%.

Os ventos (Figura 1.6e) também se mostraram bastante variáveis, oscilando entre 0 e 1,5 ms<sup>-1</sup>, ficando abaixo de 0,5 ms<sup>-1</sup> na grande maioria dos dias, e quase sempre soprando do oceano em direção ao continente, ou seja, com direção predominante SE (Figura 1.6f), sendo isso uma constante fonte de umidade para as chuvas orográficas.

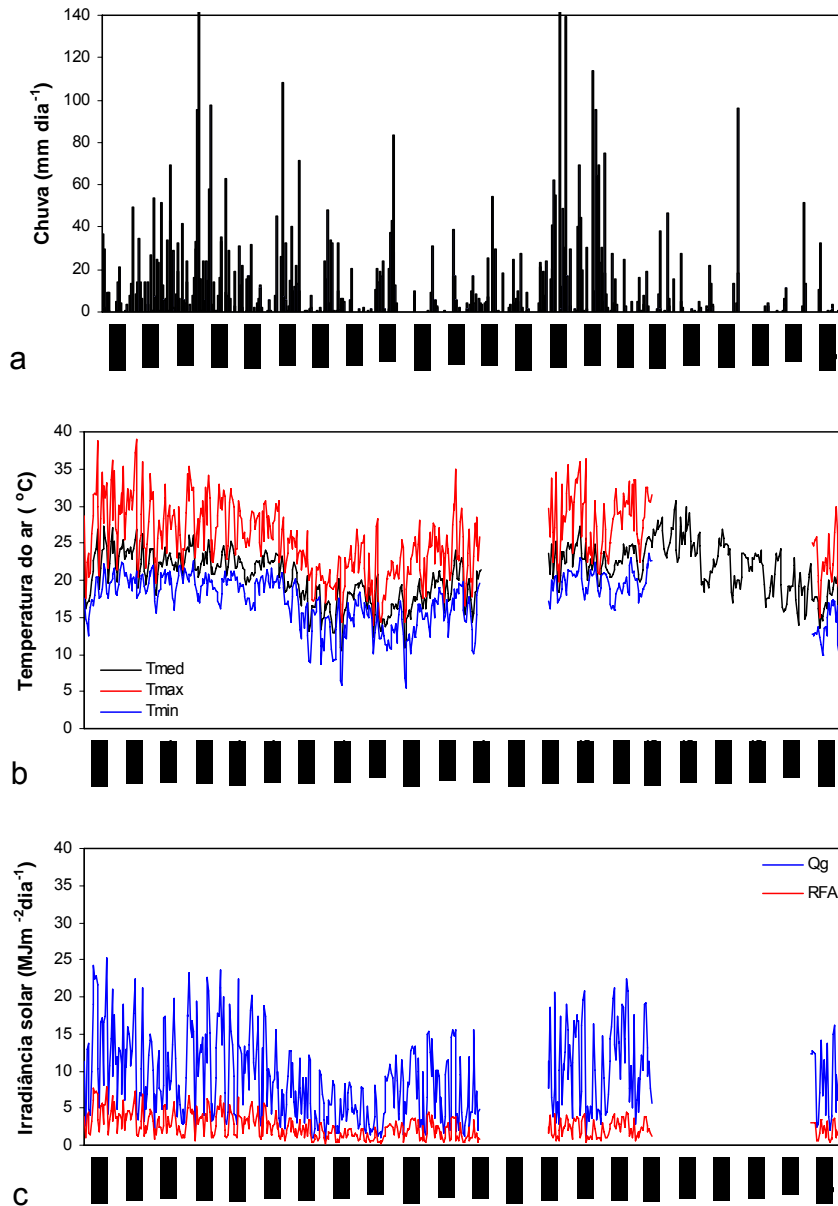


Figura 1.6. Variação diária dos elementos meteorológicos na P.E. de Carlos Botelho, durante o período de 01/11/2003 a 31/08/2005: a) chuva; b) temperatura; c) radiação solar; d) umidade relativa; e) velocidade do vento; f) direção do vento.

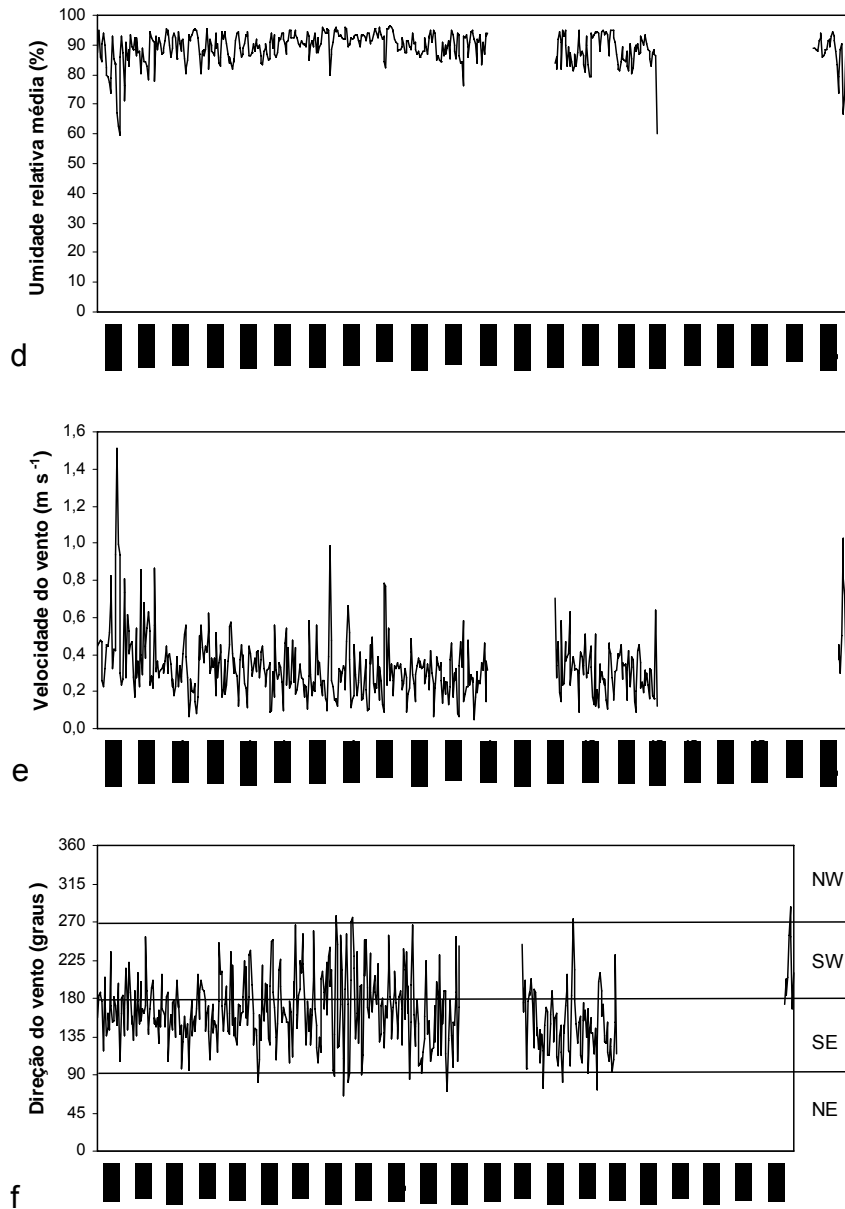


Figura 1.6. Continuação...



#### 1.1.3.4. Condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, onde foi alocada a Parcela Permanente de Floresta de Restinga

Na Figura 1.7 são apresentadas as variações diárias dos dados meteorológicos coletados na P.E. da Ilha do Cardoso, no período compreendido entre 01 de novembro de 2003 a 31 de agosto de 2005.

Nessa região, foram observadas ao longo do referido período temperaturas médias diárias oscilando entre 11 e 29,5°C (Figura 1.7b). As temperaturas extremas variaram bastante na região, com valores muito semelhantes aos observados no P.E. de Carlos Botelho, porém com uma amplitude não tão acentuada como no interior do estado, em decorrência do efeito da oceanidade. As temperaturas mínimas oscilaram entre 5,5 e 24,2°C, enquanto que as máximas variaram entre 16 e 38,8°C. Além do parcial efeito termo-regulador da água, devido à proximidade do oceano, os níveis térmicos e as variações dos valores extremos também foram influenciados pela disponibilidade energética do local (Figura 1.7c), representada pela irradiância solar global ( $Q_g$ ). Na Ilha do Cardoso,  $Q_g$  variou de 28,3 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>, para um dia parcialmente nublado, a 0,9 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>, para um dia intensamente nublado de inverno. A irradiância solar fotossinteticamente ativa (RFA) foi em média 35% dos valores de  $Q_g$ , oscilando entre 0,9 e 12 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>. Os valores de  $Q_g$  e RFA são ligeiramente superiores aos observados no P.E. de Carlos Botelho, onde a nebulosidade é maior em função da formação das chuvas orográficas.

As chuvas (Figura 1.7a), assim como no P.E. de Carlos Botelho, são bastante frequentes porém com níveis ligeiramente inferiores. Na região, ao longo do período analisado a chuva de máxima intensidade diária foi da ordem de 131,3 mm, cerca de 70 mm menor do que a observada na Serra do Mar. As chuvas, assim como nas demais áreas estudadas, concentraram-se nos meses de outubro a março, porém precipitações frequentes e de forte intensidade também foram observadas nos demais meses. As chuvas que ocorrem na região são de origem convectiva (chuvas de verão) e frontal, não havendo chuvas orográficas, o que justifica as precipitações menos intensas na Ilha do Cardoso em comparação à Serra do Mar. Em razão da alta frequência de chuvas, as UR médias do ar na região (Figura 1.7d) foram proporcionalmente elevadas, variando de 59,1% a 95,7%, sendo que na grande maioria dos dias, a UR média manteve-se acima dos 80%.

Os ventos (Figura 1.7e) também se mostraram variáveis com relação à sua intensidade, oscilando entre calma e 1,8 ms<sup>-1</sup>. Apesar da baixa intensidade, os ventos na Ilha do Cardoso foram mais intensos do que aqueles observados no P.E. de Carlos Botelho. Assim como nas demais regiões de estudo, os ventos tiveram direção predominante de SE em grande parte dos dias, com oscilações para S, SW, E e NE. Não foram observados ventos provenientes de W, N e NW, o que se justifica pela configuração do relevo da região. Os ventos predominantemente



vindos de SE, soprando do oceano em direção ao continente, foram uma constante fonte de umidade para a formação de chuvas na região.

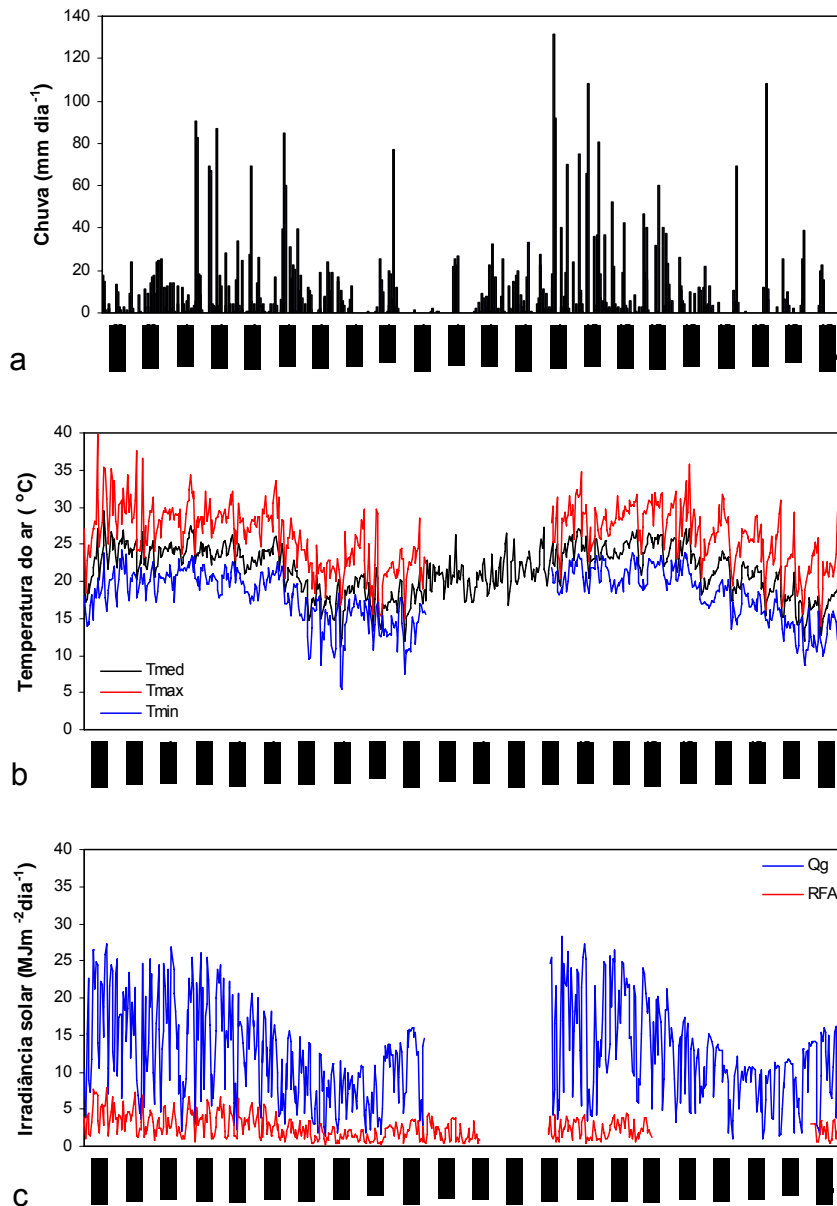


Figura 1.7. Variação diária dos elementos meteorológicos na P.E. da Ilha do Cardoso, durante o período de 01/11/2003 a 31/08/2005: a) chuva; b) temperatura; c) radiação solar; d) umidade relativa; e) velocidade do vento; f) direção do vento.



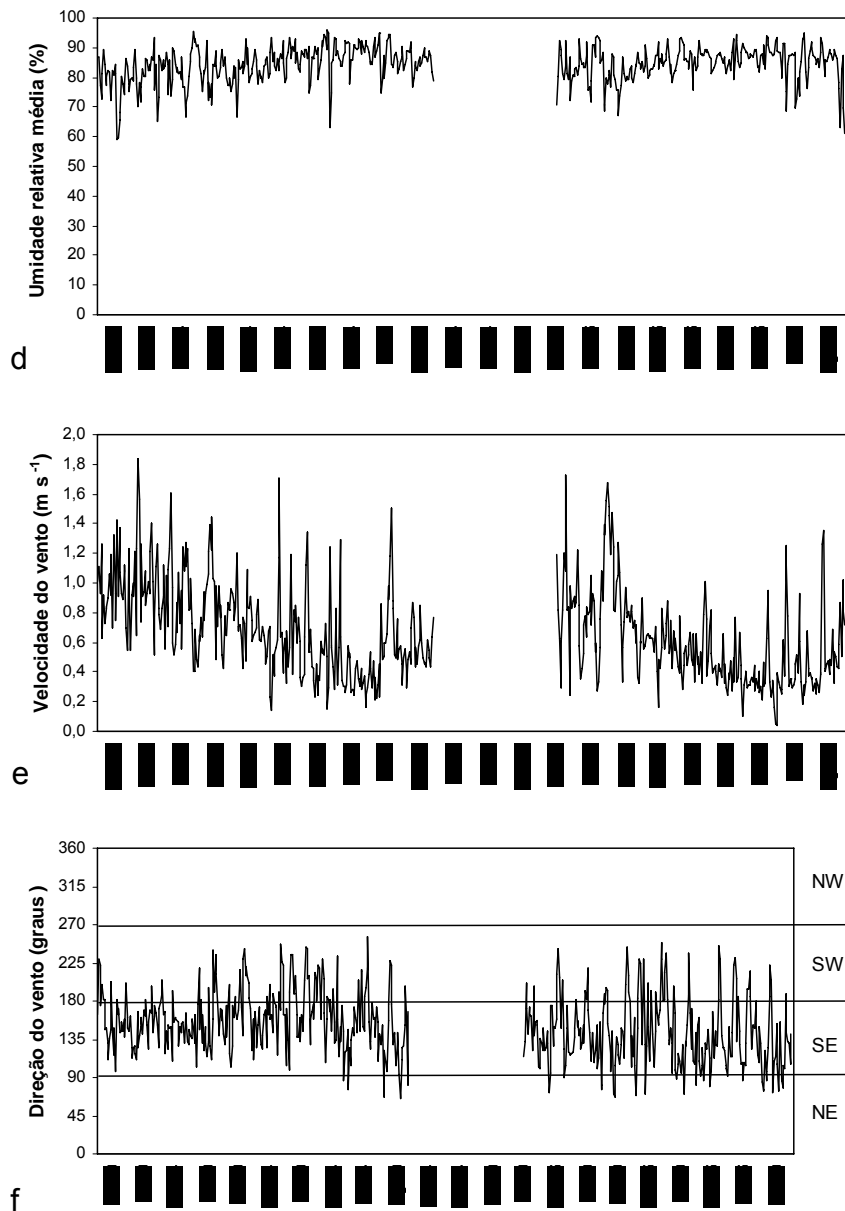


Figura 1.7. Continuação...



#### 1.1.4. Análise comparativa das condições meteorológicas de quatro anos (2002-2005) das quatro áreas de estudo (P.E. Ilha do Cardoso, P.E. Carlos Botelho, E.E. Caetetus e E.E. Assis), onde foi alocados os 40ha de Parcelas Permanentes

Considerando-se o período analisado, compreendido entre 01/11/2003 a 31/08/2005, se calculou as médias e os valores extremos dos elementos meteorológicos, com exceção para a chuva, para a qual se computou o total do período. Tal análise foi conduzida com o objetivo de se comparar as condições meteorológicas ocorridas entre as quatro áreas objeto de estudo do Projeto 40ha de Parcelas Permanentes.

Observa-se nos dados apresentados na Tabela 1.3, que as temperaturas médias não apresentaram muita diferença entre as quatro regiões do Estado de São Paulo, apesar das diferenças de altitude e latitude entre elas. Apesar disso, pode-se detectar que a temperatura na Ilha do Cardoso foi ligeiramente maior do que as das demais localidades. As diferenças observadas com relação às médias das temperaturas máxima e mínima foram expressivas. No interior do Estado, as temperaturas mínimas foram da ordem de 15,8 a 15,9°C ao passo que na região litorânea e na encosta da Serra do Mar esses valores atingiram entre 17,4 e 18°C. Para as temperaturas máximas ocorreu o oposto, com valores maiores nas E.E. de Assis e de Caetetus (entre 28,1 e 28,3°C) e menores nos P.E. de Carlos Botelho e da Ilha do Cardoso (entre 25,6 e 26,1°C). Isso mostra o efeito marcante da oceanidade na redução dos valores extremos de temperatura, ou seja, reduzindo a amplitude térmica, que foi de cerca de 12°C no interior e de 8°C no litoral. Com relação aos valores extremos absolutos de temperatura, não houve muitas diferenças em relação à temperatura máxima, com os valores sendo ligeiramente maiores na faixa litorânea, porém com diferenças inferiores a 1,4°C. Já para a temperatura mínima, foram observadas temperaturas indicativas de geadas (1,3 e 2,2°C) no interior do Estado, enquanto que no litoral e na encosta da Serra do Mar, as temperaturas mínimas não caíram abaixo de 5°C.

Para todos os demais elementos meteorológicos as diferenças foram marcantes. No caso da chuva, no P.E. de Carlos Botelho as chuvas acumularam 4105 mm a mais do que na E.E. de Assis, 3547 mm a mais do que na E.E. dos Caetetus e 1071 mm a mais do que no P.E. da Ilha do Cardoso. Essas diferenças mostram, entre outras coisas, a grande importância das chuvas orográficas na formação do clima das encostas da Serra do Mar. Obviamente, essas diferenças também apresentam componentes de variabilidade que não estão associados a isso, porém pode-se afirmar que grande parte dessas diferenças se deve ao efeito da orografia na formação das chuvas. Como consequência dessa maior intensidade de chuva, o P.E. de Carlos Botelho apresentou o menor nível de disponibilidade de radiação solar entre as regiões analisadas, sendo esse valor de 9,2 MJm-2d-1 no caso da Qg e de 2,5 MJm-2d-1 no caso da RFA, cerca de metade do que foi observado nas E.E. de Assis e dos Caetetus. Mesmo em relação ao P.E. da Ilha do Cardoso, os valores de Qg e de RFA foram inferiores, representando uma redução de 26,4% e 43,2% respectivamente.



As chuvas também foram responsáveis pelo gradiente de UR observado entre as quatro áreas, sendo o valor mais acentuado no P.E. de Carlos Botelho (89,1%), seguido do P.E. da Ilha do Cardoso (84,4%) e das E.E. de Assis e dos Caetetus (72,2 e 74,1% respectivamente). Tais níveis de umidade relativa do ar contribuem para que as áreas situadas no litoral e na encosta da Serra do Mar tenham uma maior umidade também no solo, já que a UR, por meio do déficit de saturação do ar, atua diretamente na taxa de evapotranspiração das árvores, interferindo no balanço de água do solo e, conseqüentemente, na geração dos excedentes hídricos. Além disso, outra variável meteorológica que interfere nas menores taxas de evapotranspiração da floresta nos P.E. de Carlos Botelho e da Ilha do Cardoso é a velocidade do vento, a qual é sensivelmente menor nas áreas próximas ao litoral do que no interior do Estado.

Com relação à direção do vento (DV), não se observou diferenças entre as quatro áreas estudadas. Isso se deve às características geográficas do Estado de São Paulo, que está situado na faixa de latitude entre 0 e 30° S, onde, em função da circulação geral da atmosfera, predominam os ventos provenientes de SE. Isso tem um efeito mais marcante na formação do clima da região litorânea e da encosta a barlavento da Serra do Mar, onde os ventos trazem continuamente umidade do oceano, contribuindo para a formação das chuvas e também para a elevação da umidade do ar. Tal influência do oceano no clima local já não ocorre no interior do Estado, especialmente na região de Marília, onde se encontram as E.E. de Assis e dos Caetetus, devido à sua distância de cerca de 320 km do oceano.

Analisando-se, finalmente, o efeito desses elementos meteorológicos no balanço hídrico climatológico sequencial, na escala quinquidial, no período de 2002 a 2005 (Figuras 1.8 e 1.9), observa-se que nos P.E. de Carlos Botelho e da Ilha do Cardoso (Figura 1.9), a ocorrência de deficiências hídricas significativas é menor, enquanto que os excedentes hídricos são maiores, quando comparada as outras duas áreas (E.E. de Caetetus e Assis), o que concorda com os padrões de normalidade para a região. A única exceção é observada para o ano de 2003 no P.E. de Carlos Botelho, onde houve a predominância de deficiências hídricas durante boa parte do ano, o que ocorreu como conseqüência das chuvas irregulares observadas nesse período. Nas E.E. de Assis e de Caetetus (Figura 1.8), as deficiências hídricas foram mais acentuadas e os excedentes hídricos mais amenos, o que também está de acordo com o padrão de normalidade para essas regiões. No entanto, o que chama a atenção nessas duas últimas localidades é a ocorrência de veranicos nos meses de novembro, janeiro e março, especialmente em Assis, o que foge do padrão de normalidade da região, que é de Primavera e Verão chuvosos.

Apesar da variabilidade inter-anual das informações do balanço hídrico climatológico seqüencial, observa-se de um modo geral que os padrões médios se repetiram nessa análise, mostrando que existe um gradiente de aumento das deficiências hídricas e de redução dos excedentes hídricos do litoral para o interior do Estado, sendo que os tipos vegetacionais existentes nessas áreas são condicionados por tais condições meteorológicas e hídricas.



Tabela 1.3. Condições climáticas na E.E. de Assis, na E.E. dos Caetetus, no P.E. de Carlos Botelho e no P.E. da Ilha do Cardoso, no período de 01/11/2003 a 31/08/2005.

Local	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	TMA (°C)	TmA (°C)	UR (%)	P <sub>Total</sub> (mm)	Qg (MJm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	RFA (MJm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	PAR/Qg	VV (ms <sup>-1</sup> )	DV
E.E.Assis	21,0	28,3	15,8	38,4	1,3	72,2	1586	19,8	6,5	0,33	1,0	SE
E.E.Caetetus	20,9	28,1	15,9	38,8	2,2	74,1	2144	18,1	6,5	0,36	1,0	SE
P.E.C.Botelho	20,9	25,6	17,4	39,0	5,4	89,1	5691	9,2	2,5	0,27	0,3	SE
P.E.I.Cardoso	21,4	26,1	18,0	39,8	5,5	84,4	4620	12,5	4,4	0,35	0,7	SE

Tmed = temperatura média do ar; Tmax = temperatura máxima média do ar; Tmin = temperatura mínima média do ar; TMA = temperatura máxima absoluta; TmA = temperatura mínima absoluta; UR = umidade relativa média do ar; P<sub>Total</sub> = chuva total acumulada no período, Qg = radiação solar global média; PAR = radiação fotossinteticamente ativa média; VV = velocidade média do vento; DV = direção predominante do vento.

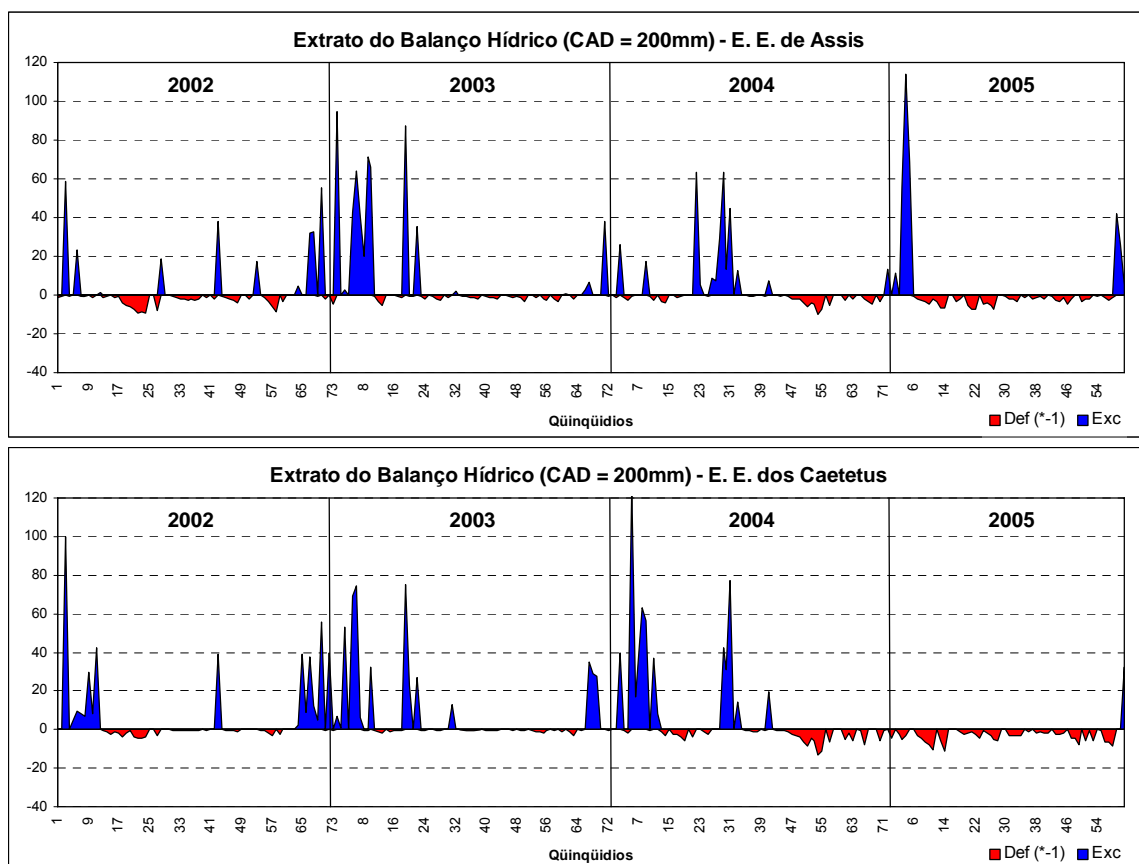


Figura 1.8. Extrato do balanço hídrico climatológico, no período de janeiro de 2002 a outubro de 2005 nas Estações Ecológicas de Assis (a) e dos Caetetus (b), considerando-se uma capacidade de água disponível no solo de 200 mm. Def (\*-1) = deficiência hídrica do quinquídio multiplicada por -1, para fins de plotagem no gráfico; Exc = excedente hídrico do quinquídio.

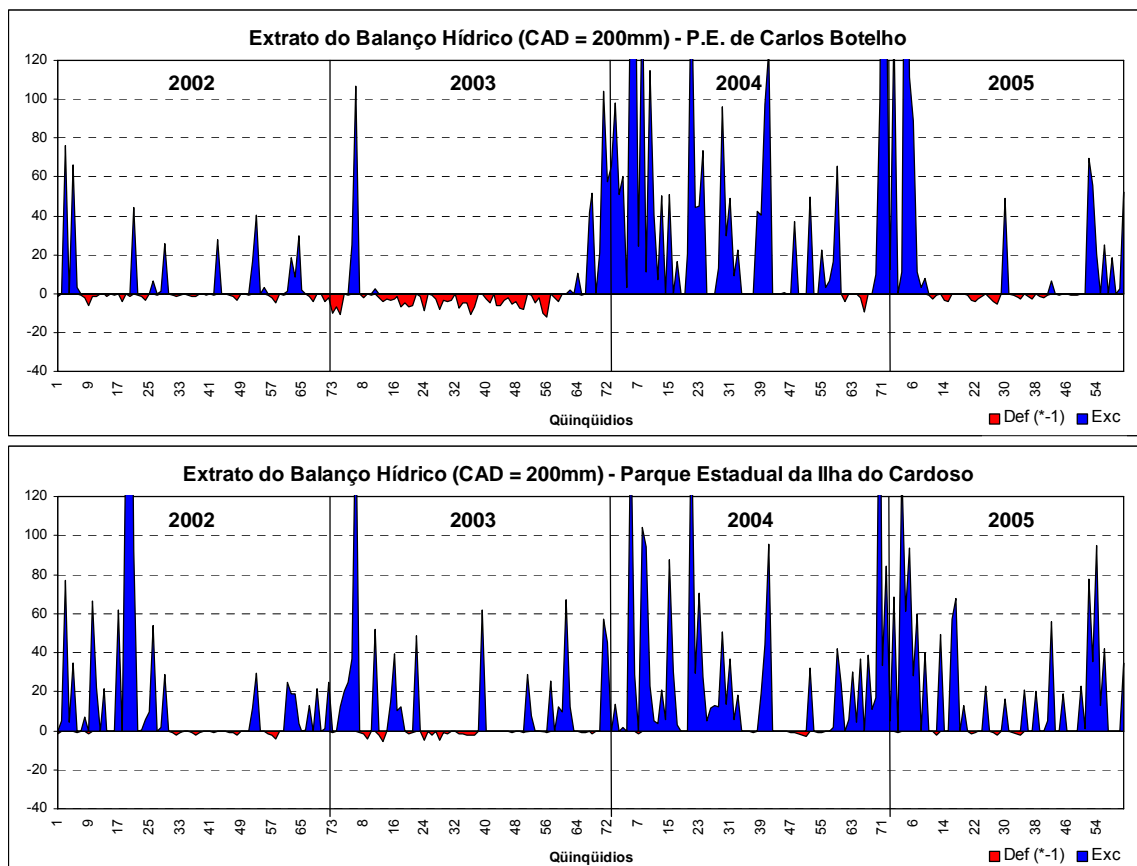


Figura 1.9. Extrato do balanço hídrico climatológico, no período de janeiro de 2002 a outubro de 2005 nos Parques Estaduais de Carlos Botelho (a) e da Ilha do Cardoso (b), considerando-se uma capacidade de água disponível no solo de 200 mm. Def (\*-1) = deficiência hídrica do quinquênio multiplicada por -1, para fins de plotagem no gráfico; Exc = excedente hídrico do quinquênio.

### 1.1.5 Considerações finais sobre o clima dessas áreas

As análises apresentadas permitiram identificar a existência de padrões climáticos distintos entre as áreas estudadas, sendo que as maiores diferenças ocorreram entre os P.E. da Ilha do Cardoso e de Carlos Botelho com as E.E. de Caetetus e Assis, e que esses padrões, mesmo com a variabilidade inter-anual das condições meteorológicas, se repetiram nos primeiros cinco anos de condução do Projeto 40ha de Parcelas Permanentes. As informações meteorológicas/climáticas apresentadas possibilitaram não só se caracterizar e distinguir as condições físicas do ambiente entre as quatro áreas de estudo, mas também entender a influência desses elementos nos padrões de adaptação e distribuição das diferentes espécies vegetais e animais. Apesar da formação dos macroclimas depender basicamente das condições geográficas do local, é evidente a grande influência da vegetação nativa na manutenção das condições microclimáticas.



Alterações no padrão climático da Terra em função das ações antrópicas, especialmente o aquecimento global, irão ter grande influência na sobrevivência e distribuição das espécies florestais, o que por sua vez influenciará o microclima local, o que indubitavelmente será mais um componente a contribuir com as mudanças climáticas a nível global. Portanto, estudos que possibilitem compreender melhor a dinâmica das vegetações nativas relacionadas às condições físicas do meio são de extrema importância para balizar ações futuras que minimizem os impactos causados pelo homem.



## **1.2. Regime de Luz: Importância de Estudos, Problemas e Sugestões**

### **1.2.1 A importância do estudo de regimes de luz em florestas tropicais e subtropicais.**

Desde os primórdios da Ecologia, os pesquisadores já reconheciam a capacidade de diferentes espécies arbóreas de Florestas Temperadas em sobreviver preferencialmente em condições de mais ou menos luz disponíveis nessas comunidades e mais tarde essa mesma constatação se estendeu também às florestas dos trópicos. (Watt, 1947; Whitmore, 1975).

O posterior reconhecimento, e gradual aceitação, de que tanto nas florestas temperadas, como nas tropicais existe uma dinâmica de clareiras, e que esta resulta na formação de um mosaico de manchas formado por clareiras abertas, clareiras em diferentes graus de preenchimento e por áreas dominadas por um dossel composto de árvores antigas, que só muitas décadas ou mesmo séculos anteriores parte desse dossel poderia corresponder a possíveis clareiras, representou um avanço no entendimento da dinâmica dessas vegetações. (Whitmore, 1990).

Essas diferentes manchas do mosaico florestal tendem a apresentar condições de luz distintas e, portanto, árvores com diferentes habilidades em explorar essa disponibilidade distinta de luz tendem a ocupar diferencialmente esses locais (Hartshorn, 1978).

Assim, clareiras recém abertas permitindo uma grande penetração de luz no interior da floresta favorecem nesses locais o estabelecimento e o desenvolvimento de espécies arbustivo-arbóreas exigentes, ou tolerante à luz (Hartshorn, 1978).

O gradual preenchimento dessas clareiras por essas espécies, e por outras já pré-existentes no sub-bosque da floresta e que sobreviveram à formação dessas aberturas no dossel, levam ao progressivo sombreamento dessas áreas quanto mais crescem esses indivíduos. Quanto mais preenchida a clareira, mais sombreado vai se tornando o seu interior, até que a copa dessas árvores alcança o dossel fazendo desaparecer a antiga abertura que ali existia. Durante esse processo de fechamento da clareira observa-se uma substituição das espécies arbóreas mais dependentes em luz por outras mais tolerantes à sombra. Por fim essas espécies presentes no dossel serão depois de algumas décadas substituídas por outras espécies também tolerantes à sombra, mas de crescimento muito mais lento e que formarão então um dossel que poderá aí permanecer por décadas, ou até séculos, até que essas árvores morram fazendo surgir de novo uma clareira nesse local (Hartshorn, 1978).

Essa descrição representa uma simplificação didática do que se tem observado, em especial, nas florestas tropicais úmidas, e representaria a forma pela qual essas florestas, e eventualmente outras florestas tropicais, se manteriam no tempo.

O funcionamento desse modelo depende de alguns desses pressupostos existirem numa dada floresta, como: a contínua abertura e o gradual fechamento de clareiras (clareiras em preenchimento); a existência de diferentes níveis de luz entre clareiras, a presença da condição



de sub-bosque nos trechos de dossel antigo; a existência de espécies que apresentem diferentes níveis de tolerância à sombra; a existência nessas espécies de uma capacidade diferencial em sobreviver e se desenvolver nesses diferentes locais. Isso resultaria numa substituição gradual de um grupo de espécies por outro e levaria a uma ocupação diferencial e sucessiva desses locais, durante o progressivo fechamento das clareiras.

Nas florestas tropicais úmidas o fator limitante e determinante desse processo seria a disponibilidade de luz, que teria então importância fundamental na dinâmica e manutenção da composição, estrutura e diversidade dessas comunidades.(Chazdon & Pearcy, 1991; Poorter et al., 2005).

Se para muitas florestas tropicais e subtropicais chuvosas, úmidas e estacionais existem evidências de que esse é um bom modelo para se entender a dinâmica e a manutenção da biodiversidade nessas comunidades (Denslow, 1980, 1987; Oberbauer et al., 1988; Torquebiau, 1988; Barton et al., 1989; Whitmore, 1989, 1996; Rich et al., 1993; Whitmore et al., 1993, Vázquez-Yanes et al., 1990; Pearcy et al., 1994; Zoltz et al., 1996; Souza and Válio, 2003; Válio, 2003; Hogan et al. 2002), para muitas dessas florestas tais pressupostos não foram ainda claramente demonstrado e caracterizado, nem esse processo foi localmente descrito e acompanhado. Por exemplo, a tolerância à luz é o principal fator que determina a sobrevivência das espécies arbóreas nas florestas tropicais? Há a formação de clareiras na Savana Florestada (Cerradão)?

As dificuldades são inúmeras para demonstrar todos esses pressupostos e dependem de estudos que devem ser realizados em muitas escalas espaciais e temporais e nos diferentes tipos florestais. Geralmente a dedução da sua ocorrência resulta da observação, e do acompanhamento temporal de mudanças que ocorrem em trechos espacialmente disjuntos dentro de uma floresta, já que a observação direta de todos esses processos, inclusive da substituição gradual das espécies arbóreas, demandaria enorme investimento de tempo.

Essas dificuldades tornam o monitoramento contínuo de um trecho de floresta amostrado com uma grande parcela permanente, uma ferramenta muito importante para o estudo desse modelo (Hubbell et al. 1999), pois além da amplitude espacial, o contínuo registro temporal de mudanças, por gerações contínuas de pesquisadores, são a única maneira efetiva de se documentar e comprovar se esses pressupostos existem. Permitem ainda discutir se a seqüência prevista de acontecimentos nesse modelo, efetivamente ocorre, ou se outros modelos são mais adequados.

Nos últimos 30 anos, e de forma cada vez mais intensa, pesquisadores tem trabalhado no estudo da dinâmica de diferentes florestas tropicais, sempre buscando testar o modelo aqui descrito e na maioria das vezes considerando a luz como o fator chave em toda essa discussão.(Ricklefs, 1977; Whitmore, 1989; Rich et al., 1993; Terborg and Matthews, 1999; Brokaw and Busing , 2000; Chazdon and Whitmore, 2002 ; Poorter et al., 2005)





Todo esse processo tornou a descrição dos regimes de luz existentes dentro das florestas e a descrição das respostas e adaptações das espécies arbustivo-arbóreas a esses regimes, um requisito fundamental para a discussão do processo de regeneração dessas florestas.

### 1.2.2 A descrição dos regimes de luz em florestas.

Os regimes de luz presentes no dossel ou no interior de um ecossistema florestal são difíceis de serem descritos, pois ainda não dispomos de métodos amplamente testados, com eficiências garantidas, passíveis de replicação e viáveis economicamente, que permitam uma descrição condizente com as necessidades dessa discussão (Chazdon, 1987)

A principal dificuldade observada para descrição desse fator numa floresta resulta da imensa variação temporal e espacial que a luz apresenta no mosaico florestal (Chazdon and Pearcy, 1991)

Embora hoje estejam disponíveis equipamentos sofisticados, que permitem a realização de medidas diretas (sensores de radiação), ou a obtenção de estimativas indiretas (p.ex.: fotos hemisféricas) da radiação incidente num dado ponto ou trecho de uma floresta, ainda assim, é muito restrita a nossa capacidade de descrever os regimes de luz em que vivem as plantas localizadas nas diferentes manchas do mosaico de uma floresta (Pearcy et al., 1992) e principalmente nas transições entre essas manchas.

Apesar dessas limitações. Os trabalhos publicados até o momento descrevem pelo menos três regimes de luz já identificados nas Florestas Tropicais Úmidas: a) altos níveis de radiação no centro das clareiras médias e grandes; b) níveis altos de sombreamento no sub-bosque e; c) níveis intermediários de luz, nas regiões de transição entre as clareiras e o sub-bosque vizinho, em clareiras parcialmente preenchidas e nas pequenas clareiras (Whitmore, 1996).

Nas florestas tropicais pelo menos três grupos ecológicos, ou funcionais, tem sido usados para descrever as espécies que se adaptam aos diferentes regimes de luz observados nessas florestas. Estas espécies apresentariam diferentes estratégias de regeneração, ou seja, as espécies pioneiras, ocupariam as áreas com maior disponibilidade de radiação direta, as secundárias iniciais ocupariam as áreas com níveis intermediários de luz, e as espécies clímax regenerariam nos locais de grande sombreamento. (Whitmore, 1996).

Dentre os muitos fatores que afetam os regimes de luz de uma floresta, podemos listar: a posição geográfica (latitude, altitude, etc.), o relevo (topografia, declividade, face de exposição, etc.), o clima (precipitação, nebulosidade, etc.), a composição e estrutura da floresta (mosaico, formas de vida, altura do dossel, justaposição das copas, densidade da folhagem, etc.), a fenologia das espécies (deciduidade, etc.) entre outros.

Considerando-se que são muitos os fatores que interferem na caracterização dos regimes de luz de uma floresta e que muitos desses fatores são distintos para os diferentes tipos florestais brasileiros, inclusive com particularidades das florestas do sub-tropical quando comparadas com as tipicamente tropicais, pode-se então compreender a importância de se descrever os regimes de



luz existentes nessas florestas, buscando desenvolver modelos de regeneração florestal próprios de cada um desses tipos florestais, permitindo assim uma adequação das políticas e das práticas de conservação e restauração dessas formações.

### 1.2.3 Estudos sobre regimes de luz num projeto Parcelas Permanentes.

No Projeto “40ha de Parcelas Permanentes” diferentes metodologias estão sendo testadas, na forma de sub-projetos, avaliando os regimes de luz dentro de uma ou mais das formações florestais amostradas no projeto (Floresta de Restinga, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão). Vários desses métodos estão sendo testados especificamente para a descrição dos regimes de luz ou então estão produzindo essa informação como parte da investigação de outras questões da dinâmica florestal, que não especificamente a luz.

Far-se-á aqui um breve resumo desses sub-projetos, apresentando a metodologia empregada, as dificuldades e soluções encontradas e os resultados parciais já obtidos, uma vez que muitos se encontram ainda em fase de coleta periódica de dados, enquanto outros estão em fase de análise do grande volume de dados produzidos.

#### 1.2.3.1. Mensuração direta dos regimes de luz

Até o presente só existe um estudo no Brasil que documentou, ao longo de um ano, os regimes de luz existentes numa floresta, esse estudo foi realizado num trecho de Floresta Estacional Semidecidual da Reserva Municipal de Santa Genebra, no município de Campinas (São Paulo) entre 1994 e 1995 (Gandolfi 2000).

Foram estudados em três trechos distintos dessa floresta, em diferentes graus de perturbação e diferentes estruturas de comunidade, sendo descrito em cada uma deles os regimes de luz presentes nas clareiras, no sub-bosque sob dossel perenifólio e no sub-bosque sob dossel decíduo.

Em cada área um registrador armazenava durante um dia por mês, amostras tomadas a cada um minuto, proveniente simultaneamente de oito sensores de quantum, enquanto em outro dia, armazenava médias de cinco minutos, calculadas a partir de amostras coletadas a cada cinco segundos, sempre das 9:30 as 17:00 h.

Consideradas todas as áreas, os máximos valores de densidade de fluxo total diário de fótons fotossintéticos (daqui para frente apresentados como PPF<sub>D</sub>), que variaram no sub-bosque sob dossel perenifólio entre 0,67 e 2,8 mol .m<sup>-2</sup> .d<sup>-1</sup>, no sub-bosque sob dossel decíduo entre 1,43 e 10,90 mol .m<sup>-2</sup> .d<sup>-1</sup> e nas clareiras 4,0 e 23,71 mol .m<sup>-2</sup> .d<sup>-1</sup>.

Os trechos de sub-bosque sob dossel decíduo apresentaram na maior parte do ano regimes de luz semelhantes aos do sub-bosque sob dossel perenifólio, no entanto, quando as árvores do dossel ficaram decíduas no período de estiagem, sob elas registraram-se regimes de luz semelhantes ao de algumas clareiras.



Essa penetração de luz até o sub-bosque sob as copas sem folhas de árvores decíduas do dossel no período de seca resultou em incrementos tanto na PPF total diária, como no número facho de luz direta (“sunflecks”). No entanto esse incremento de luz no período seco desses trechos decíduos provocou também um aumento nos níveis de radiação difusa de fundo nos trechos de sub-bosque sob dosséis perenifólios, vizinhos aos trechos decíduos.

Esses dados indicam a existência, nessas florestas, de um “quarto” regime de luz, não descrito para as Florestas Tropicais Úmidas, que é o regime de luz do “sub-bosque sob dossel decíduo” (Gandolfi, 2000), bem característico das florestas estacionais, típicas do sub-trópico. Provavelmente esse regime sob árvores decíduas do dossel pode ter grande relevância nessas Florestas Estacionais, tanto nas F.E. Semidecíduais, uma vez que mais de 50% dos indivíduos e espécies arbustivo-arbóreas dessas florestas podem ser decíduas, como nas F.E. Deciduais, onde mais de 90% dos indivíduos arbustivo-arbóreos são decíduos.

Uma das principais conclusões desse estudo foi que a latitude, a deciduidade e a declividade são os principais fatores que determinaram os regimes de luz observados nessa floresta.

Apesar de muitos aspectos do regime de luz poderem ser estimados indiretamente, apenas as medidas diretas da radiação incidente permitem uma avaliação mais precisa dos padrões de luz existentes numa dada área (Rich et al. 1995).

Considerando-se a heterogeneidade de fisionomias, composição florística e estrutura entre as quatro florestas estudadas no projeto 40ha de Parcelas Permanentes e o desconhecimento dos regimes de luz existentes na maioria dessas formações florestais, principalmente do sub-trópico, estabeleceu-se nesses quatro primeiros anos do projeto temático, uma estratégia que procurou fornecer dados iniciais a respeito desses regimes de luz nessas diferentes formações florestais, privilegiando-se a simultaneidade das medidas tomadas e a otimização dos equipamentos disponíveis.

Dois modelos de amostragem foram propostos para se obter essas informações gerais, o primeiro deles procurou fornecer dados sobre a amplitude de variações internas dos regimes de luz observados em cada uma das quatro florestas estudadas, nas diferentes unidades do mosaico florestal, para medidas tomadas sempre a 1,50 m do chão da floresta. De posse dos dados de cada área e através da comparação entre eles, pode-se ter uma idéia inicial das diferenças de amplitudes entre os regimes dessas áreas (Muniz, 2004).

O uso de sensores de PAR tem sido um dos métodos mais empregados na avaliação e descrição dos regimes de luz em remanescentes florestais todavia, a pequena dimensão dos sensores PAR se constitui num fator importante que limita a utilização desse método na avaliação espacial da distribuição da luz numa grande área (Gandolfi 2000), ou mesmo em situações da floresta, impedindo inclusive replicações das medidas nessas situações, por isso outros métodos estão sendo também testados no projeto parcelas permanente, para avaliação do regime de luz. Esses métodos também serão apresentados e discutidos aqui, mas de maneira mais sucinta.



Detalhes sobre os equipamentos empregados e as estratégias de coletas de dados já foram apresentados nos relatórios anteriores e em trabalhos já disponíveis na literatura ([www.lerf.esalq.usp.br/parcelaspermanentes](http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelaspermanentes), Gandolfi 2000), então daremos aqui ênfase nesse relatório, para a coleta de dados de luz realizada em 2005, que foi definida a partir dos resultados iniciais obtido nos 3 (três) anos anteriores.

A proposta na coleta dos dados de luz de 2003 e 2004 era de descrever a variação espacial da radiação fotossinteticamente ativa em seis diferentes micro-sítios existentes dentro de cada um dos tipos florestais amostrados (Floresta de Restinga, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão) e em uma área aberta externa, para comparação, em cada uma dessas formações, visando dispor de uma primeira idéia do tipo e da amplitude variação existente nessas formações florestais (Tabela 1.4)

Tabela 1.4. Identificação dos sensores, do local e da condição específica na qual eles se encontravam alocados dentro ou fora da floresta durante 2003 e 2004.

Sensor	Local	Condição específica
Sensor 1	Clareira Média ou Grande	Centro da clareira
Sensor 2		Borda interna da clareira a 1m do limite da clareira
Sensor 3	Sub-Bosque	Borda externa da clareira até 1m do limite da clareira
Sensor 4		Sub-bosque a 10m ou 20 m do limite da clareira sob dossel perenifólio
Sensor 5	Sub-bosque	Sob copa de uma árvore decídua do dossel
Sensor 6	Clareira Pequena	Dentro da clareira
Sensor 7	Fora da Floresta	Numa área aberta a pleno sol

Sensores 1 a 6 foram colocados a 1,5m do chão da floresta, enquanto o sensor 7 foi colocado numa a estação meteorológica situada numa área aberta a 2m do chão.

Apesar de todas as dificuldades que ocorreram nessa fase inicial, desde a instalação até a manutenção do funcionamento contínuo dos equipamentos no campo e a coleta mensal dos dados, concluiu-se no segundo semestre de 2004, essa primeira fase de amostragem.

Os resultados até aqui já analisados permitiram constatar diferenças marcantes em relação às intensidades de luz observadas nos diferentes ambientes dessas florestas, quando comparamos as intensidades de luz sob dossel com as de clareiras e que as principais diferenças podem ser encontradas entre as clareiras, o sub-bosque sob dossel decíduo e sob dossel perenifólio.

Apenas o Cerradão (Assis/SP) mostrou padrões de variação muito menores entre as situações ou micro-sítios amostrados nesses tipos florestais, quando comparado com as demais formações florestais (Muniz, 2004), sugerindo que as diferenças existentes entre áreas de clareira

e sub-bosque no Cerradão talvez não sejam suficientemente significativas para levar a uma especialização das espécies arbustivo-arbóreas dessa floresta em relação à luz. (Figura 1.10)

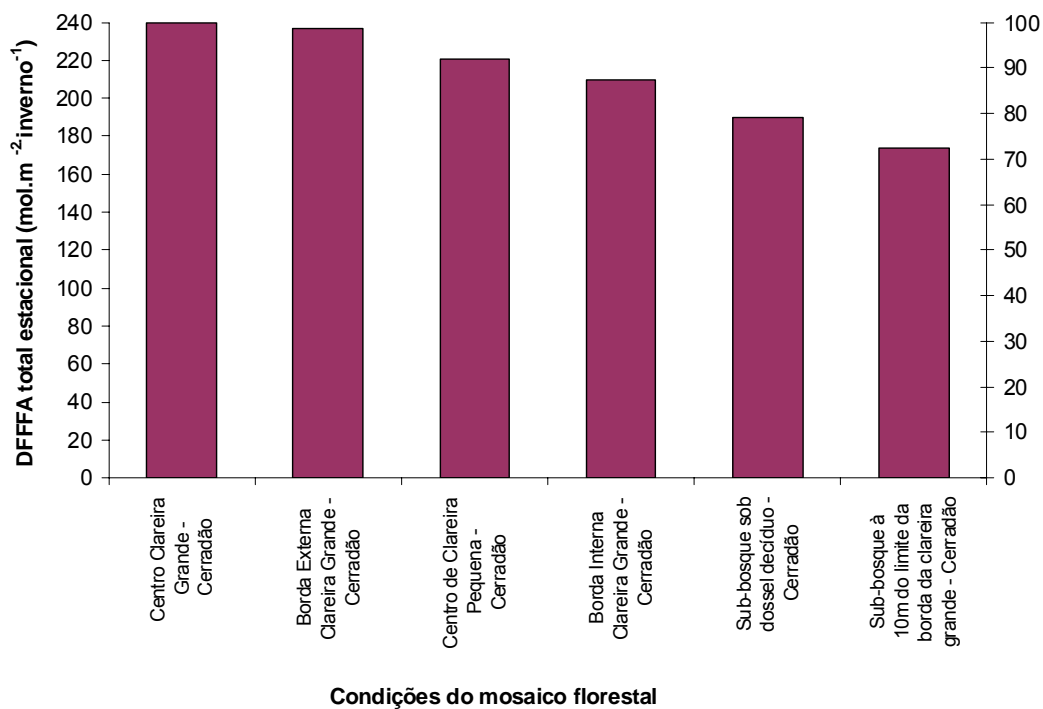


Figura 1.10. Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA – mol. m<sup>-2</sup>.estação<sup>-1</sup>) recebidos por seis sensores de quantum, situados em diferentes locais de um trecho de Savana Florestada (Cerradão) da Estação Ecológica de Assis, Assis(SP) durante o inverno de 2003.

Com base nesses resultados optou-se, a partir de dezembro de 2004, por concentrar o uso dos sensores disponíveis, que já eram restritos, na descrição dos principais regimes de luz observados na Floresta Estacional Semidecidual, na Floresta de Restinga e na Floresta Ombrófila Densa. Pois nessas três florestas, as diferenças internas, entre micro-sítios, dos regimes de luz se mostraram mais acentuadas e assim na segunda fase do presente estudo, a partir de 2005, as novas coletas de dados procuraram demonstrar a amplitude de variação dentro de cada uma das principais condições nelas existentes (clareiras, sub-bosque sob dossel perenifólio e sub-bosque sob dossel decíduo).

Em cada uma dessas florestas, a 1,50 m do chão, quatro sensores foram colocados dentro de diferentes clareiras, três sensores em diferentes trechos de sub-bosque sob a copa de três espécies perenifólias do dossel e três sensores sob a copa de três espécies decíduas do dossel, perfazendo um total de nove sensores dentro de cada uma das parcelas permanentes de cada tipo florestal (Tabela 1.5).



Tabela 1.5. Identificação dos sensores, do local e da condição específica na qual eles se encontram alocados dentro ou fora da floresta, na segunda fase de amostragem, a partir de dezembro de 2004.

Sensor	Local	Condição específica
Sensores 1, 2 e 3	Clareira Média ou Grande	Centro da clareira (3 clareiras distintas)
Sensores 4, 5 e 6	Sub-bosque	Sob copa de uma árvore decídua do dossel (3 espécies arbóreas distintas)
Sensores 7, 8 e 9	Sub-bosque	Sob copa de uma árvore perenifólia do dossel (3 espécies arbóreas distintas)
Sensor 10	Clareira Pequena	Dentro da clareira
Sensor 11	Fora da Floresta	Numa área aberta pleno Sol

Um novo banco de dados foi organizado pra essa segunda coleção de dados de luz. As coletas de dados e a manutenção dos equipamentos no campo devem prosseguir nessa condição até pelo menos março de 2006, quando completam pouca mais de um ano de coleta contínua.

Um acompanhamento de longo prazo com sensores é uma tarefa difícil e por isso poucos dados existem na literatura produzidos com essa metodologia (Rich et al. 1993, Whitmore et al., 1993). Entre os muitos problemas observados ao longo desses anos, podemos destacar a pane aleatória de alguns sensores, a pane geral do registrador, a interrupção de registros por alguns dias sem motivo aparente, a queda de galhos e troncos sobre ou a lado de sensores danificando o equipamento, ou obstruindo a coleta de dados, o ataque de animais à fiação, falhas no suprimento de energia, roubo de equipamentos etc.

O conjunto desses problemas tem feito com que a planejada disponibilidade simultânea de dados de diferentes pontos da floresta, entre florestas, entre períodos, bem como a replicação de medidas em condições previamente estabelecidas venha sendo parcialmente comprometida.

Todavia, essa é uma limitação real oriunda da manutenção de equipamentos sensíveis em condições adversas de campo, como indisponibilidade de fornecimento regular de energia, excessiva umidade e calor, em locais sujeitos ao ataque de animais, roubo e queda de galhos ou plantas inteiras.

Espera-se encerrar essa coleta inicial de dados no primeiro semestre de 2006 (março), obtendo-se séries reais, de longo período desses dados de luz nas diferentes situações desses tipos florestais, e a partir disso, estabelecer estratégias de análises desses dados, que permitam sustentar uma redefinição da coleta de dados de luz nessas florestas nos próximos anos, inclusive re-coletando dados que por algum motivo foram perdidos nesses anos ou coletando dados ainda não disponíveis, como a distribuição vertical da radiação nesses ambientes dessas diferentes florestas.



### *1.2.3.2 Descrição e análise dos regimes de luz, usando fotografias hemisféricas em micro-sítios da floresta.*

Após muitas dificuldades metodológicas, logísticas e de funcionamento do equipamento para obtenção no campo de fotos hemisféricas digitais dos diferentes micro-sítios desses tipos florestais, está agora em andamento, a caracterização do regime indireto de luz em clareiras e áreas de sub-bosque dessas formações, no sub-projeto de Renato Augusto Ferreira Lima (capítulo sobre clareiras). Para tanto, está sendo utilizada uma lente hemisférica Nikon 8mm, acoplada numa câmera fotográfica digital Nikon Coolpix 950. As fotos estão sendo tomadas com o auxílio de um tripé, a 1,5m acima do solo, com o topo da foto sempre orientado para o Norte Magnético e sempre ao entardecer ou ao amanhecer (evitando luz solar direta) e em duas condições atmosféricas (totalmente nubladas e totalmente sem nuvens).

A programação empregada utiliza as opções autofoco, com exposição e a abertura da câmera ao infinito. Para evitar tremores o disparador automático da câmera está usado, além de compensações de exposição entre -1,0 a -0,7eV. O programa HEMIVIEW será usado para analisar as fotos, que fornecerão "site factors" diretos e difusos.

Os valores assim obtidos serão usados apenas para comparar os regimes de luz entre cada uma das parcelas amostradas, nas diferentes formações, não havendo a necessidade de se fazer correções de possíveis distorções da lente ou qualquer tratamento especial das imagens digitais.

Esses procedimentos estão sendo feitos no período do verão e do inverno.

### *1.2.3.3 Descrição e análise dos regimes de luz, usando a metodologia de imageamento do dossel nos 4 (quatro) tipos florestais estudados.*

O imageamento do dossel consiste na simulação dos padrões de irradiação solar incidente sobre uma superfície que corresponda ao dossel de um trecho estudado de floresta. Sua construção se inicia com a elaboração de um modelo digital do terreno onde está a floresta em estudo, cuja superfície foi construída não a partir da superfície do solo, mas da superfície formada pelas copas das árvores do dossel e do estrato emergente.

No projeto Parcelas Permanentes essa superfície será elaborada pelo uso do programa Solar Analyst.

Com base nos dados do levantamento topográfico das quatro áreas estudadas, modelos digitais do terreno (DEM) já foram construídos estando disponível também o levantamento fitossociológico de cada floresta, que fornecerá as alturas das árvores do dossel e simulação da sua superfície.

A análise dos dados das estimativas de altura das árvores do dossel feitas nas parcelas permanentes das quatro florestas considerou que existem inconsistências que não puderam ser ainda resolvidas, uma vez que na estimativa das alturas do dossel existe uma margem importante de erro relacionada ao observador que faz essas estimativas. O fato de diferentes pesquisadores ter estimado as alturas numa mesma parcela permanente de 10ha e entre as parcelas das diferentes formações (40ha), certamente gerou grande variação dos dados, mesmo apesar do



treinamento prévio desses coletores de dados no campo, diferenças essas que precisam ser analisadas.

Se para medição dos perímetros das árvores, que é uma medida direta dos troncos, o que reduz muito a margem de prováveis erros ou de inconsistências, já foram constatadas algumas poucas inconsistências, supõe-se que para a estimativa da altura dos troncos, como não foram feitas medidas diretas e sim estimativas da altura baseadas na altura de algum elemento de referência, com a tesoura de alta poda, que atinge no máximo 15 metros de altura, esse dado tem grande subjetividade, relacionada à estimativa do observador empregado e com as dificuldades de observação do topo das copas, dada a própria complexidade da vegetação e do relevo locais.

Assim, optou-se por enquanto em não se utilizar os dados da superfície do dossel, até que as dificuldades encontradas possam ser solucionadas, optando-se por se fazer inicialmente uma análise, para as quatro áreas, do padrão de incidência da radiação solar em relação à superfície do terreno e não do dossel.

Essa análise encontra-se em processo de execução e em breve estará disponível.

Por outro lado a partir do trabalho de mestrado da aluna Mariana Meireles Pardi, que está sendo desenvolvido na Floresta de Restinga da Ilha do Cardoso, poder-se-á fazer uma análise efetiva da incidência na superfície do dossel e poder-se-á compará-la com a análise feita apenas com base na superfície do terreno. Essa aluna desenvolve na Floresta de Restinga, uma avaliação do regime indireto de luz que cada indivíduo arbustivo-arbóreo está submetido na floresta, a partir da caracterização da sua posição e da cobertura sobre o indivíduo amostrado na comunidade. Na coleta dos dados de campo, a Mariana está re-checando sozinha, a estimativa de altura anterior de cada um dos indivíduos amostrados, o que permitirá ter mais uma estimativa das alturas (baseada num mesmo observador), para confrontação com as estimativas anteriores. Terminada essa coleta de dados poder-se-á avaliar então as concordâncias e discordâncias entre os imageamentos baseados na superfície do terreno e na superfície do dossel, e as possibilidades de aproveitamento de cada um desses dados na discussão dos padrões observados na vegetação.

#### *1.2.3.4 Descrição e análise de situações da floresta que indiretamente descrevem a distribuição de micro-sítios de luz*

Mesmo com todas as dificuldades, muitos métodos foram e vêm sendo empregados para obter, direta ou indiretamente, uma descrição da quantidade e qualidade da luz disponível dentro de uma floresta (Chazdon, 1987).

Essa descrição é fundamental para o conhecimento da dinâmica florestal, pois busca apontar preferências das espécies e grupos ecológicos dentro dos regimes de luz e, com isso melhor estruturar as formas de conservação, manejo e restauração de ecossistemas florestais.

Mesmo levando em consideração que métodos diretos são os mais adequados para descrição dos regimes de luz, geralmente são caros e com pouca resolução espacial,





principalmente se executados com sensores de quantum que medem diretamente a radiação fotossinteticamente ativa.

Uma alternativa para essas limitações é a complementação desses métodos diretos, com métodos indiretos, permitindo a complementação dos resultados e uma boa descrição dos regimes de luz.

Existem várias formas e perspectivas de se quantificar a luz de forma indireta numa floresta (Gandolfi, 2000), sendo a caracterização estrutural da floresta em questão, a base para a construção desses métodos indiretos.

Gandolfi (2000) propôs um método que descreve a posição e o tipo de cobertura a que cada árvore se encontra dentro da floresta, informação que indiretamente serve para indicar o regime de luz ao qual cada indivíduo está submetido e foi denominado de “categorias de posição e cobertura” ou ainda de “categorias de regimes indiretos de luz”.

Esse método consiste na identificação da posição e da cobertura em que cada indivíduo arbustivo-arbóreo se encontra na estrutura tridimensional da floresta, ou seja, no reconhecimento da sua posição vertical (dossel e sub-bosque) ou horizontal (clareira e dossel) e, do tipo de cobertura sob ao qual o mesmo está submetido (pleno sol, sob árvores decíduas ou perenifólias).

O método pode ser aplicado durante a realização do levantamento fitossociológico de uma floresta, ou como no projeto Parcelas Permanentes, após os levantamentos florístico e fitossociológico terem sido realizados, visando não prejudicar a coleta inicial de dados da floresta. Sua aplicação não depende do conhecimento prévio da composição florística local, nem depende de aqueles que o executem conheçam as espécies que estarão sendo caracterizadas. Também não há necessidade do uso de nenhum equipamento especializado, bastando apenas o uso dos materiais normalmente empregados em estudos florístico-fitossociológicos.

A determinação da posição e da cobertura de cada indivíduo dentro da floresta se baseiam fundamentalmente na observação visual feita no campo, com possíveis acréscimos posteriores, feitos no laboratório com base na observação dos dados de campo ou através da literatura.

A proposição de que as posições e coberturas representam regimes de luz distintos se baseou numa amostragem dos regimes de luz, feita com medidas diretas realizadas com sensores de quantum (Gandolfi, 2000). Esta amostragem, que reconheceu os principais e mais frequentes regimes de luz existentes na floresta e assim, se estabeleceu uma correspondência entre esses regimes de luz e as posições e coberturas que cada indivíduo arbustivo-arbóreo podia ser encontrado na floresta estudada.

A combinação de posições coberturas descreve uma condição na floresta denominada de “micro-sítios de luz”, sendo atribuído a cada micro-sítio uma denominação específica.

O número de micro-sítios descritos varia com os regimes de luz existentes numa floresta e com os objetivos do trabalho pretendido, no seu trabalho Gandolfi (2000) utilizou oito categorias.

Para a aplicação desse método se faz necessário à delimitação das clareiras que nas aplicações citadas, foram consideradas uma área sem dossel. A clareira foi delimitada nesses



casos a partir de uma adaptação do método de Runkle (1981), ou seja, forma-se um polígono que liga árvores do dossel que formam o entorno dessa abertura, escolhendo-se as árvores do entorno a partir da altura do dossel da ou trecho de floresta em estudo.

Após a delimitação da clareira, apontam-se os limites da borda da clareira, que é uma faixa de 2m, que se divide em 1m para dentro da linha de marcação da clareira (base do tronco das árvores utilizadas para o fechamento do polígono) e 1m para fora da linha de marcação da clareira.

A experiência inicial de aplicação desse método foi feita numa Floresta Estacional Semidecidual (Gandolfi, 2000), e permitiu identificar potencialidades e dificuldades inerentes à sua aplicação prática, apontando a necessidade desse método ser testado e replicado em diferentes florestas e/ou trechos de uma mesma floresta, a fim de se obter uma análise mais consistente da utilidade do mesmo na caracterização de tendências de ocupação de cada espécie e/ou grupo ecológico em relação a determinados regimes de luz dentro da floresta.

Até o momento, esse método foi aplicado em duas Florestas Estacionais Semidecíduais, uma em Campinas (Gandolfi, 2000) e outra em Gália (mestrado de Ana Cláudia Costa Destefani, que é um dos sub-projetos do Projeto 40ha de Parcelas Permanentes), já em fase de conclusão e está sendo aplicado também numa Floresta de Restinga (dissertação de mestrado de Mariana Meireles Pardi, outro sub-projeto do projeto 40ha de Parcelas Permanentes) ainda em andamento.

Vejamos a seguir alguns resultados da aplicação desse método por essas duas autoras.

#### 1.2.3.4.1 “Espécies arbustivo-arbóreas em diferentes microsítios de luz em 10ha de Parcela Permanente na Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica dos Caetetus), Gália, SP”

Ana Cláudia Costa Destefani

O sub-projeto da mestranda Ana Cláudia encontra-se já em fase de conclusão (Destefani, 2006), aguardando apenas a fase de defesa, que está agendada para 10/04/2006.

Os objetivos desse trabalho foi a caracterização da distribuição dos indivíduos e espécies arbustivo-arbóreas presentes nos 10ha da Parcela Permanente da Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica dos Caetetus em Gália SP), em relação a 15 categorias de posição e cobertura, e a identificação de problemas e possibilidades no uso desse método.

A aplicação desse método nessa floresta indicou a existência de algumas dificuldades e propiciou a busca de algumas soluções no sentido de melhorar a uso do método, bem como forneceu resultados importantes relacionados à dinâmica de clareiras.

Devido as dificuldades de reconhecimento no campo das doze categorias do trabalho de Gandolfi (2000), a Ana Cláudia no seu projeto revisou o uso dessas categorias de "posição e cobertura" expandindo o número de categorias de reconhecimento no campo, para 15. Esse maior número surgiu do desdobramento de algumas categorias anteriores e do reconhecimento de novos regimes indiretos de luz observados na Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus.



Na análise final dos dados, essas 15 categorias foram reagrupadas em apenas 11 categorias, uma vez que para muitas delas o número de indivíduos observados foi muito pequeno, de tal forma que a manutenção dessa separação não acrescentava informações adicionais aos padrões observados (Destefani, 2006)

O mesmo procedimento deve ser aplicado no estudo ora em curso na Ilha do Cardoso, onde na coleta de dados no campo está sendo feita também com o uso de 15 categorias.

A Tabela 1.7 mostra a definição de categorias empregada enquanto a figura 1.11 mostra como se pode reconhecer essas categorias no campo.

No estudo desenvolvido por Destefani (2006), o número de indivíduos e as áreas de amostragem utilizadas foram consideravelmente maiores do que acusadas no projeto inicial, totalizando 10.701 indivíduos arbustivo-arbóreos com DAP maior que 4,8cm, distribuídos em 42 famílias, 101 gêneros e 135 espécies. Esse estudo mostrou ser fácil o reconhecimento do local onde cada espécie arbustivo-arbórea ocorre e qual era cobertura sob a qual ele se encontrava permitindo tanto descrever os padrões de ocorrência de cada espécies em relação a esses regimes indiretos de luz, como, ao contrário, usando as espécies para descrever a distribuição desses regimes de luz no espaço da floresta (Tabela 1.6).

Os resultados obtidos pela aplicação desse método podem ser organizados de formas diversas, por exemplo, por espécies, por grupos funcionais, por altura, por estrato, etc.

Quando os dados obtidos com esse método são apresentados em relação a grupos ecológicos (pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias) definidos previamente com o uso da literatura, pode-se comparar a distribuição das preferências observadas com aquela que se poderia esperar pela definição do grupo ecológico em que aquela espécie foi classificada.

Tabela 1.6. Resultados observados da distribuição do número de indivíduos arbustivo-arbóreos presentes numa Parcela Permanente de 10,24ha de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Gália (SP), em cada uma das 11 Categorias Indiretas de Regimes de Luz .

Nº Ind	Categoria Indiretas de Regimes de Luz										
	D	CPS	CPQ	CBPS	CB	CCD	CCP	CLSD	SAD	SDD	SDP
10.701	2.111	3.615	112	235	97	541	655	59	467	1.610	753

Nº Ind: número indivíduos presentes na parcela permanente.

Categorias indiretas de luz: D – dossel; CPS- clareira a pleno sol; CPQ- clareira pequena; CB- clareira borda; CCD- clareira cobertura decídua; CCP- clareira cobertura perenifólia; Cl. Sem dec.- clareira sob cobertura desconhecida quanto a decidualidade; SAD- sob abertura no dossel; SDD- sob dossel decíduo; SDP- sob dossel perenifólio; CLSD. sem dec.- clareira sob cobertura desconhecida quanto à decidualidade.

A quantidade de dados produzida foi muito grande, não podendo ser aqui totalmente reproduzida, mas pode-se adiantar que para algumas espécies como *Urera baccifera*, classificada nos trabalhos como pioneira, os resultados observados foram concordantes com essa classificação prévia, que propunha sua ocorrência em clareiras a pleno sol ou em clareira em cicatrização.

Outras espécies como *Solanum argenteum* também classificada como tipicamente pioneira na maioria dos trabalhos, apresentou, no entanto, um comportamento mais semelhante ao de uma



espécie secundária inicial, ocorrendo preferencialmente nas bordas e interior de clareias e em ambientes menos sombreados do sub-bosque (Destefani, 2006).

Uma melhor classificação das espécies em grupos ecológicos pode ser um dos resultados práticos importantes da aplicação desse método, devendo os dados obtidos com esse método ser associado a outras informações sobre a biologia das espécies estudadas.

Quando a preferência por determinados regimes de luz existentes numa floresta for considerada com um critério importante para auxiliar a alocação das espécies em determinados grupos ecológicos, esse método pode ser uma contribuição relevante, ainda mais se as preferências das espécies observadas resultarem da aplicação repetida desse método numa mesma comunidade e em comunidades diferentes ao longo do tempo.

A melhor alocação pode ter aplicações práticas relevantes, pois pode auxiliar no planejamento de modelos que utilizam plantios para a restauração de áreas degradadas, pois em muitos desses modelos faz-se a distribuição das espécies a serem plantadas segundo seus grupos ecológicos. Muitas vezes, no entanto, essas informações se encontram ausentes para algumas espécies, ou confusa para outras, pois na maioria das vezes não há uma clara definição dos parâmetros usados para a classificação das espécies nos grupos ecológicos.

Tabela 1.7. Descrição das 10 Categorias Indiretas de Regimes de Luz (CIRL) definidas pela posição e cobertura.

Categorias Indiretas de Regimes de Luz (CIRL)		
Código	Posição do indivíduo na floresta	Cobertura sobre o indivíduo
D	No dossel	Mais de 50% da copa a pleno Sol > 10m de altura.
CPS	Centro	Mais de 50% da copa a pleno Sol < 10m de altura
CCP	Centro	Copa sob cobertura perenifólia < 10m de altura
CCD	Centro	Copa sob cobertura decídua < 10m de altura
CBPS	Borda 1m p/ dentro e p/fora da linha de marcação	Mais de 50% da copa a pleno Sol
CB	Borda 1m p/ dentro e p/fora da linha de marcação	Com algum tipo de cobertura
CPQ	Numa clareira pequena	Com ou sem cobertura sobre a copa
SAD	A mais de 1 metro de uma clareira	Sob abertura no
SDP	A mais de 1 metro de uma clareira	Copa sob dossel perenifólio > 10m de altura.
SDD	A mais de 1 metro de uma clareira	Copa sob dossel decíduo > 10m de altura.

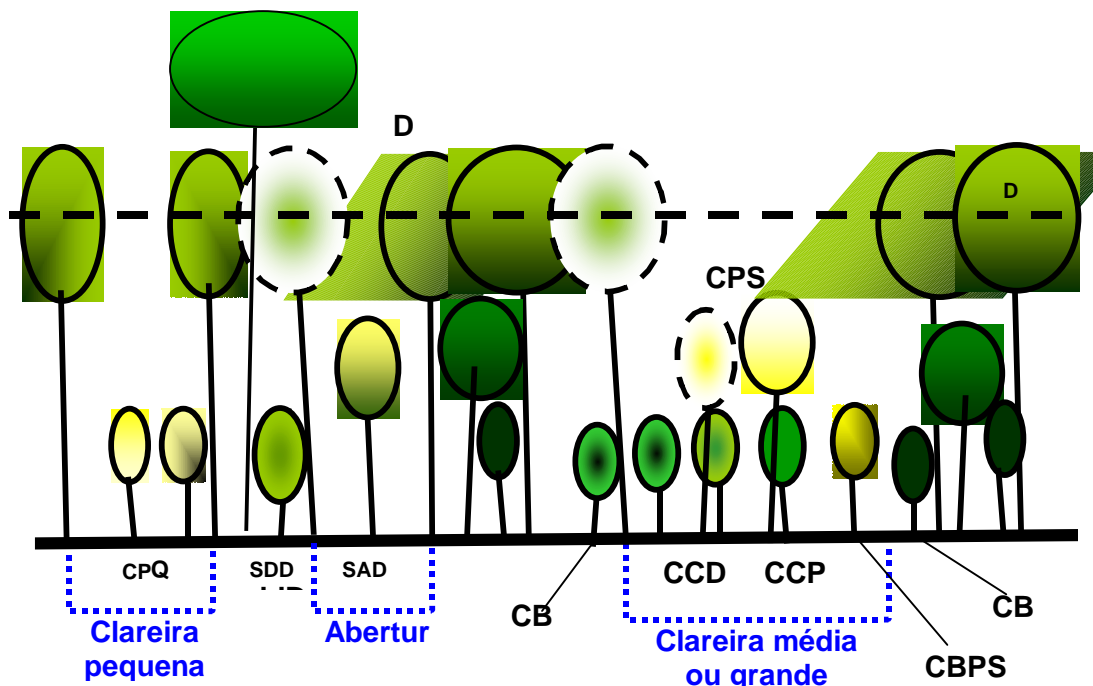


Figura 1.11 Esquema da distribuição das 10 categorias de posição e cobertura no mosaico florestal

Outra aplicação prática desse método, diz respeito a estudos sobre silvicultura tropical, onde, de uma maneira simples e prática, pode-se descrever os padrões de luz a que os indivíduos de uma floresta estão submetidos antes e depois de um manejo florestal, podendo-se se comparar os efeitos desse manejo nos regimes de luz de cada indivíduo ou espécie, e as suas conseqüências silviculturais, como crescimento, sobrevivência, mortalidade, forquilhamento, etc., resultantes dessas mudanças.



Outro dado interessante decorrente da aplicação desse método é a indicação de que espécies são capazes de crescer sobre quais espécies do dossel florestal, uma ferramenta interessante para a compreensão da dinâmica florestal.

O acúmulo de dados compilados com esse método referentes à distribuição das espécies nas diferentes categorias de posição e cobertura, ou micro-sítios de luz, em uma mesma área ou em áreas diferentes permitirá, com o tempo, uma melhor discussão sobre a existência ou não de preferência das espécies por determinados regimes de luz e como eventualmente essa preferência pode ou não variar em diferentes regiões, em diferentes momentos, ou mesmo em diferentes formações florestais.

Considerando-se também que muitas espécies apresentam baixa densidade em florestas tropicais, dificultando o entendimento da relação dessas espécies com regimes de luz, pode-se entrever que com uma futura disponibilidade de informações oriundas da aplicação desse método em vários levantamentos onde elas apresentam abundâncias distintas poderá auxiliar numa melhor compreensão sobre quais são os regimes de luz que essa espécie tolera, auxiliando a sua classificação em grupos funcionais.

A aplicação desse método no projeto Parcelas Permanentes, já evidenciou até o momento duas dificuldades importantes, a indisponibilidade de informações confiáveis na literatura a respeito da fenologia foliar das espécies (decídua ou perenifólia) e a dificuldade em se estabelecimento da altura mínima do dossel empregada nesse método.

Como Ana discute em seu trabalho, a altura mínima do dossel define os limites da clareira, influenciando assim, o tamanho das clareiras e alterando assim o número de indivíduos e espécies que estarão, e que pertencerão à clareira, ou ao dossel.

Esta definição afeta, sobretudo, a definição da posição do indivíduo, mas não à quantidade de luz recebida pelo indivíduo arbustivo-arbóreo. Assim, se um indivíduo está sob a copa de outro indivíduo ele continuará sob ela. De forma semelhante se um indivíduo está a pleno sol, ele continuará a pleno sol, no entanto, dependendo do limite mínimo do dossel, ele pode ser considerado um indivíduo da clareira a pleno sol ou então um indivíduo do dossel, portanto o que muda é sua posição e não sua cobertura.

Portanto, em geral, quanto maior o limite mínimo do dossel maior a clareira, maior o número de indivíduos na categoria clareira a pleno sol (CPS) e menor o número de indivíduos da categoria dossel (D).

Uma maneira proposta, a partir dos estudos no projeto Parcelas Permanentes, para a definição da altura mínima do dossel consiste em caminhar pela área que será amostrada, procurando-se estimar a média da altura total dos indivíduos do dossel, e a profundidade média das copas desses indivíduos. Estabelecido o limite superior do dossel, por exemplo, 20m subtraí-se dele a profundidade média das copas do dossel, por exemplo, 5m, e obtém-se o limite inferior do dossel, 15m. Obtida essa referência, caminha-se pela área observando essa altura condiz com a realidade de campo.



A falta de informações confiáveis na literatura sobre a qual era o grupo ecológico a que pertencia cada espécie amostrada não foi uma dificuldade que atrapalhou a coleta de dados no campo, mas pode dificultar as análises comparativas entre os padrões observados na floresta e os padrões de distribuição esperados para cada espécie dentro da floresta, de acordo com a categoria sucessional a que cada indivíduo pertencia.

A baixa densidade de indivíduos de muitas espécies fez com que não se pudesse discutir adequadamente a distribuição das espécies frente aos regimes de luz existentes na floresta, um aspecto que não decorre do método, mas sim das características das florestas tropicais e subtropicais ricas em espécies.

Uma alternativa a esse problema talvez fosse fixar um número mínimo de indivíduos a serem observados por espécie para então se definir seu padrão de respostas à luz numa da floresta.

Embora atraente essa idéia pode apresentar também problemas, tais como, demandar um esforço de amostragem muito grande, a visita áreas muito extensas e o fato de não permitir uma visão espacial da espécie na comunidade, pois na prática se estaria tratando cada espécie como uma população isolada.

Em relação aos outros métodos indiretos de luz esse método tem uma vantagem por se basear numa observação direta e não em estimativa e por permitir discutir a preferências por determinados regimes de luz a partir de dados quantitativos e não apenas na experiência de campo de cada pesquisador, além de permitir uma avaliação rápida de muitas espécies sem a necessidade de equipamentos caros e sofisticados.

O trabalho ainda em curso na Floresta de Restinga da Ilha do Cardoso pode mostrar um outro aspecto da aplicação desse método, ainda não observado, o de fornecer informações iniciais sobre a distribuição das espécies em relação aos regimes de luz, quando ainda não há uma definição prévia das categorias sucessionais das espécies arbustivo-arbóreas de uma formação florestal. Essa observação permitirá orientar estudos para uma definição dessas categorias e/ou fornecer proposta inicial dessa classificação.

Esses estudos indiretos além de permitir o acompanhamento de longo prazo em relação a cada indivíduo e espécie arbustivo-arbórea do trecho presente na parcela permanente, pode fornecer parâmetros do regime indireto de luz de indivíduos de diferentes classes de altura ou diâmetro, para propostas que pretendam obter a classificação das espécies em grupos funcionais (p.ex. árvores de classificação) e que se utilizem de várias fontes de dados combinados como os relativos aos frutos, às sementes, dados de germinação, estabelecimento, etc.

1.2.3.4.2 “Espécies arbustivo-arbóreas em diferentes micro-sítios de luz, em um trecho de Floresta de Restinga (P.E. da Iha do Cardoso), São Paulo”.

Mariana Meireles Pardi



A partir do reconhecimento dos padrões de distribuição das espécies na Floresta de Restinga, sua relação com os regimes locais de luz, bem uma checagem se estas espécies pertencem aos grupos ecológicos em que se encontram quando situadas em outras formações florestais, poderão ser elaborados modelos de dinâmica e sucessão para florestas de Restinga, que podem ser aplicados tanto nos planejamentos de restauração ecológica como de manejo.

Os objetivos específicos desse projeto foram:

- Descrever os padrões de distribuição dos indivíduos das espécies amostradas em 15 categorias de posição/cobertura na parcela permanente situada em uma Floresta de Restinga;
- Relacionar essas 15 categorias com os regimes de luz que estão sendo identificados com o uso de sensores de radiação fotossinteticamente ativa e outros estudos dentro do projeto temático ora em curso;
- Classificar as espécies em grupos ecológicos;
- Comparar e discutir a distribuição dos indivíduos de cada espécie e cada grupo ecológico nessas 15 categorias e correlacionar tal distribuição com os resultados do estudo em execução na Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica dos Caetetus).

A área de estudo foi a Parcela Permanente de 10,24 ha de Floresta de Restinga, instalada no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (SP), onde foram amostrados 16.938 indivíduos arbustivo-arbóreos com DAP (diâmetros a altura do peito) <sup>3</sup> 4.8 cm, ou PAP (perímetro a altura do peito) (Rodrigues, 2004; dados não publicados), cujo dossel varia entre 15 e 17 metros.

Como já discutido anteriormente, uma das dificuldades do método refere-se a identificação do dossel. O dossel é definido como um conjunto de árvores a pleno sol (50% ou mais de suas copas permanentemente expostas ao sol) e que devido à sua altura formam o estrato superior e contínuo da floresta. Sendo a altura mínima para pertencer ao dossel variável de acordo com a realidade local.

A análise os dados do levantamento fitossociológico e da estimativa visual do dossel da floresta na Parcela Permanente da Floresta de Restinga, mostrou que a altura do dossel variou entre 15 e 17 metros e que a profundidade das copas varia de 4 a 5 metros, Isso permite concluir que deveriam ser consideradas nessa metodologia, as árvores com altura mínima de 12 metros.

No entanto, após o início do trabalho de campo, constatou-se que esas características do dossel variavam no espaço e que alguns trechos prevalecia um dossel variando entre 8 e 15 metros, e que a profundidade das copas pode não ser um bom parâmetro na definição da altura mínima, e sim as características sucessionais da floresta, pois a altura mínima escolhida para delimitar as clareiras influi diretamente no que será amostrado como clareira, preenchimento ou floresta madura.

Com a altura de 12 metros, pouco da floresta estava sendo amostrado como floresta madura e áreas com dossel de 10 metros como preenchimento, quando se constata que em





Florestas de Restinga, apesar de algumas vezes haverem árvores de até 20 metros, o dossel geralmente não ultrapassa os 16 metros e por isso o dossel de 10 metros é composto por árvores maduras.

Sendo assim, a, concluiu-se que nesta área de estudo as árvores de mais de 12 metros compõem áreas mais maduras da floresta, e que será mais interessante para o que se pretende amostrar, se fossem consideradas pertencentes ao dossel as árvores com altura mínima de 9 metros. Com isto, as clareiras em preenchimento (já com o dossel formado, mas sem este apresentar 9 metros de altura), foram bem amostradas, bem como as clareiras recém formadas, com árvores de no mínimo 9 metros em seu entorno.

A definição de clareira empregada seguiu Gandolfi (2000) e correspondeu a um polígono, ao nível do chão, construído com linhas retas que unem a base dos troncos das árvores do entorno da clareira. São consideradas como árvores do entorno da clareira aquelas pertencentes ao dossel (altura mínima de 9 metros e copa a pleno sol), vizinhas entre si, que delimitam no dossel um espaço aberto, não ocupado por copas, com dimensões maiores do que 40m<sup>2</sup>. As árvores do entorno da clareira permitem delimitá-la, mas não pertencem a ela e sim ao dossel.

Foram considerados como pertencentes a essa posição todas as plantas encontradas dentro das áreas demarcadas como clareiras, excetuadas apenas aquelas que, embora dentro da clareira, apresentem altura igual ou superior a 9 metros, pois essas serão consideradas também como pertencentes ao dossel.

As clareiras podem ser classificadas em:

- - Clareira pequena - clareira cujo polígono ao nível do chão possua área entre 40 e 150 metros quadrados.
- - Clareira grande - clareira cujo polígono ao nível do chão possua área maior que 150 metros quadrados.

A partir da definição dos regimes indiretos de luz, de todos os indivíduos amostrados irá se verificar se existem correlações entre determinadas espécies e os regimes de luz em que se encontram.

A partir das análises de frequência das espécies nas distintas categorias de regimes indiretos de luz será possível analisar se é possível propor uma classificação das espécies em grupos ecológicos se comparará essa classificação com outra, também de grupos ecológicos, realizada apenas de dados da literatura para essa unidade fitogeográfica.

Após esta classificação será feita comparação com informações obtidas a partir de diferentes fontes bibliográficas para as mesmas espécies que se desenvolvam também em outras formações florestais, em busca de entender se há indícios que a luz pode ser considerada um fator determinante da distribuição das espécies na Floresta de Restinga.

Para isto os resultados deste trabalho serão também correlacionados com os dados referentes ao tipo de solo e dinâmica da água no mesmo, que são muito peculiares nas florestas de restinga.



Até o momento, já foram classificados aproximadamente 9.348 indivíduos, totalizando 119 das 256 sub-parcelas de 20x20m.

Foram demarcadas 60 clareiras de tamanhos variados, sendo a maioria delas enquadradas em “clareira grande” de acordo com o método aqui descrito.

Uma grande dificuldade observada no campo e inerente ao método é a definição da altura mínima que as árvores devem ter para fazerem parte do dossel, devido à subjetividade da definição deste parâmetro.

Uma solução encontrada pela aluna e seu orientador foi aquela descrita no método, na qual se procura estudar a caracterização da área além de buscar na literatura conhecimentos sobre a formação florestal estudada e observação da área do entorno. Somente desta forma se pode concluir, ainda assim com certa subjetividade, em que altura o dossel precisa se encontrar para caracterizar clareira, floresta em preenchimento ou madura.

Outra é a aplicação de algumas definições do método em campo. Algumas árvores do sub-bosque se encontram abaixo de mais de uma árvore do dossel, sendo estas de espécies diferentes. O que foi considerado foi a que cobria a maior parte da copa, mesmo que não chegasse a 50%. Além disso, muitas árvores do sub-bosque se encontram sob uma árvore que por sua vez está abaixo de outra árvore do dossel, de espécies diferentes.

Deve ser levado em conta também, que tanto para demarcação das clareiras como para determinação de qual árvore está sobre outra, cada pessoa tem um ponto de vista diferente, muitas vezes havendo discordância entre duas pessoas. Devido a isso a aluna acha interessante que apenas um observador seja responsável pela caracterização de uma mesma área de estudo, para padronização da observação.

Como parte do processo de melhoria do método sugere-se uma chave de identificação da categoria de posição e cobertura para ser utilizada no campo (Tabela 1.8).



Tabela 1.8. Chave dicotômica para a campo no identificação, das Categorias Indiretas de Regimes de Luz.

1. Indivíduo a pleno sol	2
1a. Indivíduo sombreado	8
2. Indivíduo com altura de no mínimo 9 metros.	3
2a. Indivíduo com menos de 9 metros de altura	4
3. Copa acima do limite inferior e até o limite superior das copas que forma o dossel	D
3.a. Copa acima do limite superior das copas que forma o dossel	E
4. Sob uma abertura no dossel	SAD
4.a. Numa clareira.	5
5. Numa clareira pequena	CPQ
5a. Numa clareira grande	6
6. No centro de uma clareira grande	CPS
9.a. Na borda de uma clareira grande	7
7. Até um metro da linha em direção ao interior da clareira grande	CBIPS
7.a. Até um metro em direção ao interior do sub-bosque(exterior da clareira)	SBECPS
8.. Localizado próximo a uma clareira	9
8.a. Localizado no sub-bosque distante de uma clareira	16
9. Localizado próximo, para dentro ou para fora, da linha que delimita uma clareira grande	10
9.a. Localizado próximo à linha que delimita uma clareira pequena	16
10.a Em direção ao interior de uma clareira grande	11
10.a. Em direção ao exterior clareira grande	14
11. A partir da linha que delimita uma clareira grande até um metro m direção ao seu interior	12
11.a. Para além de um metro em direção ao interior, a partir da linha que delimita uma clareira grande	13
12.Sombreado por uma árvore perenefólia	CBIDP
12.a. Sombreado por uma árvore decídua	CBIDD
13. Sombreado por uma árvore perenefólia	CCP
13.a. Sombreado por uma árvore decídua	CCD
14. A até um metro em direção ao exterior, a partir da linha que delimita uma clareira grande	15
14.a. Para além de um metro em direção ao exterior, a partir da linha que delimita uma clareira grande	16
15. Sombreado por uma árvore perenefólia	SBEDP
15.a. Sombreado por uma árvore decídua	SBEDD
16. Sombreado por uma árvore perenefólia	SDP
16.a. Sombreado por uma árvore decídua	SDD



Como se pode observar a caracterização dos regimes de luz por diferentes métodos está se desenvolvendo através de vários projetos e apesar das dificuldades encontradas, estão sendo encontradas soluções par a correção dos problemas encontrados, sendo que ao longo de 2006, boa parte dessa caracterização inicial estará concluída podendo-se não priorizar alguns aspectos específicos dessas florestas que estão emergindo desses dados iniciais.

## **Referências Bibliográficas**

- Aidar, M.P.M.; Martinez, C.A.; Costa, A.C.; Costa, P.M.F.; Dietrich, S.M.C. & Buckeridge, M.S. 2002. Effect of atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment on the establishment of seedlings of jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Biota Neotropica* 2(1).
- Arrhenius, S. On the Influence of carbonic acid in the air upon the temperature of ground. *Philosophical Magazine*, v.41, p.237. 1896.
- Assad, E. D., Pinto, H.S., Zullo Junior, J. Ávila, A.M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, nov. 2004.
- Avissar, R. A statistical-dynamic approach to parameterize subgrid-scale land-surface heterogeneity in climate models. *Survey Geophysical*, v.12, p.155-178, 1991.
- Barton, A.M.; Fetcher, N. and Redhead, S. (1989). The relationship between trefall gap size and light flux in a Neotropical Rain Forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 5: 437-439.
- Bloor, J.M.G. and Grubb, P.J.(2003) Growth and mortality in high and low light: Trends among 15 shade-tolerant tropical rain forest tree species. *Journal of Ecology* 91:77-85.
- Brokaw, N. and Busing, R.T. (2000) Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. *Trends in Ecology and Evolution* 15(5):183-197.
- Brown Jr, K.S. & Ab' Saber, A. N. Ice-age forest refuges and evolution in the neotropics: correlation of paleoclimatological, geomorphological and pedological data with modern biological endemism. *Paleoclimas* 5: 1-30. 1979.
- Camargo, A.P. & Sentelhas, P.C. 1997. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, 5(1):89-97.
- Chazdon, R.L. (1987). Aspectos importantes para el estudio de los regimes de luz en bosques tropicales. *Revista da Biologia Tropical*. 35 (Supl.): 191-196.
- Chazdon, R.L. and Pearcy, R.W. (1991). The importance of sunflecks to forest understorey plants. *BioScience* 41(11):760-766.
- Chazdon, R.L. and Whitmore, T.C. (2002) *Foundations of Tropical Forest Biology: Classic Papers with Commentaries*. The University of Chicago Press, Chicago, USA, 862p.
- Cooter, E.L.; Leduc, S. Recent Frost data trends in northwest US. *International Journal of Climatology*. V.15, p. 65-75, 1995.
- Costa, R. F.; Pereira, A.R.; Fisch, G.F.; Culf, A.; Malhi, Y.; Nobre, C.A.; Nobre, A.D. A mitigação do CO<sub>2</sub> atmosférico na Amazônia brasileira central durante um período seco. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 8, n. 1, p. 275-281, 2000.
- Denslow, J.S. (1980). Gap partitioning among Tropical Rainforest succession trees. *Biotropica* (Suppl.) 12:47-55.
- Denslow, J.S. (1987). Tropical Rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:431-451.



- Destefani, A.A.(2006) Espécies arbustivo-arbóreas em diferentes micro-sítios de luz numa Floresta Estacional Semidecidual no município de Gália, SP., Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 256 p.
- Dobson, A.; Jolly, A.; Rubenstein, D. The greenhouse effect and biological diversity, *Tree*, v.4, n.3, p.64-67, 1989.
- Donnelly MA, Crump ML Potential effects of climate change on two neotropical amphibian assemblages. *Climate Change*. V. 39, p.541–561. 1998.
- Eamus, D. The interaction of rising CO<sub>2</sub> and temperatures with water use efficiency. *Plant Cell Environment*. V.14, p.843-852, 1991.
- Easterling, D.R. Recent changes in frost days and frost-free season in the United States. *Bulletim of the American Meteorological Society*. V.83, p. 1327-1332. 2002.
- Ferreira, S.J.F. et al. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 35(1):55-62, 2005.
- Forni-Martins, E.R. & Martins, F.R, 2000. Chromosome studies in plants of the Brazilian "cerrado". *Genetics and Molecular Biology* 23(4): 947-955.
- Friend, A.D.; Cox, P.M. Modelling the effects of atmospheric CO<sub>2</sub> on vegetation-atmosphere interactions. *Agricultural and Forest Meteorology*. V. 73, n.3-4, , p. 285-295, 1995.
- Gandolfi, S. (2000) História natural de uma Floresta Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil), Tese de doutoramento, Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP, Vol.1 e 2, 520p.
- Gandolfi, S. (2003) Regimes de luz em Florestas Estacionais e suas Possíveis Conseqüências. In: Claudino-Sales, W. (Org.). *Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação*. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza. BR, p. 305-311.
- Grace,J.; Lloyd, J.; McIntyre, J.; Miranda, A.C.; Meir, P.; Miranda, H.S.; Moncrieff, J.; Massheder, J.; Wright, I.; Gash, J. Fluxes of carbon dioxide and water vapour over an undisturbed tropical Forest in South-West Amazonia. *Global Change Biology*, v.1, p.1-12, 1995a.
- Grace,J.; Lloyd, J.; McIntyre, J.; Miranda, A.C.; Meir, P.; Miranda, H.S.; Nober, C.A.; Moncrieff, J.; Massheder, J.; Mahli, Y.; Wright, I.; Gash, J. Carbon dioxide uptake by an undisturbed tropical rain forest in South-West Amazonia, 1992-1993. *Science*, v.270, p.778-780, 1995b.
- Grace,J.; Lloyd, J.; McIntyre, J.; Miranda, A.C.; Meir, P.; Miranda, H.S. Carbon dioxide flux over Amazonian rain Forest in Rondônia. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. *Amazonian Deforestation and Climate*. 1996. John Wiley & Sons: New York. Pp. 307-318. 1996.
- Halpin, P.N. Global climate change and natural area protection: management responses and research directions. *Ecological Applications*: Vol. 7, No. 3, pp. 828–843.
- Hartshorn,G.S. (1978). Tree falls and tropical forest dynamics. In: Tomlinson, P.B. & Zimmermann, M.H. (eds.) *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University Press, New York, USA, pp. 617-638.
- Hogan , K.P. and Machado, J.L. (2002) La Luz Solar: Consecuencias biológicas y medición. *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Ediciones LUR, Cartago, Costa Rica, p. 119 – 143.
- Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguera, M. van der Linden, P.J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C.A. (Eds.), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis, The Third Assessment Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Houghton, R.A. Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. *Climate change*, v.19, p.99-118, 1991.



- Hulme, M.; Barrow, E. M.; Arnell, N.W.; Harrison, P.A.; Johns, T.C.; Downing, T.E. Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. *Nature*, 397, 688 - 691 1999.
- Hunter, M.L.; Jacobson Jr., G.L.; Webb III, T. Paleoecology and the coarse-filter approach to maintaining biological diversity. *Conservation Biology*, v.2, p.375-385. 1988.
- Joly, C.A. A Mata Atlântica e o aquecimento global. [www.comciencia.br/reportagens/clima/clima15.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima15.htm). 2002. Acesso em novembro de 2005.
- Joly, C.A., Aidar, M.P.M., Klink, C.A., McGrath, D.G., Moreira, A.G., Moutinho, P., Nepstad, D.C., Oliveira, A. A., Pott, A., Rodal, M.J.N. & Sampaio, E.V.S.B. "Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation". *Ciência e Cultura* 51 (5/6) 331-368. 1999.
- Kahl, J. D., Charlevoix, D. J.; Zaftseva, N. A., Schnell, R.C., Serreze, M. C.; Absence of evidence for greenhouse warming over the Arctic Ocean in the past 40 years. *Nature*. v.361, p.335-337, 1993.
- Lieberman, M.; Lieberman, D. & Peralta, R. (1989) Forest are not just a swiss cheese: Canopy stereogeometry of non-gaps in Tropical Forests. *Ecology* 70(3):550-552.
- Loope LL, Giambelluca TW. Vulnerability of island tropical montane forest to climate change, with special reference to East Maui, Hawaii. *Climate Change*. v.39, p.503-517. 1998.
- Lyra, R., Souza, S.S., Fisch, G. Comparação floresta-pastagem através dos balanços à superfície, durante a estação seca. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10. 1997. p.552-554.
- Malcolm J. R. A model of conductive heat flow in forest edges and fragmented landscapes. *Climatic Change* 39:487-502. 1998.
- Markhan, A.; Malcolm, J. Biodiversity and wildlife: adaptation to climate change. In: Smith, J.B.; Bhatti, N.; Menzhulin, G.V.; Benioff, R.; Campos, M.; Jallow, B.; Rijsberman, F.; Budyko, M.I.; Dixon, R.K. *Adapting to climate Change: An international perspective*. 1996. Springer: New York. Pp.384-401.
- Mata, L.J. A study of climate change impacts on the forests of Venezuela. In: Smith, J.B.; Bhatti, N.; Menzhulin, G.V.; Benioff, R.; Campos, M.; Jallow, B.; Rijsberman, F.; Budyko, M.I.; Dixon, R.K. *Adapting to climate Change: An international perspective*. 1996. Springer: New York. pp.347-358.
- McCarthy, J.J.; Canziani, O.F.; Leary, N.A.; Dokken, D.J.; White, K.S. (eds.) 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mcneely, J.A. Climate change and biological diversity: policy implications. In: Boer, M.M.; Groot, R.S. (eds.) *Landscape ecological impacts of climate change*, pp. 406-428, IOS Press, Amsterdam, 1990.
- Meir, P.; Grace, J.; Miranda, A.; Lloyd, J. Soil respiration in rainforest in Amazônia, and in Cerrado in central Brazil. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. *Amazonian Deforestation and Climate*. 1996. John Wiley & Sons: New York. Pp. 319-331. 1996.
- Menzhulin, G.V.; Savvateyev, S.P.; Cracknell, A.P.; Boken, V.K. Climate Change, global warming, and agricultural droughts. In: Boken, V. K.; Cracknell, A.P.; Heathcote, R.L. *Monitoring and predicting agricultural drought: a global study*. Oxford University Press. New York. p.429-449. 2005.
- Morison JIL, Gifford RM (1984) Plant growth and water use with limited water supply in high CO<sub>2</sub> concentrations. I. Leaf area, water use and transpiration. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.11, p.361-374. 1984.
- Muniz, M.R.A. (2004) Estudo do regime de luz nas quatro principais formações fitogeográficas no estado de São Paulo durante o inverno do ano de 2003. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 169p.



- Nabuurs, G.J.; Pussinen, A.; Karjalainen, T.; Erhard, M.; Kramer, K. Stemwood volume increment changes in European forest due to climate change – a simulation study with the EFISCEN Model. *Global Climate Change*, 2002, v.8, p.304-316, 2002.
- Nadkarni, N.M., Solano, R. Potential effects of climate change on canopy communities in a tropical cloud forest: an experimental approach. *Oecologia*, v. 131, p.580–586, 2002.
- NEWMAN, P. "What's happening to stratospheric ozone over the Arctic, and why?". Conferencia U.S. Global Change Research Program Seminar Series. 31 July. Washington D.C., 2000.
- Nie D, He H, Kirkham MB, Kanemasu ET Photosynthesis of a C3 grass and a C4 grass under elevated CO2. *Photosynthetica* 26:189-198, (1992)
- Nobre, C.A.; Sellers, P.J.; Shulkla, J. Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, v.4, p.957-988. 1991.
- Oberbauer, S.P.; Clarck, D.B.; Clarck, D.A & Quesada, M. (1988). Crown light environments of saplings of two species of Rain Forest emergent trees. *Oecologia (Berlim)* (1988) 75:207-212.
- Pearcy, R.W.; Chazdon, R.L.; Gross, L.J. and Mott, K.A. (1994) Photosynthetic utilization of sunflecks: A temporally patchy resource on a time scale of seconds to minutes. In: Caldwell, M.M. and Pearcy, R.W. (Eds.) Exploitation of environmental heterogeneity by plants: Ecophysiological processes above and belowground. Academic Press, California, USA, p. 145-174
- Pearcy, R.W.; Ehleinger, J.; Mooney, H.A. and Rundel, P.W. (ed.) (1992) *Plant Physiological Ecology: Methods and Instrumentation*. Chapman & Hall, 457p.
- Pereira, A.R., Angelocci, L.R., Sentelhas, P.C. 2002. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Editora Agropecuária, Guaíba, 478p.
- Peters, R.L.; Darling, J.D.S. The greenhouse effect and nature reserves. *BioScience*, v.35, n.1, p.707-716. 1985.
- Pittock, A.B. Climate change: The question of significance. *Nature* 397, 657 - 658 (25 February 1999)
- Polley HW, Johnson HB, Mayeux HS. Carbon dioxide and water fluxes of C3 annuals and C3 and C4 perennials at sub-ambient carbon dioxide concentrations. *Functional Ecology*, v.6, p.693-703. 1992.
- Poorter, L., Bongers, F., Sterck, F.J. and Wöll, H. (2005) Beyond the regeneration phase: differentiation of height-light trajectories among tropical tree species. *Journal of Ecology* 93:256-267.
- Pounds JA, Crump ML Amphibian declines and climate disturbance: the case of the Golden Toad and the Harlequin Frog. *Conservation Biology*, v. 8, p.72–85. 1994.
- Rich, P.M.; Clarck, D.B.; Clarck, D.A. and Oberbauer, S.F. (1993) Long-term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology* 65: 107 – 127.
- Ricklefs, R.E. 1977. Environmental heterogeneity and plant species diversity: a hypothesis. *American Naturalist* 111, 376–381.
- Runkle, J.R. (1981) Gap regeneration in some old-growth forests of eastern United States. *Ecology* 62(4):1041-1051.
- Salis, S.M.; Shepherd, G.J. & Joly, C.A. 1995. Floristic comparison between mesophytic forests of the interior of the state of São Paulo, S.E. Brazil. *Vegetatio* vol. 119:155-164
- Schimel, D. S.; House, J. I.; Hibbard, K. A.; Bousquet, P. Ciais, P.; Peylin, P.; Braswell, B. H.; Apps, M. J.; Baker, D.; Bondeau, A.; Canadell, J.; Churkina, G.; Cramer, W.; Denning, A. S.; Field, C. B.; Friedlingstein, P.; Goodale, C.; Heimann, M.; Houghton, R. A.; Melillo, J. M.; Moore III, B.; Murdiyarso, D.; Noble, I.; Pacala, S. W.; Prentice, I.C.; Raupach, M.R.; Rayner, P.J.; Scholes, R. J.; Steffen, W. L.; Wirth, C. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *NATURE*, v. 414, n. 8, 2001.



- Scudeller, V.V. 2002. Análise fitogeográfica da Mata Atlântica - Brasil. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Biologia Vegetal, IB, UNICAMP.
- Souza, R.P. e Válio, I.F.M. (2003) seedling growth of fifteen Brazilian tropical tree species differing in successional status. *Revista Brasileira de Botânica* 26(1):37-47.
- Terborgh, J. and Matthews, J. (1999) Partitioning of the understory light environment by two Amazonian treelets. *Journal of Tropical Ecology* 15:751-763.
- Thornthwaite, C.W & Mather, J.R. 1955. The water balance. Publications in Climatology, New Jersey, 104p.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38:55-94.
- Torquebiau, E.F. (1988). Photosynthetically active radiation environment, patch dynamics and architecture in a Tropical Rain Forest in Sumatra. *Australian Journal of Plant Physiology* 15:327-342.
- Torres, R. B.; Martins, F. R. & Kinoshita, L. S. 1997. Climate, soil and tree flora relationships in forests in the state of São Paulo, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 20 (1): 41-49.
- Válio, I.F.M. (2003) Seedling growth of understorey species of a Southeast Brazilian Tropical Forest. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46(4):697-703.
- Vázquez-Yanez, C. and Orosco-Segovia, A. (1990) Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. *Oecologia* 83: 171-175.
- Vianello, R.L. & Alves, A.R. 1991. *Meteorologia básica e aplicações*. UFV, Viçosa, 449p.
- Watt, A.S. (1947) Pattern and process in plant community. *Journal of Ecology* 35:1-22.
- Whitmore T.C.; Brown, N.D.; Swaine, M.D.; Kennedy, D.; Goodwin-Bailey, M.C.I. and Gong, W.K. (1993). Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation total in a Bornean Tropical Rain Forest. *Journal of Tropical Ecology* 9: 131-151.
- Whitmore, T.C. (1975). *Tropical Rain Forest of the Far East*,. Claredon Press, Oxford, England, 282 p.
- Whitmore, T.C. (1989) Forty years of Rain Forest ecology 1948-1988 in perspective. *GeoJournal* 19(4):347-360.
- Whitmore, T.C. (1990). *An Introduction to Tropical Rain Forests*. Oxford University Press, Oxford, England. 226 p.
- Whitmore, T.C. (1996) A review of some aspects of tropical rain forest seedlings ecology with suggestions for further enquiry. In : SWAINE, M.D. (ed.) *The ecology of tropical forest tree seedlings*. (Man & Biosphere Series; Vol. 18), UNESCO and The Parthenon Publishing. Group Ltda, Paris, France, p. 3- 39.
- Whitmore, T.C.; Brown, N.D.; Swaine, M.D.; Kennedy, D.; Goodwin-Bailey, M.C.I. & Gong, W.K. (1993). Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation total in a Bornean Tropical Rain Forest. *Journal of Tropical Ecology* 9: 131-151.
- Zoltz, G. and Winter, K. (1994) Photosynthesis of tropical canopy tree, *Ceiba pentandra*, in a lowland forest in Panama. *Tree Physiology* 14 :1291-1301.





## **2. Contextualização da paisagem onde estão inseridas cada uma das quatro parcelas permanentes.**

Antonio Gonçalves Pires Neto

Marcio Rossi

Igo Fernando Lepsch

Amanda de Fátima Martin Catarucci

Mariana Meireles Pardi

### **2.1. Introdução**

As análises dos fatores abióticos compreenderam, além dos estudos nas áreas das Parcelas Permanentes, uma avaliação regional dos condicionantes geoambientais voltados para o entendimento da distribuição dos padrões fisiográficos, em que se relaciona o substrato rochoso, o relevo, os solos e a dinâmica superficial.

A constituição e a distribuição desses padrões constituem subsídios importantes para o entendimento das características estruturais e da composição das florestas, como também dos processos geradores e mantenedores da sua biodiversidade. Com base nesta perspectiva considerou-se a contextualização regional de cada uma das Parcelas Permanentes alocadas nesse projeto, com 10ha cada, de fundamental importância para possibilitar discutir a representatividade regional dessas Parcelas Permanentes e a amplitude dos conhecimentos gerados dentro da suas respectivas unidades fitogeográficas.

Os atributos físicos relacionados ao substrato rochoso, ao relevo e ao solo foram analisados por meio de métodos geomorfológicos que permitiram a caracterização dos 10ha de Parcelas Permanentes em cada região fitogeográfica e também dos terrenos adjacentes, subsidiando o entendimento dos condicionantes regionais desses tipos vegetacionais, reflexões sobre a representatividade regional dessas parcelas e de aspectos da evolução das diferentes paisagens em que elas estão inseridas.

Com este procedimento delimitaram-se zonas de funcionamento relativamente homogêneas em cada uma dessas áreas, aonde foram associados os atributos físicos constituintes e os processos de formação similares, que caracterizaram os tipos de terrenos em que se desenvolveu a Floresta Ombrófila Densa, a Floresta de Restinga, que estão inseridas na Província Costeira, e a Savana Florestada ou Cerradão e a Floresta Estacional Semidecidual, que por sua vez estão inseridas no Planalto Ocidental.

Na Província Costeira, a Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho) está associada a Serrania Costeira, no domínio das rochas metamórficas e ígneas do Embasamento Cristalino e dos cambissolos e argissolos; enquanto que a Floresta de Restinga



(Parque Estadual da Ilha do Cardoso) ocorre na Baixada Litorânea, associada aos sedimentos quaternários marinhos e mistos e aos espodosolos.

Nos estudos desenvolvidos na Província Costeira, foram identificados diferentes setores de escarpa serrana e da baixada litorânea, os quais refletem uma história evolutiva complexa durante o Quaternário. Esses processos evolutivos seriam responsáveis pelas variações significativas nos atributos físicos dessa paisagem costeira, que poderiam estar condicionando a grande diversidade das formações florestais existentes nestes setores, relações estas que ainda não foram claramente demonstradas.

No Planalto Ocidental, onde se encontram a Floresta Estacional Semidecidual e a Savana Florestada ou Cerradão, (Estação Ecológica de Caetetus e Estação ecológica de de Assis) que ocorrem associadas as rochas sedimentares e ígneas básicas da Bacia do Paraná, e predominam os latossolos e argissolos. Os estudos mostraram que os atributos do meio físico apresentam uma forte sinergia com as formações florestais, cuja distribuição e constituição refletem os aspectos constituintes e evolutivos da paisagem regional.

## **2.2. Dados utilizados e metodologia**

Para a avaliação da representatividade das quatro parcelas permanentes implantadas nas principais formações florestais do Estado de São Paulo, no que se refere aos fatores abióticos condicionantes das suas características e da sua distribuição, foram realizados estudos geomorfológicos, que tiveram como base o conceito de Tipos de Relevo, sendo a análise integrada dos atributos do meio físico, efetuada com base no conceito de Terrenos.

Para a caracterização do contexto regional foram utilizadas informações bibliográficas e cartográficas, tendo-se como referência o **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**, em escala **1:1.000.000** (PONÇANO *et al.*, 1981); o **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo** (OLIVEIRA *et al.*, 1999), o **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo** (ROSS e MOROZ, 1997) e o **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, (BISTRICHI *et al.*, 1981, in ALMEIDA *et al.*, 1981) todos em escala **1:500.000**.

Foram utilizados mapeamentos de maior detalhe destacando-se: Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo (LEPSCH *et al.*, 1999), na escala 1:250.000; o Mapa de Subsídios ao Planejamento da Atividade de Mineração - Baixo Ribeira e Litoral Sul em escala 1:150.000 (CPRM, 1982), os mapas geomorfológicos preliminares na escala 1:50.000 dos projetos APA da Serra do Mar (1990) e do Macrozoneamento do Vale do Ribeira (1992); o Mapa Geológico do Estado de São Paulo, folhas de Marília e Itararé, (DAEE-UNESP, 1982); e a Carta Pedológica Semidetalhada do Estado de São Paulo, na escala 1:100.000, folhas Maracaí (ROSSI *et al.*, 2000), Marília (COELHO *et al.*, 2000) e Assis (BOGNOLA *et al.*, 1996).



As bases cartográficas e os mapas das áreas adjacentes a cada uma das Parcelas Permanentes foram construídos a partir de cartas topográficas na escala 1:50.000 do IBGE e de fotografias aéreas na escala 1:25.000, dos levantamentos de 1962 e 1972-73, realizados respectivamente pela Aerofoto Natividade e pela Vasp Aerofotogrametria S.A.

Os trabalhos foram executados por meio de interpretação de fotografias aéreas e de imagem de satélite, da compilação de dados bibliográficos e cartográficos e de levantamentos de campo realizados nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2005.

Os mapas de terrenos das Áreas de Influência de cada uma das quatro Parcelas Permanentes, foram elaborados nas escalas 1:50.000, 1:125.000 e 1:250.000, e subsidiaram a análise integrada das formas de relevo, da drenagem, do substrato litoestrutural, das coberturas detríticas e da dinâmica superficial, que caracterizam os terrenos existentes em cada uma das áreas estudadas.

A premissa adotada para o desenvolvimento dos estudos geomorfológicos é a de que o **relevo é a chave para a compreensão do meio físico**, uma vez que ele reflete uma síntese histórica e funcional dos fatores intervenientes em sua gênese, que são: a neotectônica, o substrato rochoso e o clima.

O relevo, entendido como resultado da interação destes três fatores, constitui um todo indivisível, onde os seus elementos não podem ser entendidos isoladamente, mas sim dentro de uma interação dinâmica e em cadeia com os demais elementos constituintes do meio físico.

A metodologia utilizada permite tal integração, uma vez que procura distinguir, em uma dada região, áreas cujos atributos físicos sejam distintos de áreas adjacentes, levando à subdivisão da região em áreas de dimensões variáveis, onde se reconhece um padrão recorrente de topografia, solos e vegetação, sendo o relevo o padrão básico para delimitação destas subdivisões (PONÇANO *et al.* 1981).

Para se atingir os objetivos propostos pelo projeto e pela metodologia do “Land System”, adotou-se como procedimento para mapeamento geomorfológico das áreas, a proposição de VAN ZUIDAN (1982) que recomenda a elaboração de mapas geomorfológicos sinóticos de escala média.

A elaboração destes mapas compreende trabalhos de pesquisa bibliográfica e cartográfica, compilação de dados pré-existentes (dados secundários), complementados por interpretação de imagens de satélite, fotografias aéreas e de cartas topográficas, e também dados primários coletados no campo, o que exige certo nível de extrapolações.

Para elaboração dos mapas geomorfológicos utilizou-se da proposição de DEMEK (1967), que considera o **tipo de relevo** como a unidade taxonômica que apresenta homogeneidade quanto a morfografia, morfometria, substrato rochoso, gênese e, conseqüentemente, quanto à dinâmica.



Estas unidades de mapeamento fornecem, os elementos básicos para a caracterização do relevo da área e os subsídios necessários aos estudos de paisagens, visto que o relevo constitui uma primeira síntese dos processos de interação entre a hidrosfera, litosfera e atmosfera ao longo do tempo geológico.

Por outro lado, o relevo reflete também a interação dinâmica entre os movimentos neotectônicos, o clima e o substrato rochoso, no tempo e no espaço, de sorte que esta interação histórica determina a conformação do relevo atual, ao passo que a interação atual entre estes fatores condiciona o funcionamento do relevo (morfodinâmica).

Com base nestas premissas foram elaborados os mapas geomorfológicos das áreas, tendo-se por objetivo inicial a identificação do tipo de relevo em que foram implantadas as parcelas, e sua inter-relação com os relevos adjacentes, para posteriormente avaliar a distribuição desses relevos no contexto regional.

Para se caracterizar os diferentes tipos de relevo erosivos, utilizou-se de critérios propostos por PONÇANO *et al.* (1981), modificados por PIRES NETO (1992), cujas características morfométricas são apresentadas no Quadro 1. Para a área da planície costeira os tipos de relevo foram relacionados aos diferentes ambientes de sedimentação em que ocorrem (Quadro 2).

Quadro 1 - Classificação de formas de relevo erosivas, segundo a amplitude e inclinação das encostas. (PONÇANO *et al.*, 1981, modificado por PIRES NETO, 1992).

Amplitude local	Inclinação predominante	Formas de Relevo
< 100 m	< 5 %	Rampas
	5 a 15 %	Colinas
	> 15 %	Morrotes
100 a 300 m	> 15 %	Morros
> 300 m	> 15 %	Montanhas



Quadro 2 - Formas de relevo de acumulação diferenciadas nas planícies costeiras, planícies fluviais e em áreas de relevos dissecados.

Ambientes de Sedimentação	Formas de Relevo de Acumulação
Gravitacional / pluvial	Rampas de Colúvio Corpos de Tálus
Fluvial	Cones de dejeção Planícies de inundação Planícies fluviais Terraços
Misto	Planície fluvio marinha Planície fluvio lagunar Planície paleolagunar
Marinho	Terraço marinho Planície marinha com cordões Planície marinha Praia Cordões arenosos Planície de maré
Eólico	Campos de dunas

Para a análise dos fenômenos de dinâmica superficial foram considerados as informações disponíveis na bibliografia e os elementos da terceira categoria taxonômica propostos por DEMEK (1967), que são os elementos das formas ou unidades geneticamente homogêneas, que permitem fazer inferências sobre os processos atuantes na região.

Para a análise dos dados obtidos partiu-se do conhecimento do relevo e da sua inter-relação com os solos, que tem como elementos determinantes: o substrato rochoso e o tipo de cobertura detrítica.

Na caracterização do tipo de relevo, procurou-se avaliar a dinâmica superficial atual e passada. A primeira foi avaliada com base na ocorrência de formas erosivas e de deposições atuais e a dinâmica passada, através do reconhecimento das formas de relevo e das feições acumulativas (depósitos correlativos), os quais refletem, por sua constituição, composição e distribuição, as condições paleoclimáticas responsáveis pela elaboração do relevo atual.

Os aspectos da evolução morfogenética regional foram considerados, quando necessário, para a compreensão da distribuição dos relevos e da dinâmica atual, não sendo, porém objeto de estudo detalhado.

Para a realização dos estudos geomorfológicos foram realizadas as seguintes atividades:



Interpretação de fotografias aéreas, na escala 1: 25.000. Lançamento dos limites dos tipos de relevo e das feições geomorfológicas de interesse em bases topográficas, elaboradas ou ampliadas para a escala das fotos;

Compilação de dados pedológicos e geológicos para o estabelecimento de relações com os tipos de relevo; descrição morfográfica, caracterização morfométrica dos tipos de relevo identificados, e elaboração dos mapas geomorfológicos, de terrenos e da legenda preliminar;

Interpretação do relevo em imagem de satélite, na escala 1:250.000, compilação de dados geológicos e pedológicos, elaboração de um mapa de terrenos e estabelecimento de relações de cada área de estudo com o contexto regional.

Trabalhos de campo executados ao longo das trilhas existentes dentro e no entorno imediato das Parcelas Permanentes, cada uma de 320x320m, com 10,24ha, somando 40,96ha de área amostral, e em estradas que cortam a região adjacente tendo-se descritos cerca de 400 pontos.

Após os trabalhos de campo foi feita a integração e as análises dos dados obtidos, que permitiram a elaboração dos Mapas de Terrenos das Áreas de Influência das Parcelas Permanentes, do Mapa de Terrenos Regional, perfis, tabelas e textos.

Para a elaboração dos Mapas de Terrenos das Áreas de Influência das Parcelas Permanentes foi utilizado o conceito que considera o **terreno**, como uma porção da superfície terrestre que é caracterizada pela similaridade do arranjo espacial de seus componentes e atributos, e que se definem pela forma (relevo), constituição (substrato rochoso), cobertura detrítica (solo), dinâmica superficial e pela vegetação associada (ZONNEVELD, 1993).

Essas áreas podem ser facilmente reconhecidas pela sua fisionomia, tanto no campo quanto por meio de imagens de sensores remotos, permitindo assim classificar o espaço segundo as potencialidades e fragilidades dos terrenos, pois considera que os principais atributos do terreno são interdependentes e tendem a ocorrerem correlacionados, de modo que o uso e a ocupação dos terrenos são dependentes das combinações e interações de efeitos desses atributos (AUSTIN e COCKS, 1978).

Os terrenos são áreas relacionadas e que podem ser descritas simultaneamente em relação as suas feições mais significativas. São uniformes pelo tipo de relevo, solo, vegetação e tendo em vista um propósito prático (AUSTIN e COCKS, 1978).

O estudo do terreno classifica o espaço segundo as suas condições ambientais predominantes e suas qualidades ecológicas, avaliando seu potencial de uso, bem como o de suas várias partes. Assim essa abordagem permite obter uma visão sintética do meio que pode ser utilizada tanto em estudos aplicados como científicos.

Os terrenos identificados têm como base para a sua delimitação os padrões de formas de relevo, uma vez que o relevo pode ser entendido como uma síntese histórica e dinâmica das interações entre a litosfera, a atmosfera e a hidrosfera. O relevo, modelado sobre os diferentes



tipos de rocha, controla a distribuição dos diversos tipos de solo e da vegetação, e em consequência dessas interações, a frequência e intensidade dos processos de erosão e de deposição que ocorrem na superfície do terreno.

Para a apresentação dos resultados dos estudos realizados foi adotado o seguinte procedimento:

Contexto Regional – nessa análise foram considerados a compartimentagem regional do relevo, o substrato litoestrutural, a cobertura detrítica, os solos e os aspectos morfogênicos, de modo a subsidiar a caracterização dos principais tipos de terrenos existentes;

Área das Parcelas Permanentes – nessa análise foram identificados os principais aspectos físicos que caracterizam cada uma das áreas;

Áreas de Influência das Parcelas Permanentes - Neste contexto foram considerados os relevos, os solos, o substrato rochoso e os aspectos dinâmicos dos diferentes terrenos que ocorrem na área de implantação das parcelas;

Estabelecimento das relações entre as Áreas de Influência das Parcelas Permanentes com o contexto regional e com a distribuição de remanescentes florestais.

Embora os trabalhos tenham sido realizados com a mesma abordagem para a Província Costeira e o Planalto Ocidental, os resultados acabaram sendo diferenciados em consequência das características de cada um dos compartimentos de relevo estudados, devido a sua complexidade de constituição e da sua história evolutiva, que são fatores importantes no condicionamento do tipo e da distribuição das florestas.

## **2.3. Província Costeira**

### **2.3.1. Contexto Regional**

A Província Costeira compreende “a área do Estado de São Paulo drenada diretamente para o mar, constituindo o rebordo do Planalto Atlântico. É, em maior parte, uma região serrana contínua que a beira-mar cede lugar a uma seqüência de planícies de variadas origens” (ALMEIDA, 1964). A região serrana constitui a Serrania Costeira, onde se diferenciam a Serra do Mar e a Serra de Paranapiacaba, enquanto que as planícies a beira mar configuram a Baixada Litorânea.

A **Serra do Mar** é uma escarpa erosiva de constituição granito-gnáissica, que se desenvolve próximo ao mar, e onde se diferenciam os trechos entre a Serra de Juqueriquerê e Parati, entre a Serra de Juqueriquerê e Bertioga e o trecho da Baixada Santista.

A **Serra de Paranapiacaba**, onde foi implantada a Parcela Permanente de Carlos Botelho e domina a Bacia do Rio Ribeira de Iguape, apresenta aspecto montanhoso com altitudes de 1000 a



1300m, onde os rios Ribeira, Juquiá, São Lourenço, Jacupiranga e outros escavaram seus vales paralelos à linha de costa, que se encontra a quase cem quilômetros da frente serrana.

A **Baixada Litorânea** são terrenos não mais elevados que 70 m sobre o nível do mar, que apresentam sedimentos terciários e sedimentos costeiros mais novos, podendo-se diferenciar: o litoral entre São Sebastião e Parati, as Baixadas de Santos e Itanhaém e a Baixada do Ribeira de Iguape, onde está implantada a Parcela Permanente de Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).

As diferenças morfológicas do litoral paulista são fatos descritos desde DEFFONTAINE (1935), cabendo a MONBEIG (1949) a delimitação de três sub-regiões que denominou de Litoral de Iguape, Litoral de Santos e Litoral de São Sebastião, os quais têm correspondência com os compartimentos Iguape - Cananéia, Santos – Itanhaém – Peruíbe e Caraguatatuba, propostos por FULFARO *et al.* (1974).

Estes compartimentos abrigam planícies costeiras caracterizadas e diferenciadas por SUGUIO & MARTIN (1978) nos seguintes setores:

Cananéia – Iguape: compreende um extenso complexo estuarino-lagunar com planícies de maré, praias e dunas, formadas por sedimentos de origem lagunar e marinha, associados à transgressão Cananéia (pleistocênica) e Santos (holocênica);

Itanhaém - Santos – compreende dois setores, as planícies entre Peruíbe e Mongaguá, que apresentam extensas áreas arenosas e trechos pantanosos associados às drenagens, e pequenas áreas de planície de maré; e a região estuarina de Santos que é uma planície costeira complexa com praias, planícies de maré, canais de maré e planícies fluvio-marinhas. Este setor é formado por sedimentos das transgressões Cananéia e Santos e também sedimentos lagunares tendo origem semelhante à Cananéia – Iguape.

Bertioga - Ilha de São Sebastião – que compreende dois setores: um entre Bertioga e Barra do Una, que apresenta a mesma constituição e origem dos trechos anteriores; e outro entre Barra do Una e a Ilha de São Sebastião onde as planícies são formadas por sedimentos continentais na sua parte interna e sedimentos marinhos na parte externa, dando origem às planícies costeiras tipo Juqueí e tipo Boiçucanga;

Ilha de São Sebastião - Serra do Parati – neste trecho predominam pequenas planícies marinhas (praias de bolso) formadas por sedimentos marinhos recentes, que se desenvolvem conforme os tipos Juqueí e Boiçucanga. A maior planície desse trecho é a de Caraguatatuba, onde ocorrem sedimentos das transgressões Cananéia e Santos e sedimentos lagunares.

PONÇANO *et al* (1981) ampliou a caracterização do relevo da Província Costeira identificando novos compartimentos e descrevendo os diferentes tipos de relevo que ocorrem na região, que são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Compartimentos e tipos de relevo que constituem a Província Costeira baseado em PONÇANO *et al.* (1981) e SUGUIO & MARTIN (1978).





Zonas	Subzonas	Tipos de relevo
Serrania Costeira	Serra do Mar Estende-se de Parati até Peruíbe	Escarpas Festonadas (521) Escarpas com espigões digitados (522) Morros isolados (246) Serras alongadas (251) Montanhas (252)
	Serra de Paranapiacaba Compreende a bacia do Rio São Lourençinho, São Lourenço	Morros paralelos (244) Morros com serras restritas (245) Serras alongadas (251) Montanhas com vales profundos (253)
	Serrania de Itatins Área alongada de direção E-W entre Peruíbe e Iguape	Mar de Morros (243) Morros paralelos (244) Serras alongadas (251)
	Serrania do Ribeira Compreende a bacia do Rio Ribeira a montante de Eldorado	Mar de Morros (243) Morros paralelos (244) Morros com serras restritas (245) Serras alongadas (251) Escarpas com espigões digitados (522)
	Planaltos interiores Ocorrem de modo isolado nos cimos das serras.	Mar de Morros (243) Morros paralelos (244) Morros em áreas de sumidouros (411) Serras alongadas (251)
Morraria Costeira	Dominam na bacia do baixo Rio Ribeira	Colinas isoladas (216) Morrotes em meia laranja (233) Morros paralelos (244) Morros com serras restritas (245) Planícies aluviais (111)
Baixadas Litorâneas	(Trechos) Cananéia – Iguape Itanhaém - Santos Bertioga – São Sebastião São Sebastião –Serra de Parati	Planícies Costeiras (121) Terraços marinhos (122) Mangues (123)

A Província Costeira é constituída por rochas arqueanas, proterozóicas e cambrianas do embasamento cristalino, rochas básicas mesozóicas, e sedimentos cenozóicos continentais, mistos e marinhos.

As rochas arqueanas são representadas por charnoquitos, enderbitos, kinzigitos, granulitos quartzo feldspáticos, gnaisses graníticos homogêneos de fácies anfíbolíticas e gnaisses bandados, que constituem o Complexo Costeiro (BISTRICHI *et al*, 1981).



As rochas do proterozóico são representadas pelos Complexos gnáissicos – granitóides constituídos por gnaisses homogêneos, gnaisses bandados e laminados e gnaisses com matriz fina a média e pelas seqüências metavulcânicas sedimentares que são constituídos por micaxistos, filitos, quartzitos, quartzito xistos, quartzitos micáceos e/ou feldspáticos, metarcóseos, rochas cálcio silicáticas e metabasitos. Essas rochas são representadas na área pelo Complexo Embu (Pse), Complexo Pilar (PSp) e pelo Complexo Turvo – Cajati (Plt).

De idade proterozóica e fanerozóica ocorrem ainda, na Província Costeira, rochas miloníticas associada às Zonas de Cizalhamento, de direção NE - SW e Plutões granitóides.

As rochas mesozóicas são representadas por diques constituídos por basaltos, diabásios e gabros de granulação fina à média e apresentam orientação ENE-WNW ou NE-NW.

Os sedimentos cenozóicos de origem continental ocorrem ao longo de planícies fluviais no planalto e na baixada costeira, e no sopé das encostas serranas, onde formam os cones de dejeção e corpos de tálus.

Na planície costeira os sedimentos marinhos são representados por areias de antigas praias da Formação Cananéia, por cordões arenosos holocênicos, comumente com concentrações de conchas, praias atuais e dunas.

Os sedimentos de origem mista constituem as planícies fluvio-lagunares e de maré. As principais características do substrato rochoso e dos depósitos sedimentares são apresentadas no Quadro 4.



Quadro 4 - Características principais do substrato rochoso e dos depósitos sedimentares que ocorrem na Província Costeira.

Rochas arqueanas	
Gnaisses homogêneos	Composição granítica a tonalítica e sienítica-diorítica, com biotita e/ou hornblenda e eventualmente clinopiroxênio e granada. Textura equi ou inequigranular, com grãos maiores de feldspatos alcalinos euédricos a ocelares, granulação fina a muito grossa. Intercalações de quartzito, gnaisses kinzigíticos e cálcio silicáticas, formações ferríferas magnetíticas e anfibolitos metaltrabasitos.
Gnaisses bandados	Apresentam bandas alternadas claras e escuras, estas últimas com biotita, hornblenda, granada, clinopiroxênios e raramente ortopiroxênios. Apresentam intercalações de gnaisses kinsigíticos, quartzitos, formações ferríferas magnéticas, anfibolitos, metaltramafitos.
Rochas proterozóicas	
Gnaisses homogêneos	Apresentam composição essencialmente monzogranítica com variações granodioríticas e sienogranitos, finos a grossos, cinzentos por vezes róseos, leuco a hololeucocráticos, com biotita e/ou hornblenda, apresentando intercalações de rochas cálcio silicáticas, quartzitos, micaxistos, anfibolitos, metaltramilonitos e outros tipos de gnaisses.
Gnaisses bandados e laminados	composição essencialmente granítica a tonalítica, podendo apresentar termos mais pobres em quartzo, finos a grossos, com bandas alternadas claras e escuras, estas com maiores quantidades de biotita e/ou hornblenda. Frequentemente com megacristais de feldspatos alcalinos, centimétricos, ocelares a euédricos, por vezes com granada e sillimanita. Intercalações de quartzitos micáceos e/ou feldspáticos, micaxistos, rochas cálcio silicáticas, gonditos, anfibolitos, metaltramafitos, gnaisses quartzosos e outros tipos de gnaisses;
Gnaisses com matriz fina a média	foliados, têm cor cinza e escura, e composição granodiorítica a tonalítica, com hornblenda e/ou biotita, em que aparecem megacristais de feldspatos alcalinos, metaltramafitos, quartzitos micáceos e/ou feldspáticos, rochas cálcio silicáticas, micaxistos e outros tipos de gnaisses.
Micaxistos	incluem moscovita xisto, moscovita - biotita xisto, quartzito - moscovita xisto, quartzito - biotita - moscovita xisto, sillimanita - quartzito - moscovita xisto e migmatitos heterogêneos de paleossoma dominante. Tem cor de alteração arroxeada e avermelhada. São finos localmente microporfiroblásticos com granada, sillimanita e estauroлита. Apresentam intercalações subordinadas de metarenitos finos, quartzitos, filitos, rochas cálcio- silicáticas e anfibolitos.
Filitos	rochas bandadas e laminadas, de coloração roxa - escura ou avermelhada. Compostos por mica branca e quartzo, tendo como acessórios opacos e feldspatos. Associa-se a filitos grafitosos, quartzito filitos, metarenitos finos, metarcóseos, quartzitos, moscovita xistos finos, rochas cálcio - silicáticas e anfibolitos.
Metaconglomerados	Rochas constituídas por seixos e blocos de quartzito, granitos e gnaisses, em matriz fina a média, xistosa. Tem coloração parda - esverdeada a cinza.
Metarenitos	Compreendem associação de metarcóseos e metagrauvas. Tem coloração cinza - média a escura, passando a rósea, amarelada ou avermelhada quando alterada. Apresentam fragmentos e grãos de feldspato em matriz quartzosa impura e ocasionalmente com cimento carbonático. Tem intercalações de filitos laminado, xistos, quartzitos e metaconglomerados polimíticos.
Quartzitos	Rochas com textura granoblástica a levemente orientada, granulação fina a média. Tem cor branca a cinza- clara, associam-se a metarenitos, filitos e xistos finos.



Quadro 4 - Características principais do substrato rochoso e dos depósitos sedimentares que ocorrem na Província Costeira.

Rochas cálcio silicáticas	Rochas formadas pela alternância de bandas milimétricas a submilimétricas anfibolíticas e cálcio-silicáticas. Tem granulação fina a média. Coloração é cinza esverdeada passando a amarelada ou arroxeadada quando alterada. Intercalam-se quartzo xistos finos e anfibolitos.
Anfibolitos	Rochas de granulação média à grossa, com foliação pouco desenvolvida. Provavelmente metadiabásios, metagabros ou metabasaltos. Coloração negra a cinza-escura passando a amarela-esverdeada quando alterada.
Granitos e granodioritos	Rochas isótropas, granulação fina a grossa, textura sub-diomórfica e hipodiomórfica granular ( $\epsilon$ O $\gamma$ i);
Granitos alcalinos a subalcalinos	Rochas isótropas, de granulação média a grossa, textura hipodiomórfica ou xenomórfica granular, predominando termos granodioríticos e biotita granitos ( $\epsilon$ O $\gamma$ a)
Grantóides foliados	Rochas de granulação fina a média, textura porfírica freqüente, composição granodiorítica a granítica (PS $\gamma$ c)
Rochas mesozóicas	
Rochas básicas	Ocorrem na forma de diques constituídos por basaltos, diabásios e gabros de granulação fina à média.
Sedimentos cenozóicos	
Sedimentos aluvio-coluvionares	Depósitos detríticos constituídos por blocos e matacões métricos de granito e blocos angulosos de quartzo de veio, com matriz formada por areia arcoseana grossa a média, rica em grânulos de quartzo, feldspato e fragmentos de rocha sendo, por vezes, micáceas. Nos cones de dejeção intercalam-se areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas e os seixos podem estar orientados.
Sedimentos Fluviais	Cascalhos oligomíticos, areias arcoseanas e lamitos dispostos em terraços fluviais depositados em Terraços fluviais  Areia, silte, argila e matéria orgânica com níveis de cascalho dispostos em planícies fluviais.
Sedimentos marinhos da Formação Cananéia	Areias quartzosa finas e muito finas, de cor amarela a ocre, cimentada ou não, resultante de deposição marinha regressiva, de idade pleistocênica.
Sedimentos marinhos da Transgressão Santos	Depósitos de areias quartzosas finas marinhas, micáceas, com restos de conchas, de idade holocênica.
Sedimentos mistos	argilas plásticas e argilas siltosas cinza a negra, com matéria orgânica depositadas em paleolagunas;  argila, silte, associados a areia muito fina, com grande quantidade de restos vegetais e conchas depositados em planícies de maré
Sedimentos marinhos com retrabalhamento eólico	areia fina a muito fina quartzosa, micácea e inconsolidada de Praias e dunas



Os solos que ocorrem na Serrania Costeira são representados por associações de Cambissolos, Argissolos, Neossolos Litólicos e Latossolos, cuja distribuição esta relacionada aos compartimentos de relevo e à constituição da escarpas. Na Baixada Litorânea a distribuição dos solos esta associada às feições de relevo acumulativas que caracterizam os diferentes ambientes de sedimentação onde ocorrem Espodossolos, Gleissolos, Organossolos, Cambissolos, Neossolos fluvicos e Neossolos Quartzarênicos. Os principais solos encontrados estão relacionados nos quadros descritivos dos compartimentos da Província Costeira.

As diferenças nas formas de relevo, na constituição, nas associações de solo e nos vários tipos de planícies, que ocorrem na região costeira, permitiram definir sete setores, com evolução, comportamento e dinâmicas superficiais distintas, que foram diferenciados e caracterizados com base na análise integrada dos tipos de relevo (PONÇANO et al., 1981), com os dados do substrato rochoso (BISTRICHI et al., 1981), com os dados sedimentológicos das planícies costeiras (SUGUIO & MARTIN, 1978) e com as informações sobre solos (OLIVEIRA et al., 1999), sendo descritos nos Quadros 5 a 11.

Quadro 5 - Compartimentos da Província Costeira, entre a Barra do Uma e a Serra de Parati, estabelecido com base nos trabalhos de SUGUIO & MARTIN (1978), PONÇANO et al. (1981), BISTRICHI et al. (1981), e OLIVEIRA et al. (1999).

<b>Unidade / Trecho</b>	<b>BARRA DO UNA / SERRA DE PARATI</b>
<b>Serrania Costeira</b>	<b>Serra do Mar</b>
Substrato Rochoso,	Migmatitos estromatíticos e ofalmiticos de paleossoma xistoso e gnaissico e gnaisses (AcM). Granulitos quartzo feldspáticos, kinzigitos, charnoquitos e gnaisses graníticos.(AcH) Granitos foliados, granulação fina a média, porfiríticos, composição tonalítica a granítica (PS γ c)
Relevo	Escarpas Festonadas (521) - Escarpas com espigões digitados (522) Morros isolados (246) - Serras alongadas (251) - Montanhas / Ilha Bela (252)
Solos	Cambissolo Háptico distrófico textura argilosa e média fase não rochosa e rochosa + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa ambos A moderado e proeminente. Relevo montanhoso, escarpado e forte ondulado (CX 11)
<b>Baixada Costeira Relevo</b>	<b>Planícies Costeiras (121)</b>
Tipos de planícies e Sedimentos	Planície de Caraguatatuba – Terraços marinhos de 7 a 8 m em sedimentos da Fm. Cananéia. Planícies marinhas com cordões holocênicos. Planície lagunar com sedimentos areno-argilosos com conchas. Planície tipo Juquei – Cordões arenosos fecham pequena baía, formando laguna colmatada por sedimentos argilo-arenosos com matéria orgânica. Planície tipo Boiçucanga – colmatada por sedimentos continentais junto à encosta e por sedimentos marinhos na parte externa.
Solos	Espodossolos Ferrocárbicos órticos, A proeminente e moderado textura arenosa + Neossolos Quartzarênicos Órticos distróficos A moderado relevo plano (ES1)



Quadro 6 - Compartimentos da Província Costeira, entre Bertiooga e Barra do Una, estabelecido com base nos trabalhos de SUGUIO & MARTIN (1978), PONÇANO *et al.* (1981), BISTRICHI *et al.* (1981), e OLIVEIRA *et al.* (1999).

Unidade / Trecho	BERTIOGA / BARRA DO UNA
Serrania Costeira	Serra do Mar
Substrato Rochoso	Migmatitos estromatíticos e oftalmíticos de paleossoma xistoso e gnaissico e gnaisses (AcM). Granitos foliados, granulação fina a média, porfíricos, composição tonalítica a granítica (PS $\gamma$ c)
Relevo	Escarpas Festonadas (521) - Morros isolados (246)
Solos	Cambissolo Háplico distrófico textura argilosa e média fase não rochosa e rochosa + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa ambos A moderado e proeminente. Relevos montanhosos, escarpados e forte ondulados (CX 11)
Baixada Costeira Relevo	Planícies Costeiras (121) Planície de maré (123)
Tipos de planícies e Sedimentos	Planície marinha com cordões holocenicicos é predominante Remanescentes de sedimentos da Fm. Cananéia são restritos Planície aluvio-colviais próximas às encostas serranas Planícies de maré são restritas limitando-se a foz dos rios
Solos	Espodossolos Ferrocárbicos órticos, A proeminente e moderado textura arenosa + Neossolos Quartzoarênicos Órticos distróficos A moderado relevo plano (ES1)  Gleissolos Sálcos órticos textura média + Neossolos Quartzoarênicos Hidromórficos salinos ambos A moderado, relevo plano (GZ1)



Quadro 7 - Compartimentos da Província Costeira, entre Mongaguá, Santos e Bertioga, estabelecido com base nos trabalhos de SUGUIO & MARTIN (1978), PONÇANO *et al.* (1981), BISTRICHI *et al.* (1981), e OLIVEIRA *et al.* (1999).

Unidade / Trecho	MONGAGUÁ / SANTOS / BERTIOGA
Serrania Costeira	Serra do Mar
Substrato Rochoso,	Migmatitos estromatíticos e ofталmiticos de paleossoma xistoso e gnaissico e gnaisses (AcM). Pequenos corpos de Granitos e granodioritos de granulação fina a grossa (ε O γi )
Relevo	Escarpas Festonadas (521) - Escarpas com espigões digitados (522) Morros isolados (246) - Serras alongadas (251)
Solos	Cambissolo Háplico distrófico textura argilosa e média fase não rochosa e rochosa + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa ambos A moderado e proeminente. Relevos montanhosos, escarpados e forte ondulados (CX 11)
Baixada Costeira Relevo	Planícies Costeiras (121) Planície de maré (123)
Tipos de planícies e Sedimentos	Terraços marinhos com altitudes de 7 a 8 m em sedimentos da Fm. Cananéia, em parte ação eólica formando dunas. Planícies marinhas com cordões holocênicos com altitudes de 4 a 7 m. Planície lagunar – sedimentos areno-argilosos com conchas. Planície fluvio lagunar – sedimentos argilo-arenosos Planícies de maré amplas - argilas, areias finas e com muita matéria orgânica.
Solos	Espodossolos Ferrocárbicos órticos, A moderado + Espodossolos Ferrocárbicos hidromórficos hísticos ambos textura arenosa + Organossolos endotiomórficos + Gleissolos indiscriminados (ES2) Gleissolos sálicos órticos + Gleissolos Tiomórficos indiscriminados + Espodossolos Ferrocárbicos hidromórficos A proeminente e moderado, textura arenosa relevo plano (GZ2)



Quadro 8 - Compartimentos da Província Costeira, entre Itanhaém e Peruíbe, estabelecido com base nos trabalhos de SUGUIO & MARTIN,(1978), PONÇANO *et al.* (1981), BISTRICHI *et al.* (1981) e OLIVEIRA *et al.* (1999).

Unidade / Trecho	ITANHAÉM / PERUÍBE
Serrania Costeira	Serra do Mar
Substrato Rochoso	Migmatitos estromatíticos e oftalmiticos de paleossoma xistoso e gnaissico e gnaisses (ACM). Clorita-xisto, quartzo-mica-xisto, xistos grafitosos, talco-xistos e com filitos, quartzitos, mármores , calcossilicáticas e metassiltitos subordinados (PSpx)
Relevos	Escarpas Festonadas (521) Morros isolados (246) Morrotes em meia laranja (233)
Solos	Cambissolo Háptico distrófico textura argilosa e média fase não rochosa e rochosa + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa ambos A moderado e proeminente. Relevos montanhosos, escarpados e forte ondulados (CX 11)
Baixada Costeira Relevo	Planícies Costeiras (121) Terraço marinho (122)
Tipos de planícies e Sedimentos	Terraços marinhos em sedimentos da Fm. Cananéia, ação eólicos formando dunas(122) Planície marinha com cordões holocênicos Planície lagunar holocênica – sedimentos areno-argilosos com conchas, nas zonas baixas drenadas pelos rios Preto, Branco e Aguapeú e com sambaquis Planície aluvio-coluviais próximas às encostas serranas Planícies de maré são restritas limitando-se a foz dos rios
Solos	Espodossolos Ferrocárbicos órticos, A moderado + Espodossolos Ferrocárbicos hidromórficos hísticos ambos textura arenosa + Organossolos endotiomórficos Gleissolos indiscriminados (ES2) Gleissolos sálicos órticos + Gleissolos Tiomórficos indiscriminados + Espodossolos Ferrocárbicos hidromórficos A proeminente e moderado, textura arenosa relevo plano (GZ2) Cambissolos hápticos Tb Distróficos A moderado rextura indiscriminada bem a imperfeitamente drenados + Neossolos Flúvicos e Gleissolos Hápticos de várzea (CX 16)





Quadro 9 - Compartimento da Província Costeira na Serrania do Itatins, estabelecido com base nos trabalhos de SUGUIO & MARTIN,(1978), PONÇANO *et al.* (1981), BISTRICHI *et al.* (1981) e OLIVEIRA *et al.* (1999)

Unidade / Trecho	SERRANIA DE ITATINS
Serrania Costeira	Serrania de Itatins
Substrato Rochoso,	Migmatitos estromatíticos e ofalmiticos de paleossoma xistoso e gnaissico e gnaisses (AcM). Granulitos quartzo feldspáticos , kinzigitos, charnoquitos e gnaisses graníticos.(Ach)
Relevo	Morros paralelos (244) Morros com serras restritas (245) Serras alongadas (251) Montanhas com vales profundos (253)
Solos	Argissolo Vermelho – Amarelo distrofico textura argilosa + Argissolo Vermelho Distrofico textura média/argilosa + Argissolo Vermelho – Amarelo distrofico latossólico Textura argilosa, relevo forte ondulado (PVA 75)  Neossolo Litólico Distrófico Tb textura média + Cambissolo Háptico distrófico textura média e argilosa ambos A moderado + Afloramentos rochosos relevo montanhoso (RL14)



Quadro 10 - Compartimentos da Província Costeira, Serra de Paranapiacaba e Serrania do Ribeira, estabelecidos com base nos trabalhos de SUGUIO & MARTIN,(1978), PONÇANO *et al.* (1981), BISTRICHI *et al.* (1981) e OLIVEIRA *et al.* (1999)

Unidade / Trecho	VALE DO RIBEIRA
Serrania Costeira	Serra de Paranapiacaba
Substrato Rochoso,	Granitos foliados, granulação fina a média, porfíricos, composição tonalítica a granítica (PS $\gamma$ c) Migmatitos estromatíticos e ofalmiticos de paleossoma xistoso, gnáissico e anfibolítico e gnaisses (PSeM).
Relevo	Serras alongadas (251) Montanhas com vales profundos (253) Escarpas Festonadas (521)
Solos	Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa e média relevo montanhoso (CX 3)  Cambissolo Háplico Tb distrófico + Cambissolo Háplico Tb distrófico latossolico ambos A moderado, textura argilosa e argilosa com cascalho relevo montanhoso (CX 6)
Serrania Costeira	Serrania do Ribeira
Substrato Rochoso,	Granitos foliados, granulação fina a média, porfíricos, composição tonalítica a granítica (PS $\gamma$ c) Granitos e granodioritos de granulação fina a grossa ( $\epsilon$ O $\gamma$ i ) Migmatitos estromatíticos e ofalmiticos de paleossoma xistoso e gnaissico e gnaisses (AcM). Filitos, quartzo filitos, metassilitos com intercalções de micaxistos e quartzitos (PSpF) Mica-xisto, quartzo-mica-xisto, granada-xistos e com quartzitos, mármores , calcossilicáticas e metaltrabásitos subordinados (Plt X)
Relevo	Serras alongadas (251) Morros com serras restritas (245) Escarpas Festonadas (521) Escarpas com espigões digitados (522)
Solos	Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa + Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico textura média argilosa + Neossolo Litólico Tb + Cambissolo Háplico Tb ambos relevo escarpado (CX20)  Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa + Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico textura média/argilosa + Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico textura média/argilosa + Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossolico textura argilosa relevo montanhoso (CX24)  Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa + Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossolico textura argilosa e argilosa com cascalho + Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico textura média/argilosa + Argisolo Vermelho-Amarelo latossolico textura argilosa + relevo montanhoso e forte ondulado (CX26)  Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa ou média + Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico textura média/argilosa + Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico textura média/argilosa + Cambissolo Háplico Tb distrófico latossolico textura argilosa A moderado relevo montanhoso (CX 28)



Quadro 11 - Compartimento da Província Costeira, Morraria Costeira estabelecido com base nos trabalhos de SUGUIO & MARTIN,(1978), PONÇANO *et al.* (1981), BISTRICHI *et al.* (1981), e OLIVEIRA *et al.* (1999)

Unidade / Trecho	VALE DO RIBEIRA
Morraria Costeira	Morraria Costeira
Substrato Rochoso e Sedimentos	Migmatitos estromatíticos e ofalmiticos de paleossoma xistoso e gnaissico e gnaisses (AcM). Mica-xisto, quartzo-mica-xisto, granada-xistos e com quartzitos, mármores , calcossilicáticas e metaltrabasitos subordinados (Plt X) Brechas sedimentares, paraconglomerados, lamitos, intercalados com conglomerados e areias; ortconglomerados, areias e argilas da Fm. Pariquera-Açu. (Qp)
Relevo	Colinas isoladas (216) Morrotes em meia laranja (233) Morros paralelos (244) Morros com serras restritas (245)
Solos	Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico latossólico A moderado textura argilosa relevo forte ondulado (PVA 85)  Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico latossólico textura argilosa relevo forte ondulado + Latossolo Amarelo Distrofico relevo suave ondulado ambos A moderado (PVA 88)  Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico latossólico textura argilosa relevo forte ondulado+ Cambissolo Háplico Tb Distrófico + Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossolico textura argilosa ou argilosa com cascalho relevo montanhoso (PVA 89)  Argisolo Vermelho-Amarelo Distrofico latossólico textura argilosa relevo forte ondulado+ Cambissolo Háplico Tb Distrófico + Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossolico textura argilosa ou argilosa com cascalho relevo montanhoso + Latossolo Amarelo Distrofico relevo suave ondulado (PVA 90)  Latossolo Amarelo Distrofico textura argilosa relevo suave ondulado (LA1)
Baixada Costeira Relevo	Terraço Marinho (122) Planícies Costeiras (121) Planície de maré (123) Planície aluvial (111)
Tipos de planícies e Sedimentos	Terraços marinhos em sedimentos da Fm. Cananéia Planície marinha com cordões holocênicos Planície lagunar holocênica – sedimentos areno-argilosos com conchas, nas zonas baixas Planície aluvio-colviais próximas às encostas serranas Planícies de maré restritas limitando-se a foz dos rios dentro do estuário Dunas e Praias constituídas por areias muito finas
Solos	Espodossolos Ferrocárbicos órticos, A moderado + Espodossolos Ferrocárbicos hidromórficos histicos ambos textura arenosa + Organossolos endotiomórficos + Gleissolos indiscriminados (ES2)  Organossolos Tiomórficos + Gleissolos indiscriminados tiomórficos e não tiomórficos relevo de várzea (OJ1)  Organossolo Méssico ou Háplico Distrófico + Organossolo Méssico ou Háplico Distrófico (soterrados) + Gleissolos não tiomórficos Eutrófico e Distrófico indiscriminados + Gleissolo Háplicos Tb Distrófico textura argilosa/média ou argilosa todos de várzea (OY2)



As características morfológicas e a disposição espacial desses compartimentos da Província Costeira têm papel relevante no controle do clima interferindo tanto na pluviosidade como na temperatura, como se pode observar no Quadro 12, estabelecido com base no trabalho de SANT'ANNA *et al.* (1991) in MANTOVANI (1993).

Quadro 12 - Características climáticas dos principais compartimentos de relevo da Província Costeira. Baseado em SANT'ANNA *et al.* (1991) in MANTOVANI (1993).

<p>Litoral Norte</p> <p>Entre a ponta da Trindade e Caraguatatuba</p> <p>Domínio dos sistemas tropicais e atividade frontal e com presença de frentes estacionárias. Menor influência de invasões de frio Apresenta de 150 a 200 dias de chuva por ano.</p>	<p>Serra do Mar</p> <p>Apresenta altitudes superiores a 700m e efeito orográfico com pluviosidade superior a 3.000 mm.</p>	<p>Litoral</p> <p>Ubatuba – entre Maranduba e ponta da Trindade – pluviosidade média entre 2000 e 2500 mm.</p>
		<p>Caraguatatuba – entre a Ilha Bela e Maranduba – pluviosidade média de 1700 mm associada à zona de sombra provocada pela Serra do Juqueriquere.</p>
<p>Litoral Central</p> <p>Entre Ilha Bela e Peruíbe</p> <p>Participação dos sistemas frontais e polares é mais equilibrada, e o predomínio de um ou do outro se altera ano a ano. Apresenta de 150 a 200 dias de chuva por ano com pluviosidade média elevada chegando a 4.500 mm.</p>	<p>Serra do Mar</p> <p>Distância da serra ao mar é de 10 a 30 km estando exposta a Frente Polar Atlântica.</p>	<p>Litoral</p> <p>Maresias – áreas mais chuvosas</p>
	<p>Serra do Quilombo - Pluviosidade maior que 4000 mm</p>	<p>Baixada Santista - Precipitações entre 2000 a 2500 mm</p>
	<p>Serra de Mongaguá - Pluviosidade entre 2000 e 2500 mm</p>	<p>Praia Grande a Peruíbe – Diminuição da precipitação condicionada ao afastamento progressivo da escarpa e a zona de sombra provocada pela Serra do Itatins.</p>
<p>Litoral Sul</p> <p>Influência de massas tropicais e polares, maior variação de precipitação. Invernos com maior frequência de dias com temperaturas baixas. Com mínima absoluta de – 4º C em altitudes elevadas. 1 a 5 dias de geada por ano. Apresenta de 125 a 150 dias de chuva por ano</p>	<p>Serras</p> <p>Juréia - Itatins – Pluviosidade elevada superior a 3000 mm.</p>	<p>Litoral</p> <p>Juréia – Pluviosidade 2500 mm</p>
	<p>Serra de Itaqueri – Pluviosidade de 2000 mm</p>	<p>Iguape – Pluviosidade menor que 2000 mm</p>
	<p>Serra de Paranapiacaba – afastada cerca de 100 km do mar sem influências marítimas, compensadas pelo efeito orográfico. Pluviosidade de 2000 mm.</p>	<p>Cananéia – Pluviosidade de 2000 a 2500 mm e com aumento de temperatura da superfície das águas oceânicas devido ao complexo estuarino-lagunar</p>
	<p>Vale do Ribeira</p> <p>Morraria Costeira</p>	<p>Juquia – Precipitação inferior a 1500mm</p>
		<p>Registro – Precipitação baixa</p>
<p>Eldorado – Precipitação inferior a 1500 mm devido à zona de sombra de chuva.</p>		
<p>Jacupiranga – Precipitação baixa devido à zona de sombra de chuva.</p>		



A Província Costeira que constitui uma grande feição de realce do litoral sudeste tem sua gênese associada à evolução da borda continental atlântica envolvendo, para sua compreensão, tanto aspectos da história evolutiva do planalto adjacente, como da baixada litorânea e da plataforma continental, aonde a atuação dos processos tectônicos e morfoclimáticos, ao longo dos tempos cenozóicos, vêm definindo as suas características fisionômicas e dinâmicas.

A participação da tectônica na configuração do litoral paulista é um fato aventado desde os trabalhos de FREITAS (1944 e 1951) e MARTONNE (1933/1950) sendo corroborado mais recentemente pelos trabalhos de FULFARO *et al.* (1974), FULFARO e PONÇANO (1974), RICCOMINI *et al.* (1986), MELO (1990), MELO *et al.* (1990), CAMPANHA *et al.* (1992), SOUZA (1995), COSTA *et al.* (1998) dentre outros.

Nesse sentido é interessante notar que embora em linhas gerais as planícies maiores apresentem seqüências sedimentares comparáveis, elas mostram características morfológicas distintivas, indicando que os mecanismos similares de sedimentação sofreram interferência de fatores neotectônicos diferenciados, que foram responsáveis pela configuração atual da Província Costeira, durante e após o Pleistoceno.

Portanto, as diferentes feições observadas na região serrana e na planície costeira mostram que sua evolução está associada à interação entre processos tectônicos cenozóicos, a ação da erosão diferencial sobre as rochas e as variações do nível marinho durante o Quaternário, período em que a ação do clima vem sendo de grande importância no desenvolvimento dos processos morfogenéticos, pedogenéticos e de estabelecimento da cobertura florestal.

As variações do clima ao longo do Quaternário, parecem ter influenciado na distribuição geográfica, na evolução da diversidade, na coevolução, na seleção, na competição e na extinção das espécies florestais, como vem sendo sugerido por diversos estudos (LEDRU *et al.*, 1996, 1998; SALGADO LABOURIAU *et al.*, 1998; BISSA *et al.*, 2000; YBERT *et al.*, 2001), na região costeira do sul e sudeste.

YBERT *et al.* (2001) ao analisar as variações do clima no sul-sudeste do Brasil, indicam que durante o Holoceno tardio vem ocorrendo um aumento da umidade. No litoral e no interior do Rio Grande do Sul os registros mostram que o grau de umidade do clima vem aumentando desde 5000 / 4100 anos BP, com maior aumento durante os últimos 1000 anos.

Em Santa Catarina onde, embora tenha ocorrido um período mais seco entre 10.000 e 2.900 anos BP, tem-se nos registros palinológicos da Serra do Rio do Rastro um aumento acentuado de elementos da Floresta Pluvial Atlântica de 6500 anos BP até hoje. Na Planície Costeira de Santa Catarina um episódio úmido foi também apontado para o período de 4600 a 3500 anos BP.

No Paraná, na Serra Campos Gerais registra-se um aumento da umidade de 9500 anos BP para o presente, havendo um aumento marcante da precipitação entre 2850 a 1530 anos BP. Na bacia superior do Rio Paraná, registra-se também um período úmido entre 8000 e 3500 anos BP e outro de 1500 anos BP até hoje.



Em São Paulo, no Morro do Itapeva, os registros mostram um aumento da umidade após 4100 anos BP e que teria sido mais acentuado entre 2600 a 450 anos BP. Os dados obtidos na Planície de Cananéia-Iguape demonstram que o clima foi úmido desde 4400 anos BP, apresentando dois episódios levemente mais úmidos há 2000 anos e entre 1400 a 750 anos BP.

No Rio de Janeiro as maiores mudanças da vegetação teriam ocorrido entre 5500 e 1400 anos BP, tendo-se um período mais úmido entre 2300 e 2100 anos BP e entre 1000 e 600 anos BP.

BISSA et al. (2000) ao avaliar a evolução Paleoambiental na Planície Costeira do Baixo Ribeira, também registra um aumento da umidade, bem como mudanças ambientais significativas, que devem ter afetado a distribuição tanto da Floresta Atlântica de Encosta devido a maior proximidade do mar nessa época, como da Floresta de Restinga, cuja expansão se deu após o recuo do mar há 2600 anos BP. Os episódios registrados por BISSA et al. (2000) são sumariados no Quadro 13.

Quadro 13 - Eventos climáticos e evolução Paleoambiental na Planície Costeira do Baixo Ribeira segundo BISSA et al. (2000).

Período (anos BP)	Eventos
4400 -3250	Zona 1 – Região ocupada por laguna ou enseada. Diatomáceas marinhas, pólenes de plantas herbáceas, baixa concentração de polens de arbóreas sugerindo que a laguna estava cercada por floresta aberta localizada nos cordões e nas colinas adjacentes.
3250 - 2600	Zona 2 – Desaparecimento da laguna devido ao abaixamento do nível do mar, clima mais úmido que o anterior. A floresta ombrófila densa provavelmente paludosa recobre a região.
2600 - 1400	Zona 3 – Diminuição da diversidade polínica sugere clima um pouco mais seco, mas que permite que a floresta se mantenha.
2000	Pico de pólen de plantas arbóreas sugere um breve período mais úmido.
1400 - 775	Zona 4 – Aumento de polens e esporos de plantas pantanosas e pteridófitas e diminuição de polens arbóreos indicam que o local estava ocupado por um lago raso de água doce ou um pântano, provavelmente relacionado a uma subida do nível freático e a um aumento de precipitação.
775 – hoje	Zona 5 – A floresta paludosa se reinstala e o clima volta a ser um pouco menos úmido.

Portanto, pode-se considerar que as informações mostram nitidamente um aumento da umidade para esse setor da costa brasileira, a partir de 6000 / 5000 anos BP com períodos alternados de maior ou menor umidade.

Diante deste quadro em que os atributos dos terrenos variam ao longo de toda a Província Costeira, refletindo a sua constituição e evolução, que tem sido condicionada pelos fatores neotectônicos e climáticos durante o Quaternário, e onde a configuração atual desses terrenos



interfere na distribuição das chuvas e das temperaturas condicionando a dinâmica superficial dos terrenos é que se deve procurar entender a distribuição da vegetação, cujo processo evolutivo sem dúvida reflete a complexidade dos condicionantes abióticos que ocorrem nessa região.

### 2.3.2. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual Carlos Botelho

A Floresta Ombrófila Densa dos 10,24ha de Parcela Permanente do P.E. Carlos Botelho se desenvolve sobre Cambissolos Latossólicos, Neossolos litólicos e Gleissolos Háplicos (SOARES JUNIOR; VIDAL-TORRADO e SILVA, 2004).

A área da Parcela Permanente está inserida em relevo de Morros e Montanhas, ocupando parte de um anfiteatro cujas encostas são constituídas por segmentos erosivos e por segmentos desenvolvidos sobre depósitos de tálus. A configuração das encostas condiciona a distribuição dos solos, de modo que a correlação entre a forma, a constituição e a cobertura detritica permite estabelecer um perfil morfopedológico, em que se relacionam também as condições dinâmicas, associados a cada um desses segmentos (LEPSCH *et al*, 2004), Figuras 1 e 2.

Na área adjacente a Parcela Permanente ocorre abaixo do divisor de águas, no trecho superior da encosta, um segmento retilíneo de inclinação acentuada, constituído por rochas graníticas de composição granodiorítica a granítica, textura porfirítica, granulação fina a média, sobre os quais se formam Cambissolos Háplicos Tb distróficos latossólicos textura argilosa. Nesse setor ocorrem processos de rastejo, evidenciados por freqüentes degraus na encosta (terraces), pela inclinação de troncos das arvores e escorregamentos planares indicados pelas cicatrizes de deslizamentos e clareiras.

Abaixo desse segmento ocorre ruptura de declive negativa, marcando uma diminuição da inclinação, que favorece a deposição de detritos removidos da parte superior, estando associada a um corpo de tálus onde são freqüentes blocos e matações de granito, espalhados por toda superfície deste tipo de terreno. Tais depósitos detríticos apresentam topo levemente aplanado com inclinação suave. Comumente essa superfície de topo é limitada por ruptura de declive positiva, que marca aumento de inclinação.

Este segundo segmento íngreme estende-se até outra ruptura de declive negativa, que limita um segundo nível de depósito de tálus. Esta seqüência se repete marcando um terceiro nível de depósito detrítico, que se estende até o talvegue, onde ocorre o retrabalhamento torrencial dos detritos e se forma um cone de dejeção (ou aluvial), que a jusante, no ponto de confluência das torrentes serranas, atinge amplo desenvolvimento.

Os corpos de tálus e cones aluviais são constituídos por blocos e matações métricos de granito e alguns blocos angulosos de quartzo de veio. Nas proximidades, ocorrem diques com blocos sub angulosos de rochas básicas. A matriz destes depósitos é formada por areia grossa a



média, arcoseana, rica em grânulos de quartzo, feldspato e fragmentos de rocha sendo, por vezes, micáceas.

Nos três níveis de depósitos detríticos ocorrem, em unidades de mapeamento simples ou compostas, Cambissolos Háplicos Tb distróficos textura média (rasos e/ou pouco profundos), Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos. Os solos desses patamares detríticos são predominantemente de textura média, com cascalhos e fragmentos de rocha em decomposição sendo formados a partir do retrabalhamento do regolito dos patamares superiores.

No canto inferior direito, sul da parcela, sobre um dique de rocha básica desenvolvem-se os Cambissolos Háplicos distroféricos típicos, ocorrendo na massa do solo, blocos e matacões de rocha alterada com esfoliação esferoidal.

Nestes depósitos predominam processos associados ao entalhe erosivo das torrentes, que formam segmentos de encostas abruptos, onde ocorrem pequenos escorregamentos e entalhes profundos nos depósitos. Outro processo freqüente nestes depósitos de tálus é a erosão interna ("piping"), caracterizada pelo escoamento das águas pluviais e fluviais por entre os blocos e matacões, que provocam freqüentemente, o desaparecimento dos canais e o seu surgimento em pontos distantes.



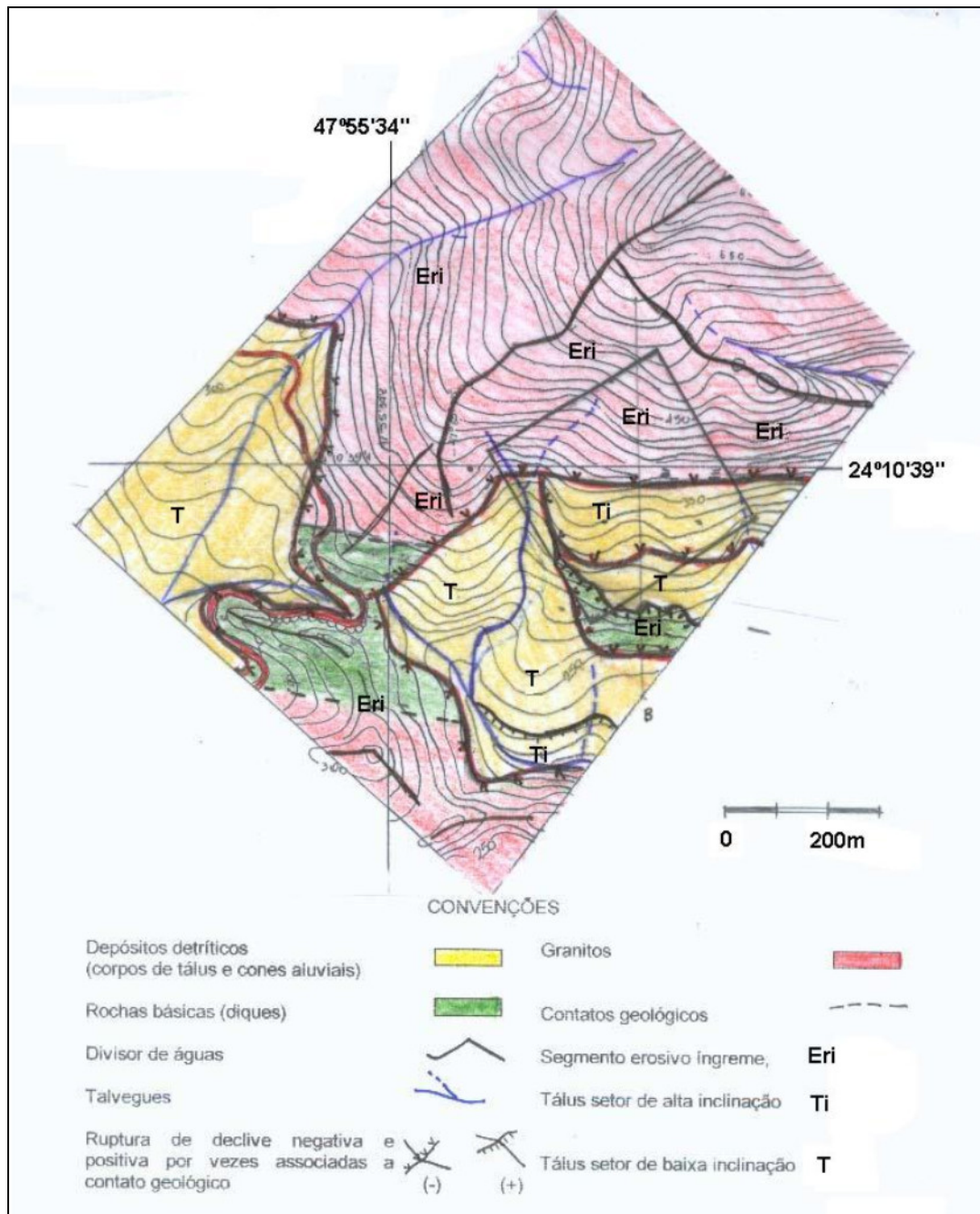


Figura 1 .Esboço Geomorfológico da encosta serrana onde está implantada a Parcela Permanente do Parque Estadual de Carlos Botelho segundo LEPSCH, PIRES NETO e SOARES JUNIOR (2004).

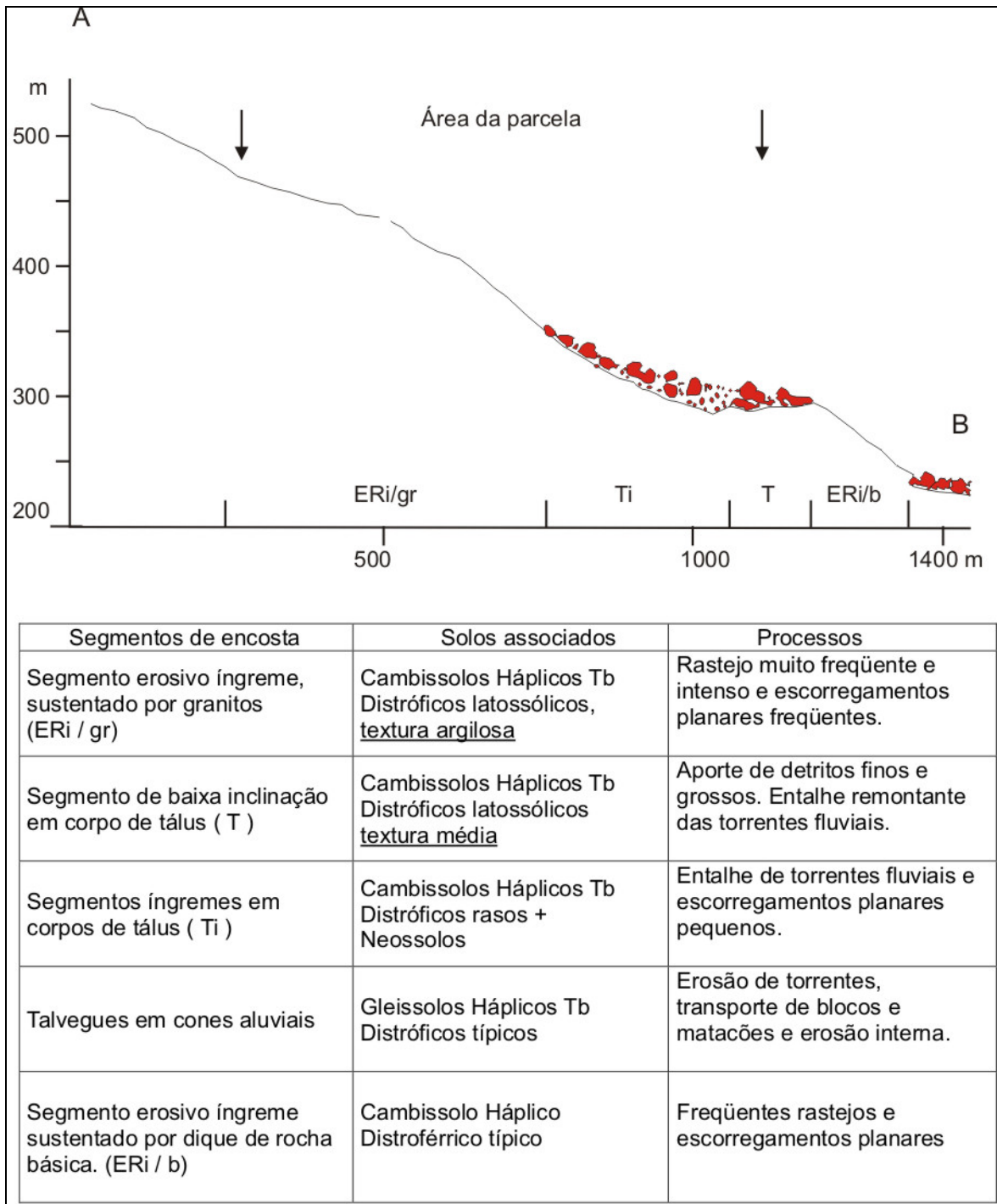


Figura 2 .Perfil morfopedológico da encosta da Serra do Mar, em que se encontra implantada a Parcela Permanente do Parque Estadual de Carlos Botelho segundo LEPSCH, PIRES NETO e SOARES JUNIOR (2004).



### 2.3.2.1 Área de Influência

A Área de Influência da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa de Carlos Botelho, analisada na escala 1:50.000, abrange uma área com cerca de 340 km<sup>2</sup>, limitada pelas coordenadas UTM (22J) 7980 – (23J) 2080 e 7315 – 7332. A área está localizada na Serra de Paranapiacaba (Serrania Costeira) que é constituída por rochas ígneas e metamórficas do embasamento cristalino, intrusivas básicas mesozóicas e por depósitos detriticos cenozóicos. Esses materiais deram origem a cambissolos e argissolos sobre os quais se desenvolve a Floresta Atlântica de Encosta.

### 2.3.2.2. Compartimentos de Relevo e Atributos dos Terrenos

A Área de Influência da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Carlos Botelho, Figura 3, abrangeu parte do Parque Estadual de Carlos Botelho englobando três compartimentos de relevo: o Planalto de Guapiara, a Serra de Paranapiacaba e a Morraria Costeira (PONÇANO et al., 1981).

O Planalto de Guapiara corresponde a região mais elevada com altitudes de 750 a 940 m. É limitado por uma escarpa erosiva irregular e de diferentes amplitudes, que se desenvolve ao longo dos vales que dissecam o planalto. Em alguns trechos, a escarpa associa-se a linha de falha, que na área delimita a Serra de Paranapiacaba. É formado pelos seguintes terrenos: Morros, Morros e Morrotes, Morrotes angulosos e por Morrotes Paralelos, Fotos 16, 17 e 18.

A Serra de Paranapiacaba, afastada cerca de setenta e cinco (75) quilômetros do mar, é caracterizada por relevos de grandes amplitudes (Morros e Montanhas) cujos topos se encontram em altitudes de 500 a 800m, e está rebaixada de 50 a 150 m com relação ao Planalto de Guapiara. Ao longo dos vales é comum a presença de cones de dejeção, enquanto que associado ao sopé das encostas íngremes formam-se corpos de tálus como na área em que está implantada a Parcela Permanente.

A Morraria Costeira, cujo limite está em parte condicionado pela Falha de Caucaia, constitui um pequeno trecho no sul da área de influência com altitudes entre 20 e 250 m, sendo caracterizada pela presença de relevos de Morros residuais, Morrotes e Colinas, Terraços fluviais e Planícies fluviais extensas.

O Planalto de Guapiara, a Serra de Paranapiacaba e a Morraria Costeira diferenciam-se por seus elementos constituintes e atributos, pela distribuição espacial e pelos diferentes níveis de altitude. Determinam doze tipos de terrenos, que tem suas características sumariadas no Quadro 14, e sua distribuição apresentada na Figura 4.



Quadro 14 - Compartimentos de relevo e atributos dos terrenos delimitados na Área de Influência da Parcela Permanente de Carlos Botelho.

Compartimento de relevo (altitude)	Tipo de Terreno Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos*
Planalto de Guapiara  Altitudes: 750 a 940 m	MORROS	Granitos e embrechitos facoidais, filitos, xistos, gnaisses bandados e migmatitos xistosos e rochas miloniticas.	Cambissolo háplico distrófico textura argilosa ou argilosa com cascalho ou cambissolo latossólico + Argissolo Amarelo distrófico textura média / argilosa (CX+PA)
	MORROS E MORROTOS		
	MORROTOS ANGULOSOS	Filitos, xistos, gnaisses bandados e migmatitos xistosos de granulometria fina com foliação bem desenvolvida e rochas miloniticas.	Argissolo amarelo distrófico + argissolo amarelo distrófico latossólico ambos textura média / argilosa ou argilosa (PA+PA latossólico)
	MORROTOS PARALELOS		
Serra de Paranapiacaba  Altitudes: 50 a 850 m	ESCARPAS	Granitos e embrechitos facoidais. Associam-se milonitos, cataclasitos e	Cambissolo háplico distrófico textura média a argilosa normalmente álico + Neossolo lítico distrófico textura média a argilosa (CX+RL). Cambissolo háplico distrófico, latossolico textura argilosa ou argilosa com cascalho álico (CX)
	MONTANHAS E MORROS	diques de rochas básicas (diabásios, basaltos e gabros).	
	CORPOS DE TALUS	Constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados imersos em matriz areno-argilosa arcoseana, arenosa ou argilosa.	Cambissolos Hápicos Tb Distróficos latossólicos textura média a argilosa rochosos + Cambissolos Hápicos Tb Distróficos + Neossolos Líticos
	CONES DE DEJEÇÃO PLANÍCIE FLUVIO COLUVIAL	Constituídos por níveis de seixos orientados e blocos arredondados intercalados com camadas de areias médias e grossas, micáceas, por vezes arcoseanas e ou argilosas, que predominam no topo.	Cambissolo háplico distrófico textura argilosa pedregosa e rochosa + Argissolo amarelo distrófico textura argilosa / muito argilosa com ou sem rochividade (CX blocos+PA) + Neossolo Flúvico textura errática por vezes com camadas seixosas (CX+RU)
Morraria Costeira  Altitudes: 20 a 250 m	MORROS RESIDUAIS	Granitos e embrechitos facoidais, filitos, xistos, gnaisses bandados e migmatitos xistosos e rochas miloniticas.	Cambissolo háplico distrófico textura argilosa ou argilosa com cascalho ou cambissolo latossólico + Argissolo Amarelo distrófico textura média / argilosa (CX+PA)
	MORROTOS E COLINAS	xistos, gnaisses bandados e migmatitos xistosos de granulometria fina com foliação bem desenvolvida e rochas miloniticas	Argissolo amarelo distrófico + Argissolo amarelo distrófico latossólico ambos textura média / argilosa ou argilosa (PA + PA latossólico)
	TERRAÇO FLUVIAL	Cascalhos oligomíticos, areias arcoseanas e lamitos. Espessuras até 10 m.	Cambissolo háplico distrófico textura média ou argilosa + Neossolo Flúvico textura errática por vezes com camadas seixosas (CX+RU)
	PLANÍCIE FLUVIAL	Silte, argila, areia, cascalho e matéria orgânica em cama das de espessuras e arranjos variados.	Gleissolo háplico distrófico textura argilosa ou média álico (GX) Neossolo Flúvico textura argilosa por vezes com camadas seixosas + Cambissolo Háplico textura média (RU+CX)

\* As informações sobre os solos foram obtidas do Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do Rio Ribeira de Iguape (LEPSCH et al, 1999) e dos levantamentos de campo.

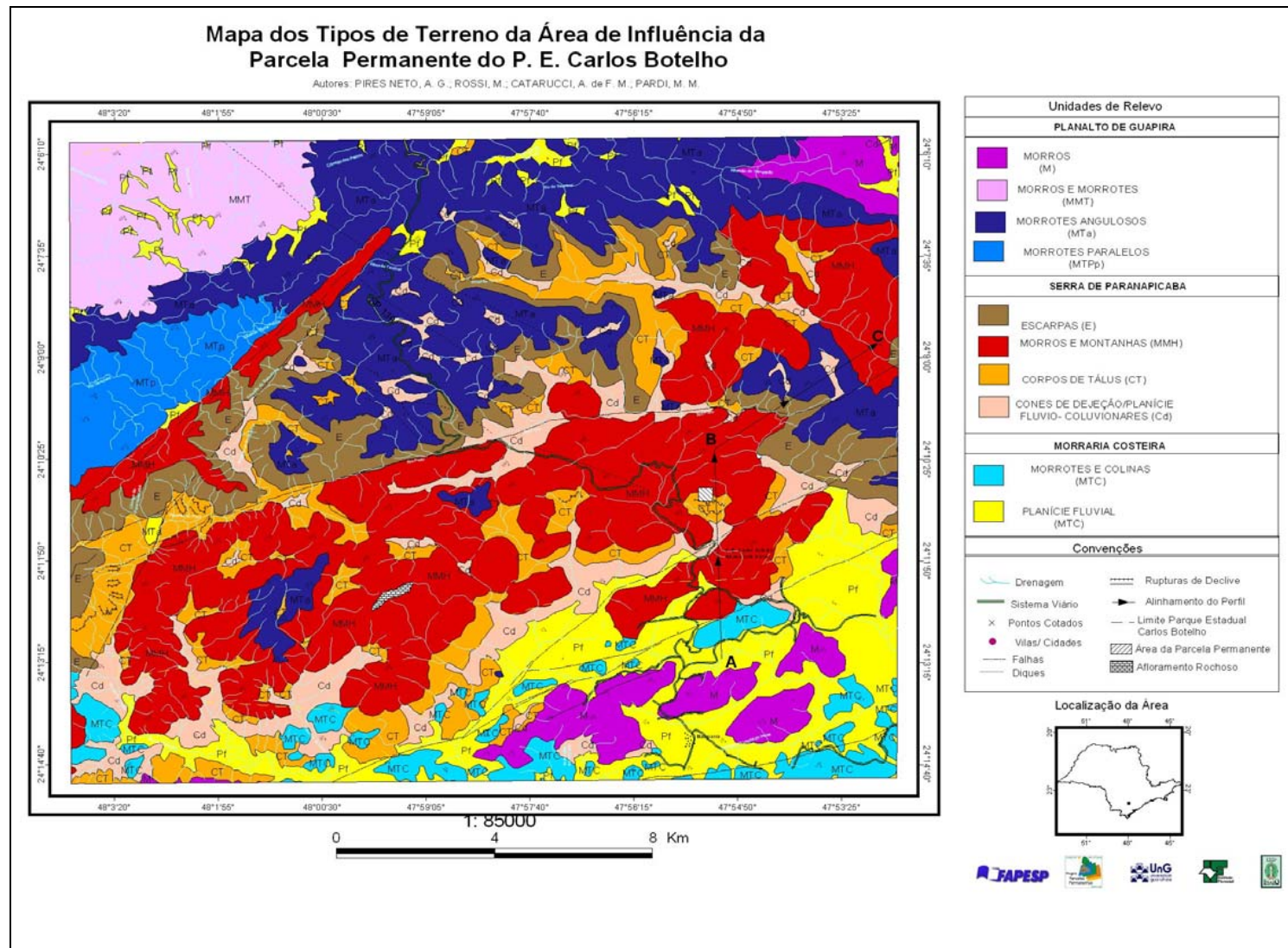
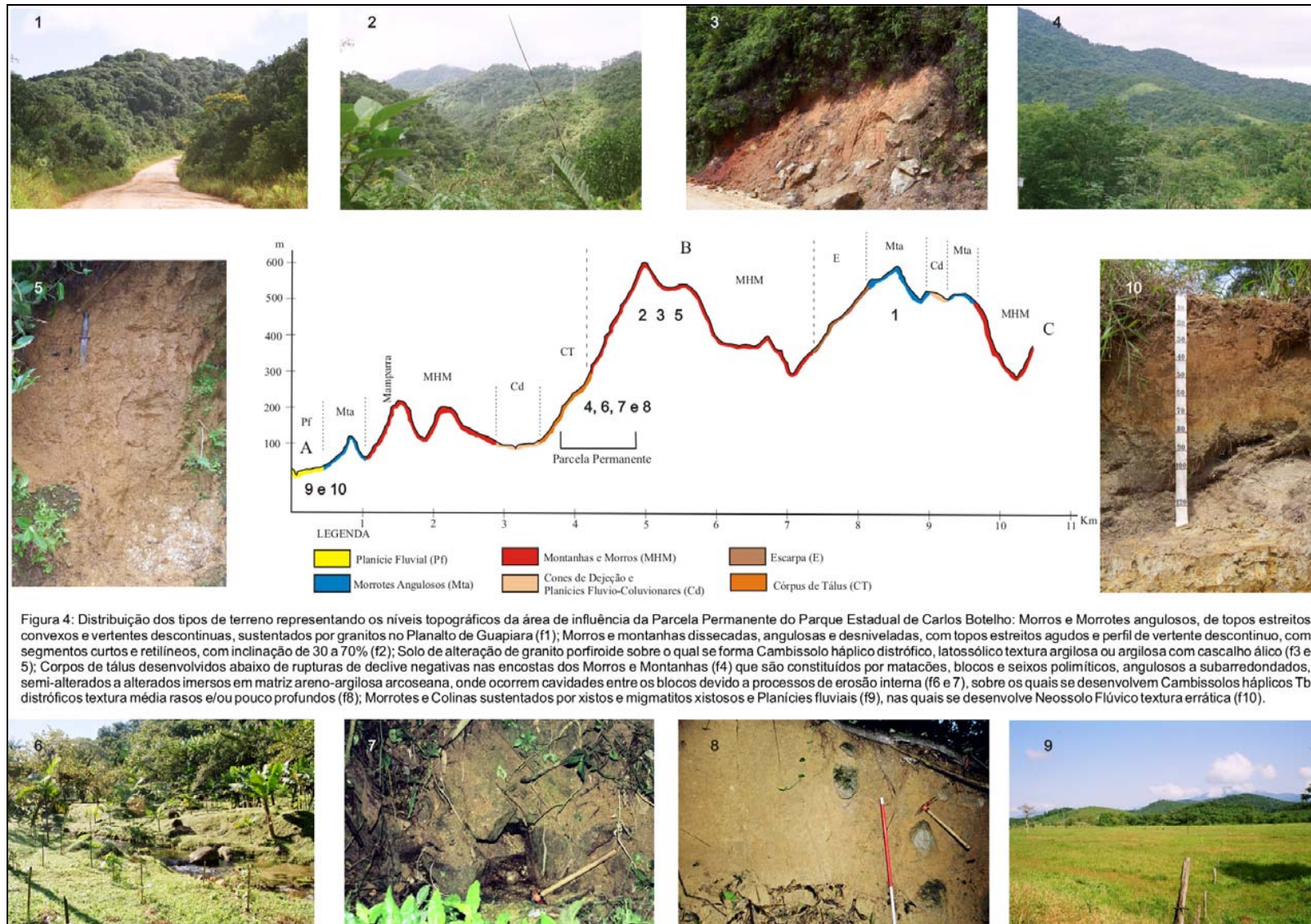


FIGURA 3. Mapa de Tipos de Terrenos da Área de Influência da Parcela Permanente do Parque Estadual de Carlos Botelho.



Legenda das Unidades de Terreno da Área de Influência do Parque Estadual de Carlos Botelho

MAPA ANEXO (Folha A3)





### 2.3.2.3. *Terrenos da Serra de Paranapiacaba e sua relação com a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica de Encosta).*

A Parcela Permanente de Carlos Botelho, que representa a Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica de Encosta, está relacionada aos Corpos de tálus e as encostas dos Morros e Montanhas, que constituem a Serra de Paranapiacaba.

A parcela está estabelecida sobre um segmento de encosta íngreme dos Morros e Montanhas, constituído por rochas graníticas e por Cambissolos Háplicos Tb distróficos latossólicos textura argilosa; e sobre três níveis de corpo de tálus, constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados imersos em matriz areno-argilosa arcoseana, arenosa ou argilosa, sobre os quais se desenvolvem Cambissolos Háplicos Tb distróficos textura média (rasos e/ou pouco profundos), Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos.

De modo geral, os terrenos de Morros, de Morros e Morrotes, de Morrotes angulosos e de Morrotes Paralelos que caracterizam o Planalto de Guapiara, não apresentam relação com a Parcela Permanente de Carlos Botelho, devido as suas características e altitude que é superior a 750 m, o mesmo acontecendo com os Terraços Fluviais, a Planície Fluvial, os Morrotes e Colinas da Morraria Costeira, onde as características dos terrenos em muito diferem daquelas encontradas na Parcela Permanente. A exceção dos Morros residuais com depósitos de tálus que poderiam apresentar situações e processos similares aos encontrados na área da Parcela Permanente.

Os Morros e Montanhas apresentam formas dissecadas, angulosas e desniveladas, com topos estreitos agudos. O perfil de vertente é descontínuo com segmentos curtos e retilíneos, com comprimento de 300 – 1500 m e inclinação de 30 a 70%. Apresentam vales erosivos e muito encaixados, com canais em rocha e blocos, com cachoeiras e rápidos, e Planícies alveolares localizadas a montante de soleiras. A densidade de drenagem é alta, com densa rede de canais de primeira ordem pouco encaixados.

Os Morros e Montanhas são terrenos, constituídos por granitos porfiróides e embrechitos facoidais de composição granítica a granodiorítica, formadas por quartzo, feldspatos e micas, por milonitos e diques de rochas básicas (diabásios, basaltos e gabros) com granulação fina à média e orientação ENE-WNW ou NE-NW. Sobre as rochas graníticas formam-se Cambissolo háplico distrófico, latossólico textura argilosa ou argilosa com cascalho álico (CX), enquanto que às rochas básicas associam-se a Cambissolo Háplico Distroférrico típico.

Os processos erosivos, freqüentes e de alta intensidade, que ocorrem nesses terrenos, tais como ravinas, rastejo e movimentos de massa do tipo escorregamentos planares e queda de blocos, e o entalhe fluvial, dissecam os expressivos corpos de tálus que ocorrem no sopé das encostas.





Os Corpos de tálus são constituídos por matações, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados imersos em matriz areno-argilosa arcoseana, arenosa ou argilosa. Esses sedimentos quando atingem o fundo dos vales são retrabalhados pelas torrentes serranas e formam planícies fluvio-colúviais e cones de dejeção, constituídos por níveis de seixos orientados e blocos arredondados intercalados com camadas de areias médias e grossas, micáceas, por vezes arcoseanas e ou argilosas, que predominam no topo.

Os terrenos Morros e Montanhas correspondem ao relevo classificado por PONÇANO et al. (1981) como Montanhas com vales profundos (253), sendo semelhante às Serras Alongadas (251), cuja presença na Província Costeira é uma característica do Vale do Ribeira, ocorrendo na Serra de Paranapiacaba, na Serrania do Ribeira e na Serrania de Itatins.

Fora esse setor da Serrania Costeira tem-se a presença de relevos de Morros e Montanhas, somente na Serra de Mongaguá, caracterizada pelo relevo Serras Alongadas (251), que ocorre na frente da Escarpa da Serra do Mar como um relevo residual. Esses setores muito se diferenciam do trecho constituído pela Serra do Mar, que forma um compartimento contínuo, entre Peruipe a Parati, caracterizado pela presença de Escarpas Festonadas (521) e Escarpas com Espigões digitados (522), cuja distância máxima do mar não chega a trinta (30) quilômetros.

Embora ocorram diferenças nos tipos de relevo, pode-se considerar que elas não estão condicionadas ao substrato rochoso, pois as Montanhas com vales profundos (253) e as Serras Alongadas (251) que ocorrem no Vale do Ribeira são sustentadas por granitos, xistos, filitos, migmatitos e charnoquitos, do mesmo modo que as Escarpas Festonadas (521) e Escarpas com Espigões digitados (522), da Serra do Mar.

No entanto a distribuição dos solos na Serrania Costeira mostra uma forte relação relevo-solo, pois nas Escarpas Festonadas (521) e Escarpas com Espigões digitados (522) independentemente do substrato rochoso predominam Cambissolos Háplicos Distróficos textura argilosa e média fase não rochosa e rochosa + Latossolo Vermelho-Amarelo Distróficos textura argilosa ambos com A, moderado e proeminente (OLIVEIRA *et al.*, 1999). Enquanto que nos relevos de Montanhas com vales profundos (253) e nas Serras Alongadas (251) do Vale do Ribeira, ocorrem diferentes associações de Cambissolos, com ocorrências de Argissolos Vermelho-Amarelo, Argissolos Vermelhos, Neossolos Litólicos e Afloramentos rochosos.

Diante deste quadro, cabe considerar que as diferenças de relevo e de solos na Província Costeira estariam associadas principalmente à atuação diferenciada do clima e dos processos neotectônicos, que teriam sido predominantes na morfogênese da Província Costeira paulista durante o Cenozóico.

As diferenças de relevo e de solos encontradas nos terrenos que constituem os grandes compartimentos da Serrania Costeira, no entanto, poderiam ser minimizadas quando analisada em detalhe, uma vez que tanto os Morros e Montanhas como as Escarpas podem estar



associadas à presença de Corpos de Tálus, Cones de Dejeção e Planícies aluvio-colúviais, que têm sido identificados e mapeados em diversos locais ao longo da Serra do Mar.

Esses depósitos, com possíveis características semelhantes estariam localizados na região de Boracéia e Guaratuba e entre Caraguatatuba e Maranduba, onde ocorrem corpos graníticos, semelhantes aos que ocorrem na área da Parcela Permanente.

ROSSI (1999) aponta diferenças no comportamento da vegetação nos variados segmentos das encostas e associa-os a diversos tipos de solos. Sendo constatado por SIMONNETTI (2001), que a estrutura e principalmente a composição da floresta apresentam diferenças entre os segmentos de encostas e os depósitos colúviais (corpo de tálus), havendo uma maior diferenciação na floresta que se desenvolve sobre os depósitos aluviais (cones de dejeção e planícies aluvio-colúviais) associados a Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos e Neossolos Flúvicos. Tal fato estaria condicionado pela dinâmica superficial da região, aonde à ação das torrentes serranas não permitem a formação de solos bem desenvolvidos, devido a constante remoção e aporte de sedimentos, que também interferem no banco de sementes e plântulas, alterando a estrutura e a densidade da floresta.

Nos depósitos colúviais, onde ocorrem Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos e Latossolo Amarelo Dístrófico típico, e nas encostas, onde ocorrem Latossolo Amarelo Dístrófico típico e Latossolo Amarelo Dístrófico câmbico, a floresta é mais densa e com raras árvores de grande porte que ultrapassem o dossel. Nesses setores predominam processos de infiltração e de escoamento subsuperficial, que atuam durante a maior parte do ano sem afetar a cobertura vegetal, enquanto que os escorregamentos embora sejam responsáveis pela remoção da floresta, são mais aleatórios e permitem que nas cicatrizes, a sucessão primária se desenvolva até seu estado clímax. SIMONNETTI (2001) aponta ainda para o papel da orientação das encostas que interfere tanto na composição da floresta como nas características físico-químicas dos solos.

Além dos aspectos dinâmicos diferenciados no perfil transversal das escarpas que interferem na vegetação, deve-se considerar as diferentes condições de pluviosidade e temperatura, observadas ao longo da Província Costeira (SANT'ANNA *et al.*, 1991), que poderiam também condicionar diferenciações na composição e na estrutura da floresta.

Por fim, deve-se considerar que embora sejam reconhecidas diferentes situações abióticas ao longo da Serrania Costeira no litoral paulista, ainda não se têm elementos suficientes para se afirmar se eles condicionam variações na estrutura e composição da Floresta Atlântica de Encosta. Havendo portanto a necessidade de outros levantamentos, em que se adote avaliações mais expeditas da vegetação, que permitam a comparação entre os diferentes aspectos morfopedológicos dos terrenos, sua dinâmica superficial e o seu contexto climático.



### 2.3.3. Parcela Permanente de Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso

A Floresta de Restinga, que ocorre nos 10hs de Parcela Permanente no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, está localizada no interior do Complexo Estuarino Lagunar de Iguape-Cananéia. Essa floresta associa-se a presença de Espodossolos Ferrocárbico Hidromórfico, Gleissolo histico, Neossolos Quartzarênicos hidromórficos e Organossolos (GOMES, 2005), que se desenvolveram sobre sedimentos marinhos quaternários, constituídos por areias quartzosas finas, micáceas, com restos de conchas que formam cordões regressivos e sobre areias argilosas ricas em matéria orgânica depositadas nas depressões intercordões.

A distribuição dos solos está associada a variação da topografia da parcela, que a norte está mais próxima ao nível do mar, aumentando sua altitude para sul, no interior da parcela. Na porção mais próxima a Planície de maré, que é mais baixa e alagada, ocorre o Neossolo Quarzoarênico hidromórficos. Após a subida de cerca de 1,5 m ocorre um incipiente desenvolvimento do horizonte espódico e do horizonte de eluviação, havendo mais para o interior da parcela, o maior desenvolvimento de horizonte espódico e de horizonte de eluviação.

Tal fato sugere que quanto mais próximo do mar mais incipiente são os processos de eluviação, cuja intensidade vai aumentando para o interior da parcela, em direção as áreas melhor drenadas. Isso evidencia que próximo ao mar os sedimentos são mais jovens que no interior da parcela, o que resulta do caráter regressivo do mar nos últimos 5.000 anos. Esse processo regressivo estaria relacionado ao abaixamento do nível do mar da Transgressão Santos, (SUGUIO e MARTIN, 1978), cujos registros na região apresentam máximos a altitudes de 2 e 5 m.

As características dos solos, dos sedimentos e a forma do terreno em que está implantada a Parcela Permanente da Ilha do Cardoso permitem associá-la as Planícies marinhas planas ou pouco onduladas formadas por cordões baixos e por depressões intercordões parcialmente alagadas. Tais feições estariam associadas a Transgressão Santos, que na região de Iguape-Cananéia, foi também responsável pela formação das Planícies marinhas com cordões.

#### 2.3.3.1. Área de Influência

A Área de Influência da Parcela Permanente de Floresta de Restinga da Ilha do Cardoso, mapeada na escala 1:125.000, tem aproximadamente 1530 km<sup>2</sup>, é limitada pelas coordenadas UTM (22J) 7780 – (23J) 2200 e 7206 – 7258. Essa área representa a Baixada Litorânea, a Morraria Costeira e a Serrania do Ribeira.

A Baixada Litorânea é formada por sedimentos quaternários marinhos, mistos e continentais e ocupada pela Floresta de Restinga. A Morraria Costeira e a Serrania do Ribeira são constituídas por sedimentos terciários e rochas do embasamento cristalino que sustentam relevos de Escarpas, Morros e Montanhas, Morros residuais e Morrotes e Colinas.



Os sedimentos quaternários deram origem a espodossolos, neossolos quartzarênicos, organossolos e gleissolos, que se distribuem nas planícies e terraços marinhos, nas planícies de marés, nas praias e dunas e nas depressões intercordões. Aos sedimentos terciários e as rochas do embasamento associam-se cambissolos, argissolos e neossolos litólicos.

### 2.3.3.2. *Compartimentos de Relevo e Atributos dos Terrenos*

A Área de Influência da Parcela Permanente da Floresta de Restinga da Ilha do Cardoso englobou uma grande extensão da Baixada Litorânea, para que se pudesse identificar áreas da Planície marinha com características semelhantes a da Parcela Permanente e que estivessem voltadas para dentro dos canais do estuário. Foram ainda incluídas partes da Morraria Costeira e da Serrania do Ribeira, para que se pudesse ter um entendimento dos condicionantes da distribuição do relevo da região. Assim foram identificados três compartimentos de relevo: a Serrania do Ribeira, a Morraria Costeira e a Baixada Litorânea (PONÇANO *et al.*, 1981).

Esses compartimentos de relevo condicionam a distribuição dos terrenos, que se diferenciam por seus elementos constituintes e atributos, tendo sido identificados quatorze (14) unidades que tem suas características sumariadas nos Quadros 15 e 16, e sua distribuição apresentada na Figura 5.

A Serrania do Ribeira é constituída por relevos de Escarpas e de Morros e Montanhas, com grandes amplitudes (cujos topos se encontram em altitudes de 300 a 1270m), estando bem próximos ao mar. Esses terrenos ocorrem na parte leste da Área de Influência, sendo circundados por Morrotes e Colinas da Morraria Costeira e por terrenos da Baixada Litorânea.

Os Morrotes e Colinas que se desenvolvem ao longo dos vales, formaram-se por processos de pedimentação, que acabaram isolando núcleos de relevo de Morros e Montanhas e de Morros residuais que formam serras como as de Paratiu, Cordeirinho, Miguel, Arrepiado, Tapitingui, Cardoso, Itapanapina e Ariri.

Ao longo dos vales em que se instalaram os Morrotes e Colinas, ocorrem Planícies fluviais contínuas e extensas, que se alargam em direção a planície costeira e Terraços fluviais localizados.

A Baixada Litorânea formada por sedimentos quaternários marinhos, mistos e continentais, constitui uma extensa planície costeira caracterizada por diferentes tipos de terrenos, tais como: Terraços marinhos, Planícies fluviais complexas, Planície marinha com cordões, Planície marinha, Planície de maré, Praias, Dunas e Depressões intercordões.



Quadro 15 - Compartimentos de relevo e atributos dos terrenos delimitados na Área de Influência da Parcela Permanente da Ilha do Cardoso (Serrania do Ribeira e Morraria Costeira).

Compartimento de relevo (altitude)	Tipo de Terreno Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos*
<p>Serrania do Ribeira e Morraria Costeira</p> <p>Altitudes: 50 a 1200 m</p>	MORROS E MONTANHAS	Granitos porfiroides a granoblásticos grossos, granitos de granulação média e embrechitos facoidais, Xistos, filitos e migmatitos xistosos e rochas miloníticas.	Cambissolo háplico distrófico, latossolico textura argilosa ou argilosa com cascalho álico (CX)
	MORROS RESIDUAIS	Xistos e migmatitos xistosos e rochas miloníticas.	Argissolo amarelo distrófico + argissolo amarelo distrófico latossólico ambos textura média/argilosa ou argilosa (PA+PA latossólico)
	MORROTOS E COLINAS	Brechas sedimentares, paraconglomerados e lamitos, intercalados com conglomerados e areias com estratificação cruzada; ortoconglomerados, areias e argilas da Fm. Pariquera-Açu.	Argissolo vermelho amarelo distrófico latossolico, textura argilosa e media argilosa (PVA 85,86)
	CONES DE DEJEÇÃO PLANÍCIE FLUVIO COLUVIAL	Constituídos por níveis de seixos orientados e blocos arredondados intercalados com camadas de areias médias e grossas, micáceas, por vezes arcoseanas e ou argilosas, que predominam no topo.	Cambissolo háplico distrófico textura argilosa pedregosa e rochosa + Argissolo amarelo distrófico textura argilosa ou muito argilosa com ou sem rochosidade (CX+PA) e Cambissolo háplico distrófico textura argilosa pedregosa e rochosa + Neossolo Flúvico textura errática por vezes com camadas seixosas (CX+RU)
	TERRAÇO FLUVIAL	Cascalhos oligomíticos, areias arcoseanas e lamitos. Espessuras até 10 m.	Cambissolo háplico distrófico textura média ou argilosa + Neossolo Flúvico textura errática por vezes com camadas seixosas (CX+RU)
	PLANÍCIE FLUVIAL	Silte, argila, areia, cascalho e matéria orgânica em camadas de espessuras e arranjos variados.	Gleissolo háplico distrófico textura argilosa ou média álico (GX) e Neossolo Flúvico textura argilosa por vezes com camadas seixosas + Cambissolo háplico textura média (RU+CX)

As informações sobre os solos foram obtidas do Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do Rio Ribeira de Iguape (LEPSCH et al, 1999) e trabalhos de levantamento de campo.



Quadro 16 - Compartimentos de relevo e atributos dos terrenos delimitados na Área de Influência da Parcela Permanente da Ilha do Cardoso (Planície Costeira).

Compartimento de relevo (altitude)	Tipo de Terreno Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos*
Baixada Litorânea  Altitudes: 0 a 13 m	PLANÍCIE FLUVIAL COMPLEXA	Areia, silte, argilas e matéria orgânica. Cascalhos são restritos.	Gleissolo tiomórfico argiloso + Gleissolo háplico indiscriminado (GT+GX)
	TERRAÇO MARINHO	Constituída por areias quartzosa finas e muito finas, de cor amarela a ocre, cimentada ou não, resultante de deposição marinha regressiva, de idade pleistocênica (Fm. Cananéia).	Espodossolo ferrocárbico hidromórfico ou não hidromórfico textura arenosa. Os Neossolos quartzarênicos aparecem como inclusão (ES)
	PLANÍCIE MARINHA COM CORDÕES	Constituída por areias quartzosas finas marinhas, micáceas, com restos de conchas, de idade holocênica (Transgressão Santos). Intercalam-se camadas de argilas plásticas e argilas siltosas cinza a negra, com matéria orgânica nos alagadiços e também areia média e grossa próxima à escarpa e aos canais fluviais.	Espodossolo ferrocárbico hidromórfico ou não hidromórfico textura arenosa + Neossolo quartzarênico (ES+RQ)
	PLANÍCIE MARINHA		Espodossolo ferrocárbico hidromórfico ou não hidromórfico textura arenosa + Organossolos + Neossolo quartzarênico (ES+O+RQ)
	PLANÍCIE DE MARÉ	Constituída por argila, silte (em alguns locais areia muito fina) e grande quantidade de restos vegetais e conchas.	Gleissolo tiomórfico salino
	PRAIAS	Constituída por areia fina a muito fina quartzosa, micácea e inconsolidada.	Neossolo quartzarênico (RQ)
	DUNAS	Constituída por areia fina a muito fina quartzosa	
	DEPRESSÕES INTERCORDÕES	Constituída por areias finas marinhas, matéria orgânica ocorrendo argila de modo subordinado.	Organossolo hêmico ou fíbrico + Gleissolo melânico ou háplico (O+GM)

As informações sobre os solos foram obtidas do Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do Rio Ribeira de Iguape (LEPSCH et al, 1999) e trabalhos de levantamento de campo.

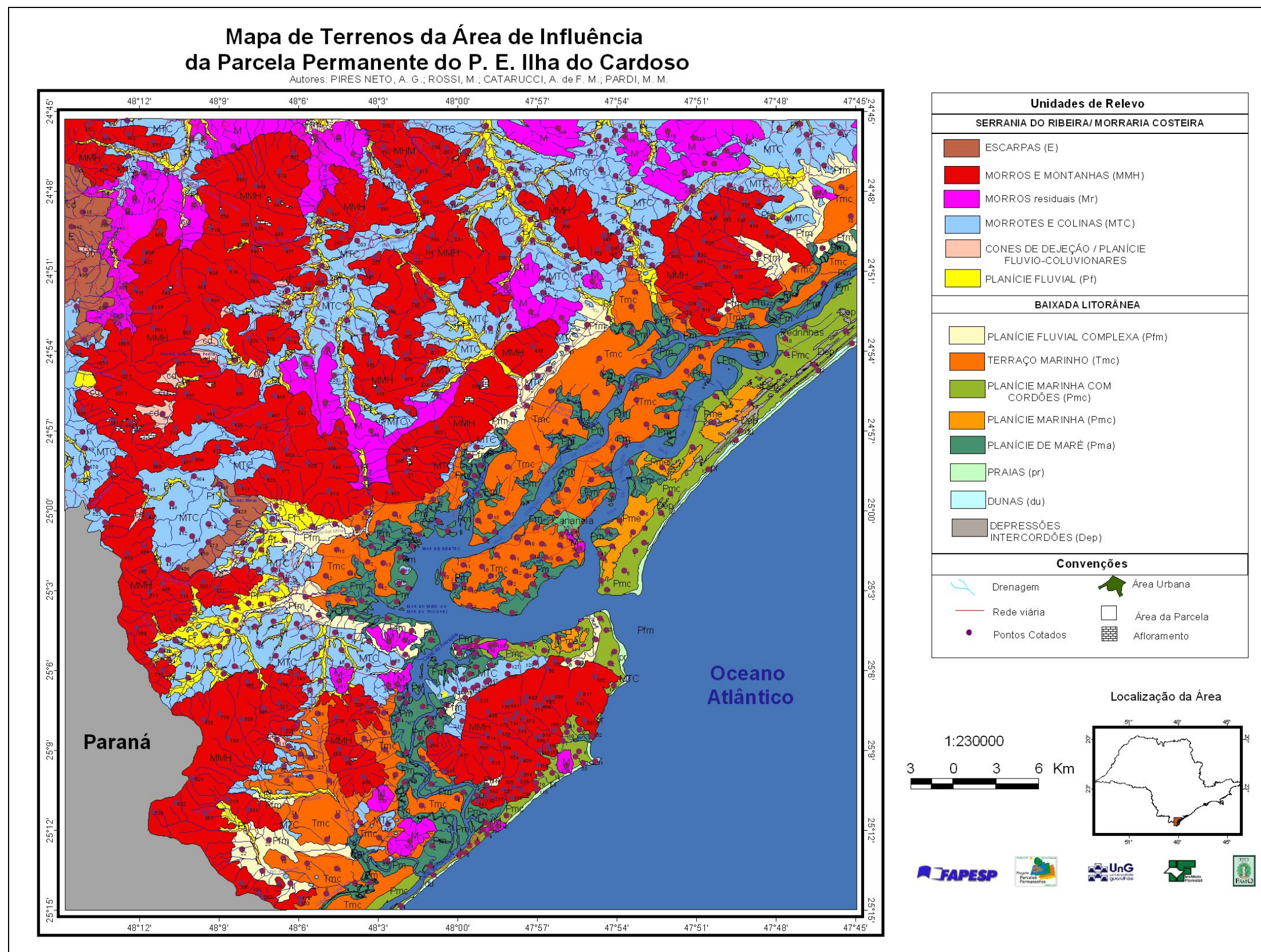









Figura 5 - Mapa dos Tipos de Terreno da Área de Influência da Parcela Permanente do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.









Legenda das Unidades de Terreno da Área de Influência do Parque Estadual da Ilha do Cardoso

Unidades de Relevô	Morfometria	Morfografia	Substrato	Solos	Dinâmica Superficial	
<b>SERRANIA DO RIBEIRA /MORRARIA COSTEIRA</b>						
	ESCARPAS (E)	Amplitude: 180 a 490 m Comprimento de Rampa: 600 a 1100 m Inclinação: 30 a 48% Altitude: 500 a 900 m	Formas alongadas, assimétrica, sub- nivelada. Na cimeira tem ruptura de declive nítida. Perfil de vertente contínuo retilíneo ou descontínuo devido a presença de corpos de tálus e/ou pedimentos. Vales erosivos em V aberto, pouco encaixado. Média densidade de drenagem	Granitos porfiróides, gnaisses porfiroblásticos e migmatitos de paleossoma gnaissico	Cambissolo háplico distrófico textura argilosa ou argilosa com cascalho ou Cambissolo latossólico + Argissolo Amarelo distrófico textura média/argilosa (CX+PA)	Erosão laminar em sulcos e ravinas ocasionais e de baixa intensidade. Ravinas, rastejo e movimentos de massa: escorregamentos planares e queda de blocos são frequentes e de alta intensidade. Entalhe fluvial é generalizado e de alta intensidade. Terrenos muito suscetíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas e a intensidade dos processos erosivos.
	MORROS E MONTANHAS (MMH)	Amplitude: 140 a 600 m Comprimento de rampa: 300-1500 m Inclinação: 30 a 70% Altitude: 200 a 1200 m	Formas dissecadas, angulosas e desniveladas. Topos estreitos agudos. Perfil de vertente descontínuo, segmentos retilíneos e curtos. Vales erosivos em e muito encaixados. Canais em rocha e blocos, com cachoeiras e rápidos. Planícies alveolares localizadas a montante de soleiras. Densidade de drenagem alta, com densa rede de canais de primeira ordem pouco encaixados.	Granitos porfiróides a granoblástico grosso, granitos de granulação média e embrechitos facoidais. Composição granítica a granodiorítica, formadas por quartzo, feldspatos e micas. Os solos de alteração têm textura variável podendo ser areno-argiloso até argilo-arenoso, ricos em grânulos e fragmentos de rocha, sendo comum os blocos e matações métricos. O solo residual argiloso ou areno-argiloso com grânulos, sendo de profundos a pouco profundos.	Cambissolo háplico distrófico textura argilosa ou argilosa com cascalho álico (CX)	
	MORROS RESIDUAIS (Mr)	Amplitude: 100 a 200 m Comprimento de rampa: 200-850 m Inclinação: 30 a 70% Altitude: 100 a 300 m	Formas desniveladas. Topos estreitos, convexos e agudos. Perfil de vertente contínuo, segmentos convexos e retilíneos. Vales erosivos e erosivos acumulativos. Canais em rocha e blocos. Planície fluvio-coluvial. Alta densidade de drenagem.	Xistos e migmatitos xistosos de granulometria fina com foliação bem desenvolvida sendo constituídas por micas, silte, feldspato e quartzo e rochas miloníticas. Essas rochas têm solos superficiais argilo-arenosos, com espessuras inferiores a 0,5m e resistentes à erosão. Os solos de alteração são argilo-siltosos, micáceos e com blocos. Têm baixa coesão e são francamente erodíveis. Solos superficiais silto-argilosos a muito argilosos, com espessuras de até 1,5 m. Os solos de alteração são argilo-siltosos a argiloso, podendo apresentar seixos.	Argissolo amarelo distrófico + Argissolo amarelo distrófico latossólico ambos textura média/argilosa ou argilosa (PA+PA latossólico) Argissolo vermelho amarelo distrófico latossólicos, textura argilosa e média argilosa (PVA 85,86).	Escoamento laminar e concentrado localizados e de moderada intensidade. Rastejo e escorregamentos frequentes e de moderada a alta intensidade. Terrenos muito suscetíveis à interferência devido à inclinação de suas encostas e a erodibilidade dos solos de alteração.
	MORROTES E COLINAS (MTc)	Amplitude: 40 a 90 m Comprimento de rampa: 150-400 m Inclinação: 10 a 30% Altitude: 50 a 130 m	Formas subniveladas com dissecação variada. Topos estreitos, agudos e convexos e topos amplos e convexos. Perfil de vertente contínuo, segmentos retilíneos e convexos. Vales erosivos e acumulativos. Em forma de V encaixados nos morrotes a abertos com rampas aluvio-coluviais nas colinas. Canais em rocha, blocos e aluviais nos morrotes e aluviais meandantes nas colinas. Densidade de drenagem variada.			Erosão laminar em sulcos (ravinas) frequentes e de baixa intensidade. Rastejo e escorregamentos pequenos localizados nas encostas mais íngremes são de baixa intensidade. Entalhe fluvial localizado e de média intensidade e com deposição fluvial nas planícies. Terrenos sensíveis à interferência devido à erodibilidade dos solos e a setores de encostas mais íngremes.
	CONES DE DEJEÇÃO PLANÍCIE FLUVIO-COLUVIONARES (Cd)	Inclinação: 5 a 15% Altitudes variadas	Rampas posicionais subhorizontais e/ou côncavas, associadas ao fundo de vales sua chegada na planície, onde se alargam formando leques que se interdigitam com os depósitos das planícies aluviais. Formados por ação fluvial, pluvial e gravitacional.	Constituídos por níveis de seixos orientados e blocos arredondados intercalados com camadas de areias médias e grossas, micáceas, por vezes arcoseanas e ou argilosas, que predominam no topo.	Cambissolo háplico distrófico textura argilosa pedregoso e rochoso + Argissolo amarelo distrófico textura argilosa ou muito argilosa com ou sem rochosidade (CX blocos+PA) + Neossolo flúvico textura errática por vezes com camadas seixosas (CX+RU)	Erosão vertical e lateral de canais e rastejo são frequentes e de média intensidade. Acúmulo de detritos é frequente e de média a alta intensidade. Terrenos muito suscetíveis à interferência devido à ação das torrentes serranas e à mobilidade dos depósitos.
	TERRAÇO FLUVIAL (Tf)	Inclinação: < 5% elevados de 5 a 10m acima dos rios	Áreas planas ou onduladas, levemente inclinadas em direção ao rio. São descontínuas e apresentam bordas abruptas, ocorrendo ao longo dos rios maiores. Baixa densidade de drenagem.	Cascalhos oligomíticos, areias arcoseanas e lamitos. Espessuras até 10 m.		Erosão laminar em sulcos e entalhe fluvial ocasional e de baixa intensidade. Terrenos pouco suscetíveis à interferência que no entanto precisam ser controlados devido à proximidade dos rios e de APPs.
	PLANÍCIE FLUVIAL (Pf)	Inclinação: <2% elevadas de 2 a 8m acima dos rios	Áreas planas formadas pela ação deposicional dos rios. Compreende a planície de inundação e os baixos terraços. Têm alagadiços e pântanos em canais abandonados, apresentam margens abruptas.	Silte, argila, areia, cascalho e matéria orgânica em cama das de espessuras e arranjos variados.	Gleissolo háplico distrófico textura argilosa ou média álico (GX)	Freático elevado. Erosão laminar em sulcos localizados e de baixa intensidade. Erosão lateral e vertical do canal, enchentes sazonais, deposição de finos durante as enchentes por decantação e de areias e seixos por acréscimo lateral. Terrenos muito suscetíveis (impróprios) à ocupação, com risco de inundação e contaminação e de interferência com APPs.





## Legenda das Unidades de Terreno da Área de Influência do Parque Estadual da Ilha do Cardoso

BAIXADA LITORÂNEA						
	PLANÍCIE FLUVIAL COMPLEXA (Pfm)	Inclinação: <2% elevadas de 1 a 3 m acima dos rios	Incluem planícies fluvio-lagunares e fluvio marinhas não diferenciadas. São áreas planas onduladas que abrigam a faixa de movimentação dos canais meândricos (leito maior). Associam-se alagadiços em canais abandonados, pântanos, barras em pontal, barras longitudinais e ilhas. Nas paleolagunas, há retrabalhamento fluvial, conferindo a estas faixas, características distintas das planícies adjacentes.	Areia, silte, argilas e matéria orgânica. Cascalhos são restritos.	Gleissolo háplico distrófico textura argilosa ou média álico (GX)	Freático elevado. Erosão laminar em sulcos localizados e de baixa intensidade. Erosão lateral e vertical do canal, enchentes sazonais, deposição de finos durante as enchentes por decantação e de areias e seixos por acréscimo lateral. <b>Terrenos muito suscetíveis (impróprios) à ocupação, com risco de inundação e contaminação e de interferência com APPs.</b>
	TERRAÇO MARINHO (Tmc)	Altitudes 6 a 13 m	Áreas planas elevadas. Tem cordões marinhos curtos e espaçados e alagadiços nas depressões intercordões. Associam-se campos de dunas restritos. Canais aluviais meândricos. Média a baixa densidade de drenagem.	Constituída por areias quartzosas finas e muito finas, de cor amarela a ocre, cimentadas ou não, resultantes de deposição marinha regressiva de idade pleistocênica (Formação Cananéia).	Espodossolo ferrocárbico hidromórfico ou não hidromórfico textura arenosa. Neossolos quartzarênicos aparecem como inclusão (ES)	Erosão fluvial na margem dos rios, inundações nas depressões intercordões devido ao freático elevado. <b>Terrenos suscetíveis à ocupação devido à dificuldade de escoamento.</b>
	PLANÍCIE MARINHA COM CORDÕES	Altitudes 2 a 5 m	Áreas planas onduladas formadas pela alternância de cordões marinhos longos e depressões intercordões alagadiças e pantanosas, paralelas à linha de costa.	Constituída por areias quartzosas finas marinhas, micáceas, com restos de conchas de idade holocênica (Transgressão Santos). Intercalam-se camadas de argilas plásticas e argilas silteosas cinza a negra, com matéria orgânica nos alagadiços e também areia média e grossa próxima à escarpa e aos canais fluviais.	Espodossolo ferrocárbico hidromórfico ou não hidromórfico textura arenosa + Neossolo quartzarênico (ES +RQ)	Freático elevado. Erosão por ação das ondas e entalhe lateral de canais meândricos. Inundações periódicas devido ao regime pluvial. <b>Terrenos muito suscetíveis à ocupação, devido à dificuldade de escoamento e ao risco de inundação.</b>
	PLANÍCIE MARINHA (Pm)	Altitudes 2 a 12 m	Áreas planas pouco onduladas formadas por cordões baixos e por depressões intercordões parcialmente alagadas. Na parte interna dos canais estuarinos apresentam dois níveis: um mais elevado e ondulado pelos cordões marinhos e outro mais baixo e alagadiço, acima do nível da planície de maré.		Espodossolo ferrocárbico hidromórfico ou não hidromórfico textura arenosa + Organossolos + Neossolo quartzarênico (ES+O+RQ)	
	PLANÍCIE DE MARÉ (Pma)	Altitudes 2 a 3 m	Áreas planas na faixa de oscilação das marés, de encontro de águas doces e salgadas e abrigadas das circulações mais enérgicas. Associam-se zonas mais elevadas só atingidas pela maré de sizígia, canais de maré meândricos, vegetação de mangue e gramíneas.	Constituída por argila, silte (em alguns locais areia muito fina) e grande quantidade de restos vegetais e conchas.	Gleissolo tiomórfico salino	Inundações diárias pela maré e intensa deposição de finos e matéria orgânica. <b>Terrenos muito suscetíveis (impróprios) à ocupação, devido à inundação diária pela maré e a presença de solos moles.</b>
	PRAIAS (pr)	Altitudes 0 a 1 m	Áreas planas e inclinadas suavemente em direção ao mar. Formas retilíneas e alongadas. Apresentam bermas e pequenas falésias.	Constituída por areia fina a muito fina micácea e inconsolidada.	Neossolo quartzarênico (RQ)	Movimentação lateral e vertical constante de sedimentos, condicionadas às variações de energia e direção das ondas e das correntes litorâneas. Movimentação de areia pela ação dos ventos. <b>Terrenos muito suscetíveis (impróprios) à ocupação devido à ação do mar e da mobilidade dos sedimentos.</b>
	DUNAS (du)	Altitudes 0 a 3 m	Áreas onduladas desenvolvidas no pós praias pela ação eólica sobre as areias marinhas.	Constituída por areia fina a muito fina quartzosa		Movimentação freqüente de areia pela ação dos ventos em direção ao continente. <b>Terrenos muito suscetíveis (impróprios) à ocupação devido à mobilidade dos sedimentos.</b>
	DEPRESSÕES NA PLANÍCIE (Dep)	Altitudes 1 a 2 m	Áreas deprimidas entre cordões marinhos que formam alagadiços e pântanos ocorrendo tanto na planície como em terraços marinhos.	Constituídos por areias finas marinhas, matéria orgânica ocorrendo argila de modo subordinado.	Organossolo hêmico ou fíbriico + Gleissolo melânico ou háplico (O+GM)	Alagamento durante as chuvas devido ao freático elevado, deposição intensa de matéria orgânica. <b>Terrenos muito suscetíveis à ocupação devido à dificuldade de escoamento e ao caráter pantanoso.</b>



Os Terraços marinhos são constituídos por sedimentos pleistocênicos da Fm. Cananéia, sobre os quais se desenvolveram Espodossolo ferrocárbico hidromórfico ou não hidromórfico, textura arenosa com inclusões de Neossolos quartzarênicos. Os Terraços apresentam altitudes de até 13m nas porções mais internas, próximos ao embasamento cristalino, onde muitas vezes penetram ao longo dos vales mais amplos e isolam Morros e Montanhas e Morros residuais. Os rios que atravessam os Terraços marinhos, retrabalham esses depósitos dando origem a Planícies fluviais complexas (fluvio-marinhas), que geralmente se desenvolvem entre os Terraços marinhos e os relevos continentais (Morros e Montanhas e Morrotes e Colinas).

Os Terraços marinhos, nas áreas mais externas e próximas do mar, apresentam altitudes de 5 a 6m. É comum a presença de cordões litorâneos com grandes amplitudes que marcam a fase regressiva dessa sedimentação, Figura 6.

Durante a fase regressiva, que se estabeleceu por volta de 17.000 anos BP, com o nível de mar a aproximadamente -110 m, parte dos sedimentos da Formação Cananéia foram erodidos, formando-se vales. Durante a Transgressão Santos o mar penetrou nas áreas rebaixadas gerando um extenso sistema de lagunas, onde foram depositados argilas-arenosas e argilas-siltosas cinza, ricas em matéria orgânica. Nesta época o mar retrabalhou parte dos sedimentos da Formação Cananéia, que foram depositados, dando origem aos cordões litorâneos quaternários, que forma a Planície marinha estendendo-se entre o oceano e os depósitos marinhos arenosos pleistocênicos (SUGUIO e MARTIN, 1978).

Atualmente nas porções erodidas dos Terraços marinhos, ao longo dos canais fluviais, e dentro dos canais do estuário, formaram-se Canais e Planícies de maré, nos quais se desenvolve a vegetação de mangue.

Em vários locais da Ilha Comprida, constata-se que os Terraços com sedimentos da Formação Cananéia ocorrem como feições residuais e por vezes isoladas pela Planície marinha com cordões e/ou pelas Planícies de Maré.

As Planícies marinhas na Ilha Comprida, Figuras 7 e 8, e na Ilha do Cardoso, Figura 9, desenvolveram-se tanto do lado do oceano como do lado dos canais do estuário, como é o local onde foi implantada a Parcela Permanente.

As Planícies marinhas são holocênicas, tendo seu desenvolvimento associado a Transgressão Santos. Elas apresentam cordões litorâneos constituídos por areias quartzosas finas, mícáceas, com restos de conchas, depressões intercordões e áreas alagadiças onde ocorrem intercalações de argilas plásticas e argilas siltosas cinza a negra, com matéria orgânica, que derão origem a Espodossolo ferrocárbico hidromórfico ou não, textura arenosa e Neossolo quartzoarênico.

Na Planície marinha com cordões pode-se individualizar as Depressões intercordões, as Dunas e as Praias, que são terrenos formados próximo ao oceano pela ação das ondas e do vento.



As Depressões intercordões comumente são alongadas e de grande extensão, podendo ou não estar associada a canais de drenagem. São formadas por areias marinhas com matéria orgânica e argila de modo subordinado, onde se formam Organossolo hêmico ou fíbrico + Gleissolo melânico ou háplico.

As Dunas que na Ilha Comprida apresentam altitudes de 2 a 12 m, são paralelas a praia, desenvolvendo-se no pós-praia, pela ação eólica sobre as areias marinhas. As Praias são de areia fina a muito fina e apresentam baixa declividade. Sobre essas areias se desenvolve Neossolo quartzarênico.

A Planície marinha em que foi implantada a Parcela Permanente está voltada para a parte interna do canal do estuário. Ela apresenta dois níveis: um mais elevado e ondulado e outro mais baixo e alagadiço, acima do nível da Planície de maré. Essa planície é pouco mais elevada que a Planície marinha com cordão, sendo mais plana e pouco ondulada, formada por cordões marinhos baixos e por depressões intercordões parcialmente alagadas.

Esse tipo de Planície marinha sem cordão, associada à Transgressão Santos, até onde se pode constatar, com base no nível atual dos estudos, parece ter uma distribuição restrita tanto na Ilha do Cardoso, como na Ilha Comprida.

Essas áreas individualizadas na Ilha Comprida e representadas no mapa de Terrenos da Área de Influência da Parcela Permanente da Ilha do Cardoso foram investigadas por trado nos trabalhos de campo, não sendo constatada a presença de areias finas amarelas da Formação Cananéia, como indicado por SUGUIO e MARTIN (1978).

Esses pontos altos correspondem à ocorrência de Espodossolos ferrocárbicos hidromórficos ou não hidromórficos textura arenosa, Organossolos e Neossolos quartzoarênicos, que se desenvolvem sobre sedimentos da Transgressão Santos, em condições semelhantes a da Parcela Permanente.

A Planície de maré se desenvolve nas margens dos canais do interior do Complexo Estuarino Lagunar de Iguape-Cananéia, em locais abrigadas das circulações mais enérgicas, sendo constituída por áreas planas na faixa de oscilação das marés e de encontro de águas doces e salgadas. Essas áreas apresentam solos moles formados por areia fina, silte e argila (vasa), permanentemente alagadas, concentrações salinas elevadas e grande quantidade de restos vegetais e conchas, sendo cortadas por canais de maré meândricos e recobertas pela vegetação de mangue. Ocorre nesses terrenos Gleissolo tiomórfico salino.

#### *2.3.3.3. Terrenos e sua relação com os 10ha de Floresta de Restinga da Parcela Permanente.*

A Floresta de Restinga amostrada na Parcela Permanente do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, está associada as Planícies marinhas mais planas e pouco onduladas formadas por areias marinhas holocênicas, depositadas durante a Transgressão Santos, sobre os quais se



desenvolveram Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico, Gleissolo hístico, Neossolo Quartzarênico hidromórfico e Organossolos. Além desses atributos um aspecto importante na caracterização da Parcela Permanente está associado a sua localização, que é voltada para os canais do interior, do Complexo Estuarino Lagunar de Iguape-Cananéia, abrigada da ação mais enérgica das águas.

Na Área de Influência da Parcela Permanente da Ilha do Cardoso, as áreas com condições semelhantes a observada na Parcela, estariam restritas a parte interior da ilha Comprida, ao longo do Mar de Cananéia e na porção interior da praia de Ararapira, ao longo do canal homônimo, uma vez que nas demais áreas da região estuarina ocorrem Terraços marinhos, constituídos pela Formação Cananéia e Planícies de maré.

A delimitação de áreas semelhantes a Parcela Permanente foi feita por meio de interpretação de fotografias aéreas e com verificação de campo, quando se pode constatar que a relação entre os solos e o relevo, se mostra semelhante ao que se observou na Parcela Permanente. Situações similares foram observadas nas Planícies marinhas com cordão, onde no entanto, os organossolos não são tão desenvolvidos.

Embora sejam identificadas Planícies marinhas holocênicas com ou sem cordões em outras áreas da Baixada Litorânea, não se tem nos demais compartimentos de relevo as condições Estuarinas Lagunares que se tem na região de Iguape – Cananéia.

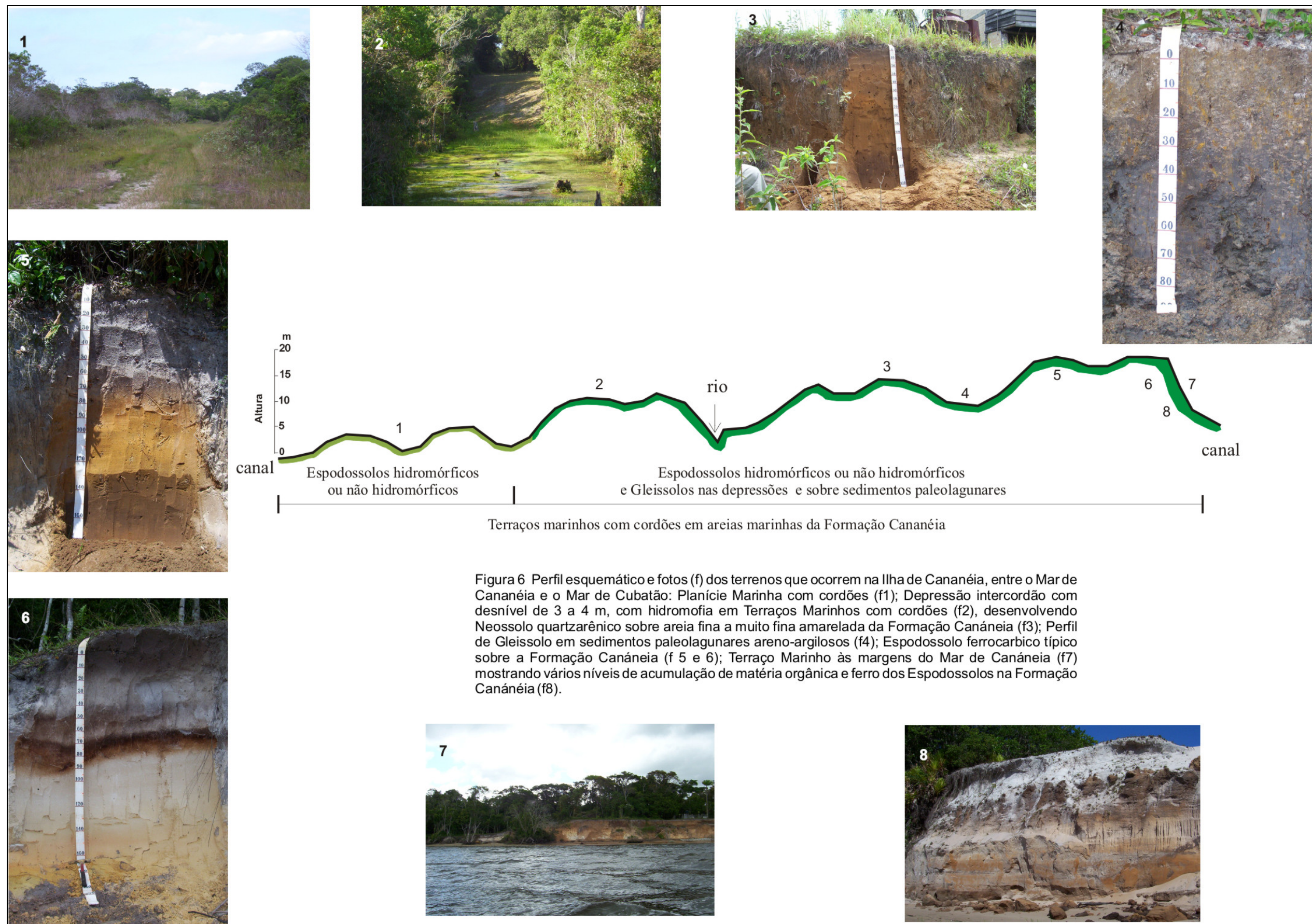
Condições com certa semelhança poderiam existir na região do Estuário de Santos e ao longo do Rio Itapanhaú, embora nessas áreas predominem as Planícies de maré com Gleissolos Sálícos associados a Gleissolos Timórficos e Espodossolos Ferrocárbicos hidromórficos.

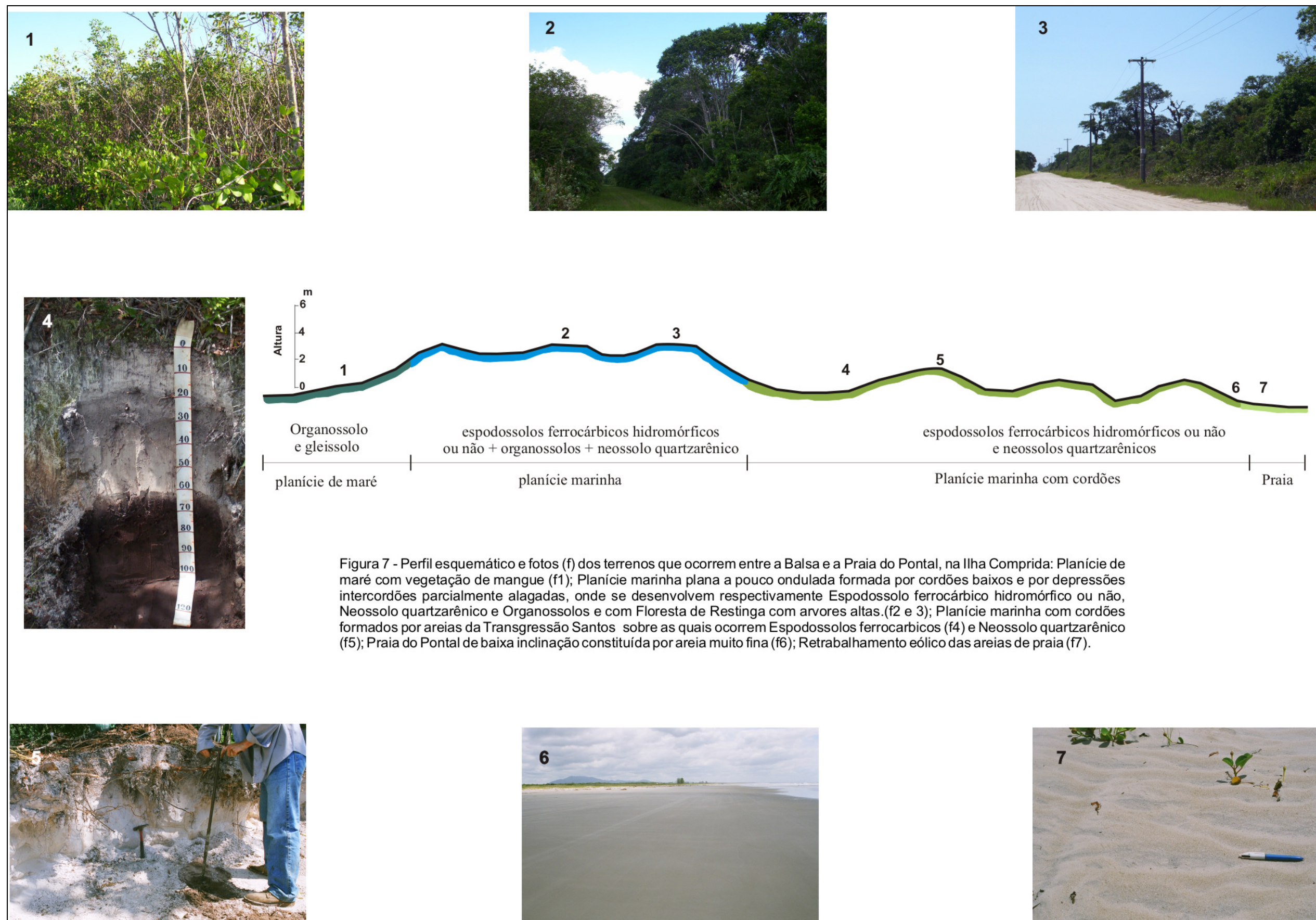
Nos demais trechos do litoral paulista embora tenham ocorrido processos de sedimentação semelhante aos que ocorreram na região de Iguape e Cananéia, os fatores neotectônicos condicionaram o desenvolvimento de planícies costeiras distintas, de modo que não se repetem as condições existentes na Parcela Permanente da Ilha do Cardoso.

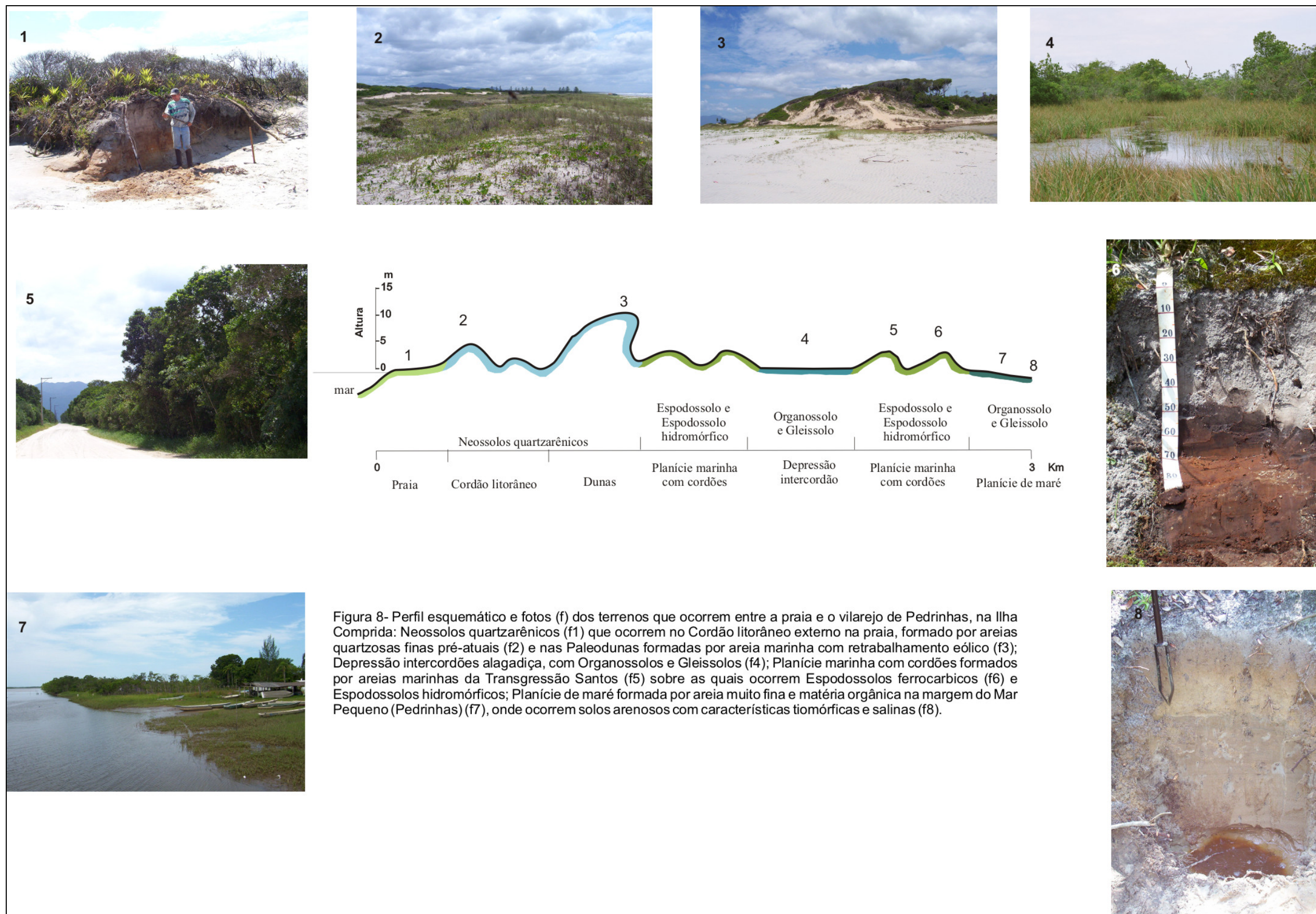
Do mesmo modo que no caso da Floresta Atlântica de encosta, as diferentes condições de pluviosidade e temperatura, hoje observadas ao longo da Província Costeira (SANT'ANNA et al., 1991), poderiam condicionar diferenciações na composição e na estrutura da Floresta de Restinga.

Assim pode-se considerar que a Parcela Permanente da Ilha do Cardoso é representativa da Floresta de Restinga desenvolvida em Planícies marinhas holocênicas, associadas à parte abrigada de áreas estuarinas e lagunares, como a que ocorre na região de Iguape – Cananéia e que se estende para o Estado do Paraná.

Para as demais áreas de Planícies marinhas com ou sem cordões, da planície costeira paulista seriam necessários outros levantamentos, em que se associe o condicionante morfológico dos terrenos, sua dinâmica superficial e o seu contexto climático, para permitir a comparação entre as diferentes situações abióticas que condicionam as possíveis variações de estrutura e composição da Floresta de Restinga.







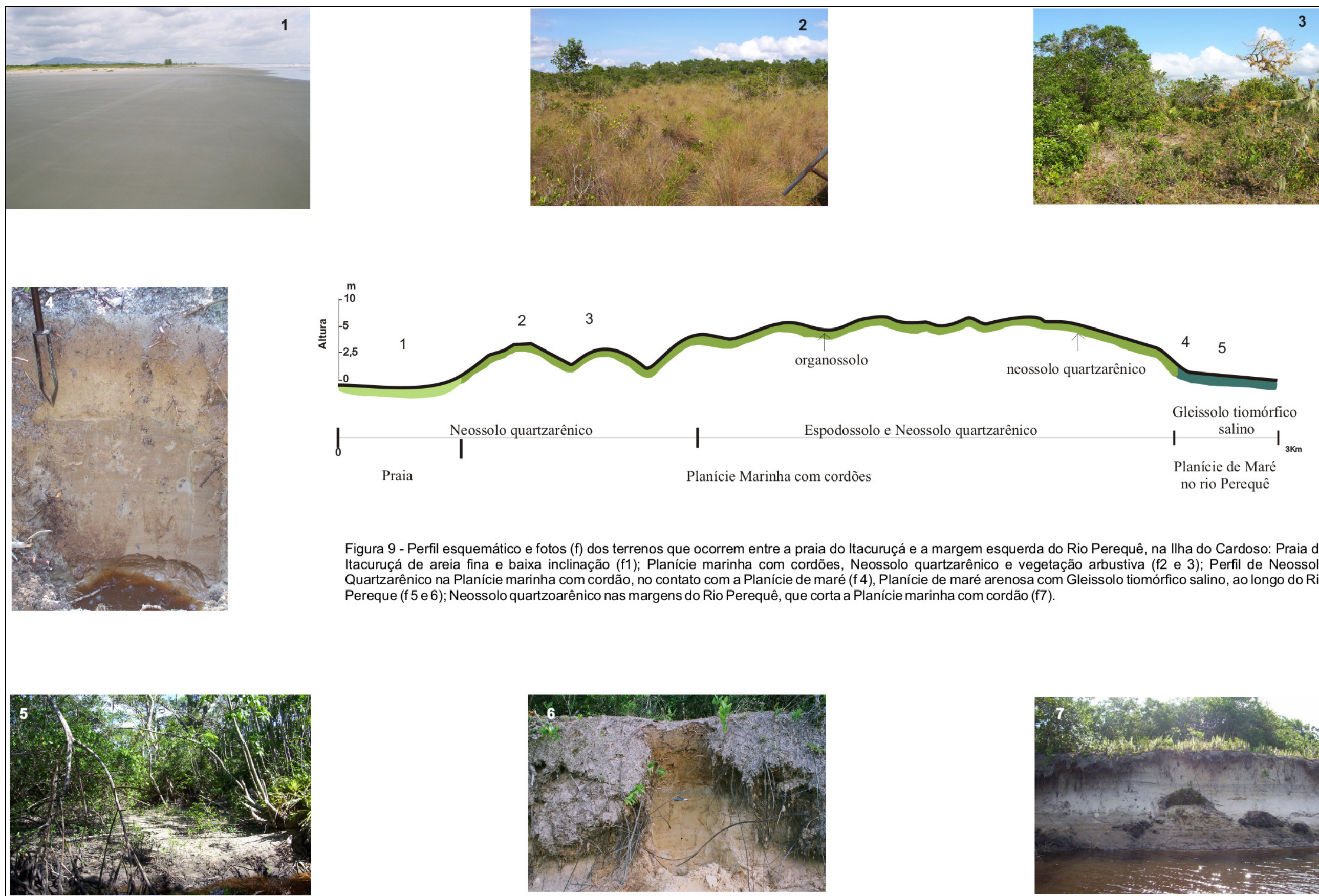


Figura 9 - Perfil esquemático e fotos (f) dos terrenos que ocorrem entre a praia do Itacuruçá e a margem esquerda do Rio Perequê, na Ilha do Cardoso: Praia de Itacuruçá de areia fina e baixa inclinação (f1); Planície marinha com cordões, Neossolo quartzarênico e vegetação arbustiva (f2 e 3); Perfil de Neossolo Quartzarênico na Planície marinha com cordão, no contato com a Planície de maré (f 4), Planície de maré arenosa com Gleissolo tiomórfico salino, ao longo do Rio Perequê (f 5 e 6); Neossolo quartzoarênico nas margens do Rio Perequê, que corta a Planície marinha com cordão (f7).





## 2.4. O Planalto Ocidental

### 2.4.1. Contexto Regional

O Planalto Ocidental é uma das unidades fisiográficas do Estado de São Paulo, já identificada desde o trabalho pioneiro de MORAES REGO (1932).

Ainda na mesma década, DEFFONTAINES (1935) denomina o Planalto Ocidental de Zona dos Arenitos e Derrames Basálticos, reconhecendo nessa região o papel do substrato rochoso no condicionamento dos solos e da cobertura florestal, "... as zonas puramente de arenito dão campos ou cerrados de solo arenoso, os afloramentos de terra roxa que não são mais aqui simples manchas como na zona permiana, mas constituem verdadeiros lençóis, trazem suntuosas florestas, frequentemente mais rica ainda que as da Serra do Mar, como por exemplo a floresta de Palmitos do Norte do Paraná, cheias de jequitibas e perobas gigantes. Assim a paisagem acha-se entremeada de campos e de matas em relação direta com a constituição dos solos."

AB'SABER (1956) define esse setor do território de São Paulo como Chapadões Areníticos do Oeste Paulista, caracterizado-o como uma região constituída por "extensas plataformas interfluviais, extremamente rebaixadas, conformando uma sucessão interminável de colinas tabuliformes, amplas e ligeiramente onduladas. A amplitude altimétrica local não ultrapassa de 30 a 40 m."

ALMEIDA (1964) adota também a denominação Planalto Ocidental, descrevendo as relações existentes entre as rochas do Grupo Bauru e os relevos dessa região. Em seu trabalho enfatiza a importância dos arenitos calcários da Formação Marília na sustentação de relevos tabulares que se destacam sobre os relevos colinosos da região e que constituem o Planalto de Marília, Catanduva e Monte Alto (PONÇANO *et al.*, 1981).

Cabe destacar aqui a controversia existente quanto ao limite leste deste compartimento do relevo paulista, visto que alguns autores como MORAES REGO (1932), DEFFONTAINES (1935), e ROSS e MOROZ (1997) consideram que o Planalto Ocidental inicia-se a partir das Escarpas das Cuestas Basálticas, enquanto que AB'SABER (1956), ALMEIDA (1964) e PONÇANO *et al.* (1981) consideram que o substrato rochoso, basaltos e arenitos condicionam mudanças nas formas de relevo, que permitem definir o compartimento (provincia) Cuestas Basálticas.

Esta última proposta é também adotada pelo Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 1993) que engloba o Planalto Ocidental Paulista, dentro do Planalto Central da Bacia do Paraná e as Cuesta Basálticas, dentro da unidade Patamares da Bacia do Paraná.

PONÇANO *et al.* (1981) reconhece na área de influencia das estações ecológicas de Caetetus e Assis a zona Áreas Indivisas e a zona Planalto de Marília, cujos relevos são apresentados na Figura 10 e descritos no Quadro 17.



As Áreas Indivisas, que constituem a maior parte do Planalto Ocidental, são representadas por relevos do tipo Colinas amplas (212) e por áreas restritas de Morros alongados e Espigões (234). No mapeamento de ROSS e MOROZ (1997), as áreas de Colinas amplas, apresentam-se subdivididas em relevos com topos tabulares, que predominam mais próximo ao sopé da escarpa do Planalto de Marília, e em relevos com topos convexos que predominam ao longo do Rio Paranapanema.

O Planalto de Marília apresenta em suas partes mais elevadas relevos de Colinas amplas (212) e Colinas médias (213). Em alguns locais essas colinas são delimitadas por Escarpas Festonadas (521) enquanto que em outros pontos o relevo elevado é desfeito em relevos do tipo Morros alongados e Espigões (234) e em Encostas sulcadas por vales subparalelos (511).

O relevo de colinas que ocorre no Planalto de Marília, constitui a superfície de cimeira da região, que apresenta caimento em direção ao Rio Paraná, estando em altitudes de 600 a 700 m. No sopé da escarpa desenvolve-se uma superfície mais jovem com caimento em direção ao Rio Paranapanema, com altitudes de 600 a 400 m.

Essas superfícies que ocorrem na região foram denominados respectivamente de Superfície I e Superfície III por LEPSCH (1977), ou Superfície antiga com cobertura arenosa (nível I) e Glacis inferior (nível III) por QUEIROZ NETO *et al.* (1978).

Para LEPSCH (1977) a Superfície I, ou Superfície Echaporã, que apresenta baixa densidade de canais fluviais, estaria associada a parte acumulativa das superfícies de aplanamento, desenvolvidas em períodos de baixa umidade, o que seria evidenciado pela constituição e espessura da cobertura detritica, por sua permeabilidade e grande resistência a erosão. A Superfície III estaria associada a partes erosivas e deposicionais de uma outra superfície de aplanamento, que teria sido erodida e entalhada por processos mais recentes, que originariam as demais superfícies. Figura 11.

Para QUEIROZ NETO *et al.* (1978) a Superfície Antiga com cobertura arenosa (nível I) corresponderia a um pediplano associado a presença de cascalheiras de seixos e blocos de quartzo e quartzito alterados, que no platô de Marília apresenta-se recoberta por material arenoso espesso. O Glacis Inferior (nível III) foi considerado como uma superfície de erosão desenvolvida ao longo dos eixos fluviais, que teria sido posteriormente dissecada, formando relevos com amplitudes de até 80 a 100 m.

Os dois autores reconhecem também a presença de uma superfície inclinada na borda dos platos, que teria sido responsável pelo seccionamento da Superfície de cimeira e pela exposição dos depósitos que a constituem. Essa feição foi denominada de Superfície II por LEPSCH (1977) e de Glacis Superior (nível II) por QUEIROZ NETO *et al.* (1978).

No Planalto de Marília a rede hidrográfica apresenta padrão dendrítico e subparalelo. A alta permeabilidade da cobertura detritica na superfície de cimeira, faz com que essas áreas apresentem baixa densidade de drenagem. Essa diferença de permeabilidade entre a cobertura



detritica e a rocha subjacente faz com que ocorram nascentes próximas à borda do platô, que dão origem a uns poucos canais fluviais, que drenam a superfície de cimeira. No sopé da escarpa ocorre grande número de nascentes, que dão origem a uma região com maior densidade de drenagem.

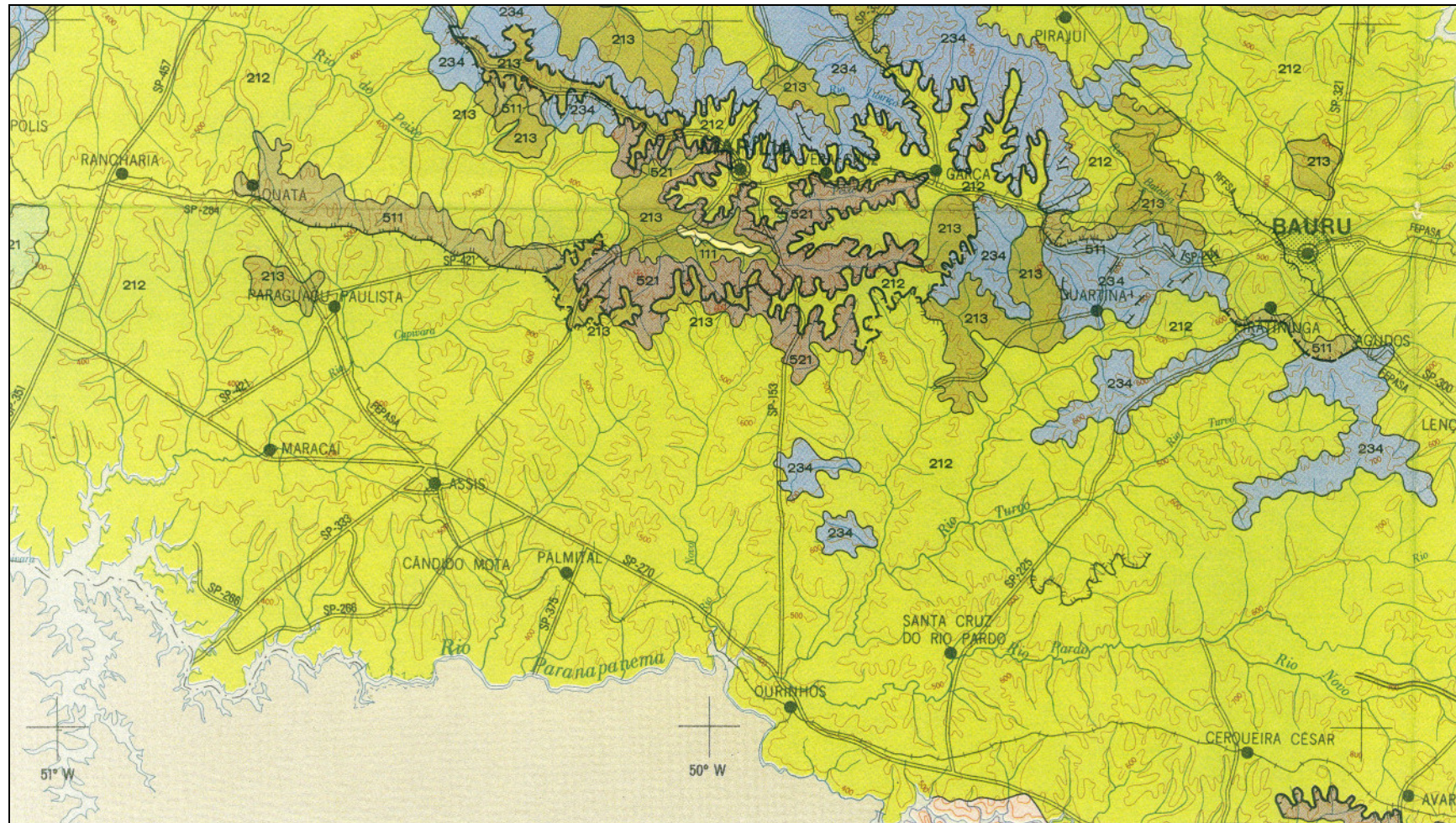


Figura 10. Tipos de relevo e compartimentos do Planalto Ocidental que caracterizam área de influência das Estações Ecológicas de Caetetus e Assis, compilado de PONÇANO *et al.* (1981) e ampliado para a escala 1:500.000. Tipos de relevo: Colinas amplas (212); Colinas médias (213), Morros alongados e Espigões (234), Encostas sulcadas por vales subparalelos (511) e Escarpas Festonadas (521). Zonas: Planalto de Marília (I) e Áreas Indivisas (II).

QUADRO 17 - Características gerais dos relevos do Planalto Ocidental que ocorrem na área de influência das Estações Ecológicas de Caetetus e Assis, elaborado com base no trabalho de PONÇANO *et al.* (1981).

TIPO DE RELEVO	MORFOGRAFIA	SUBSTRATO ROCHOSO	MORFODINÂMICA
Colinas amplas <b>212</b> <b>Decl: &lt; 15%</b> <b>Ampl: &lt; 100m</b>	Topos extensos e aplainados eventualmente com lagoas. Vertentes com perfis retilíneos. Vales abertos com planícies aluviais restritas. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico	Arenitos finos a grossos com siltitos, argilitos, calcários, cimento e nódulos carbonáticos (Fm. Marília)	<b>Reentalhes</b> de canal ocasionais e de baixa intensidade
Colinas médias <b>213</b> <b>Decl: &lt; 15%</b> <b>Ampl: &lt; 100m</b>	Topos aplanados e convexos. Vertentes com perfis retilíneos e convexos. Vales abertos a fechados com planícies aluviais restritas. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular e sub-dendrítico.	Arenitos finos a muito finos com cimentação e nódulos carbonáticos (Fm. Adamantina). Basaltos (Fm. Serra Geral)	Erosão laminar, em sulcos, Ravinamento e boçorocas ocasionais e de alta intensidade
Morrotos alongados e espigões <b>234</b> <b>Decl: &gt; 15%</b> <b>Ampl: &lt; 100m</b>	Predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados.	Arenitos finos a grossos com siltitos, argilitos, calcários, cimento e nódulos carbonáticos (Fm. Marília) Arenitos finos a muito finos com cimentação e nódulos carbonáticos (Fm. Adamantina).	Erosão laminar, em sulcos e reentalhes de canal ocasionais e de baixa intensidade  Rastejo localizado e de moderada intensidade
Encostas sulcadas por vales subparalelos <b>511</b> <b>Decl: 15 - 30%</b> <b>Ampl: &gt; 100m</b>	Topos angulosos e arredondados. Vertentes com perfis retilíneos. Vales fechados. Drenagem de média densidade e padrão subparalelo a dendrítico.	Arenitos finos a grossos com siltitos, argilitos, calcários, cimento e nódulos carbonáticos (Fm. Marília)	Erosão laminar, em sulcos, reentalhe de canal, rastejo, escorregamento e queda
Escarpas festonadas <b>521</b> <b>Decl: &gt; 30%</b> <b>Ampl: &gt; 100m</b>	Desfeita em anfiteatros. Os divisores de água têm topos angulosos. Vertentes com perfis abruptos, retilíneos e convexos. Vales fechados. Drenagem de média densidade padrão subparalelo a dendrítico.	Arenitos finos a grossos com siltitos, argilitos, calcários, cimento e nódulos carbonáticos (Fm. Marília)	de blocos frequentes e de moderada a alta intensidade

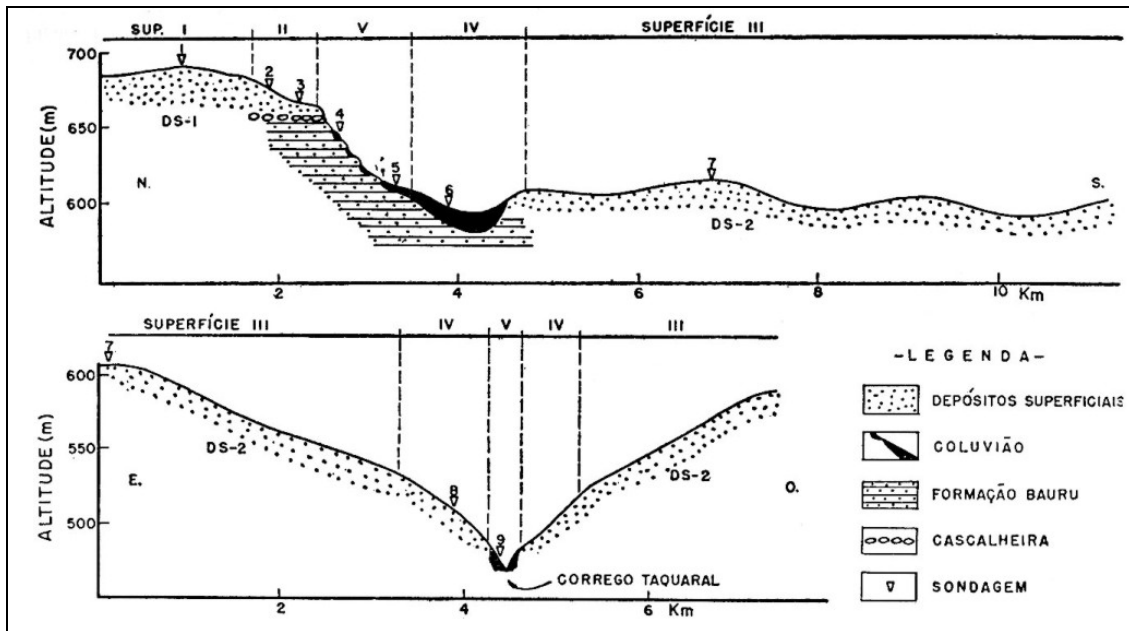


Figura 11 - Cortes transversais mostrando a relação entre superfícies geomorfológicas e depósitos superficiais, segundo LEPSCH (1977)

A região de estudo faz parte da Bacia Sedimentar do Paraná, que é constituída por rochas ígneas mesozóicas da Formação Serra Geral, rochas sedimentares das formações Adamantina e Marília, do Grupo Bauru e sedimentos continentais quaternários de aluviões, cuja distribuição tem como referência o trabalho de BISTRICHI *et al.* (1981) Figura 12.

Ocorrem ainda na região depósitos arenosos e areno-argilosos com cascalhos, que não se encontram delimitados nos mapas geológicos consultados. Esses sedimentos formam uma cobertura expressiva sobre o Planalto de Marília e em seu sopé, e foram descritos por PENTEADO & RANZANI (1973), SOARES & LANDIM (1976), LEPSCH (1977), QUEIROZ NETO *et al.* (1978), QUEIROZ NETO & JOURNAUX (1978) e MELO & PONÇANO (1983).

As **rochas ígneas básicas** (Formação Serra Geral) são constituídas por derrames basálticos de coloração cinza a negra, textura afanítica, formadas por labradorita zonada, clinopiroxênios e acessórios. Essas rochas predominam ao longo do Rio Paranapanema onde ocupam uma faixa de 15 a 50 quilômetros de largura.

O solo de alteração e o solo residual dessas rochas têm textura argilosa a muito argilosa, são muito consistentes, sendo comum a presença de blocos de rocha alterada no saprolito. A espessura do conjunto pode variar de 1,0 a 3,0 m. O solo residual varia de argiloso a argilo-siltoso tendo espessuras de 0,3 a 1,0 m, nos relevos mais ondulados, sendo superior a 2,5 m nos relevos mais suaves. Nas encostas mais íngremes a rocha sã ou alterada pode aflorar.

Os **arenitos de composição variada** do Grupo Bauru se depositaram na Bacia do Paraná, no Cretáceo Superior, possivelmente durante a fase de elaboração da Superfície de Aplanamento



Sul Americana (ou Japi). Na área de estudo o Grupo Bauru é representado pelas formações Adamantina e Marília.

A Formação Marília é constituída por arenitos de granulação fina a grossa, com conglomerados ricos em feldspatos e minerais pesados. Os arenitos ocorrem em bancos maciços ou com acamamento subparalelo incipiente e tênue estratificações cruzadas de médio porte. Intercalam-se lamitos, siltitos, argilitos e calcáreos, sendo freqüente a presença de cimento e nódulos carbonáticos. Essas rochas afloram principalmente nas bordas dos platôs e nas escarpas.

A Formação Adamantina é constituída por arenitos finos a muito finos, que se dispõe em bancos com estratificação cruzada, e por lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, maciços ou com estratificação plano paralela. São comuns à presença de seixos de argilito, cimento e nódulos carbonáticos. Os afloramentos dessas rochas são raros na região de estudo, onde geralmente se observa a presença de espessas coberturas areno-argilosas.

O solo de alteração desses arenitos é areno-siltoso ou areno-argiloso, variando a fração de finos em consequência da composição dos arenitos, enquanto que a espessura da alteração varia em função do relevo.

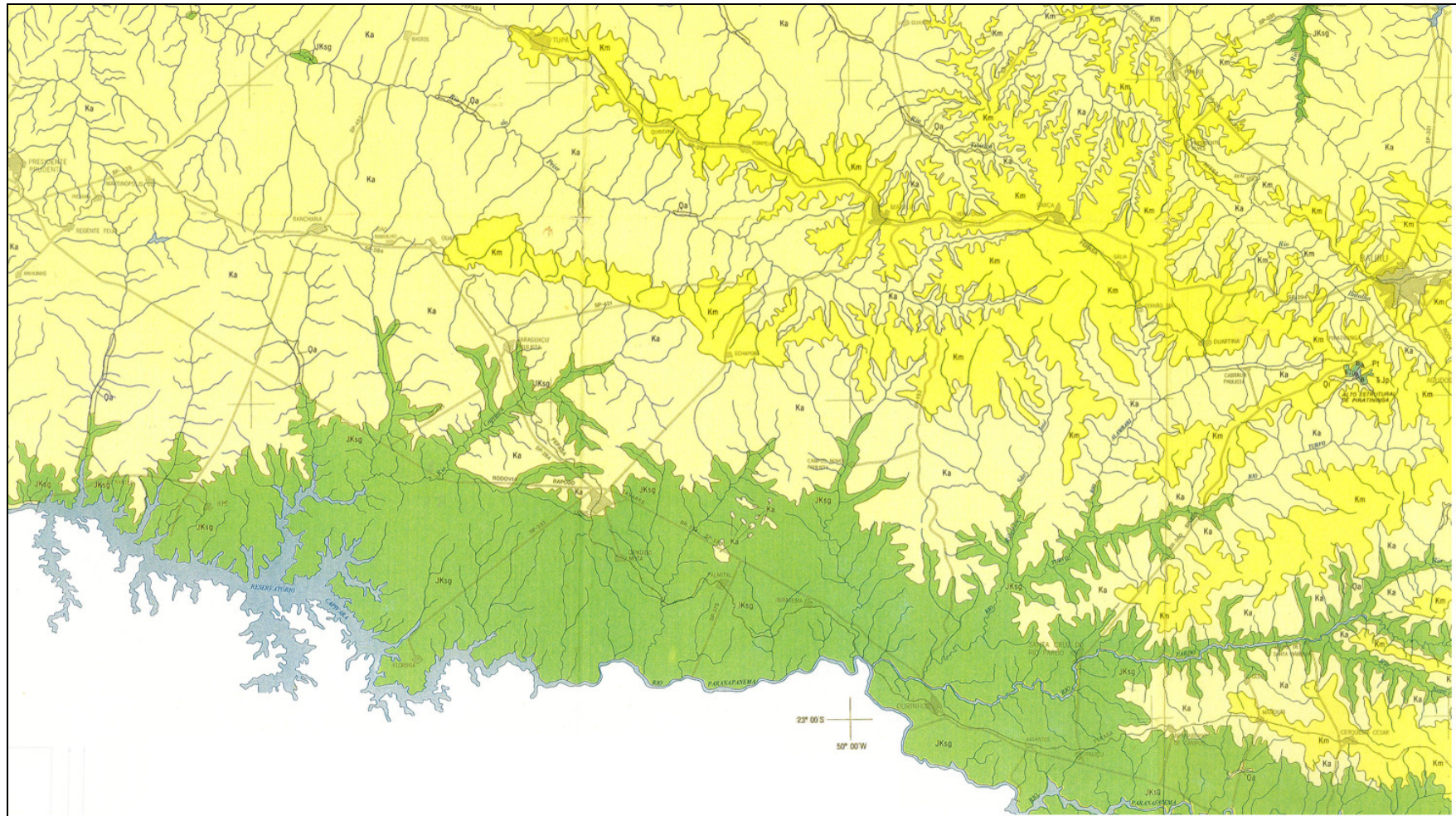


Figura 12 - Unidades litoestratigráficas presentes na região de estudo: Aluviões (**Qa**), Coberturas eluvio-coluvionares (**Qi**), Formação Marília (**Km**) Formação Adamantina (**Ka**). Formação Serra Geral (**JKsg**), Compilado do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1: 500.000 (BISTRICHI *et al.*, 1981).





Os **sedimentos cenozóicos** que ocorrem na região são representados pelos sedimentos aluviais quaternários e pelas coberturas detríticas terciárias.

Os **sedimentos aluviais** mapeados na área de estudo estão associados a planícies fluviais estreitas e descontínuas. Os sedimentos aluviais são inconsolidados, com baixa capacidade de suporte, sendo constituídos por areia fina argilosa, argila orgânica, argila siltosa e cascalhos. Na base ocorrem camadas de areias e cascalhos finos. Os sedimentos aluviais têm espessuras variáveis.

As **coberturas detríticas terciárias** vem sendo descritas por diversos autores, desde a década de trinta, embora elas não tenham sido representadas nos mapas geológicos da região.

Esses depósitos, que se distribuem sobre os Planaltos de Marília e Echaporã, e no seu sopé, foram denominados respectivamente de DS -1 e DS-2 por LEPSCH (1977), tendo sido também descritos por QUEIROZ NETO *et al.* (1978).

Os depósitos de cimeira que ocorrem no Platô de Marília são areno-argilosos, com grânulos de quartzo, muito porosos, friáveis e sem estrutura, apresentando na base, cascalheiras constituídas por seixos de quartzo e quartzito, subarredondados e de diâmetros variados. Em alguns locais observam-se camadas de argila de cores vermelha e vermelha escura, em profundidades de até 6 m. Esses depósitos apresentam espessuras de 3 a 20 m, ocorrendo geralmente sobre os arenitos cretáceos. Na borda do platô de Echaporã os depósitos estão truncados expondo uma camada contínua de seixos de quartzo, com espessuras de 30 a 50 cm (LEPSCH, 1977).

A fração argila desses sedimentos é constituída por argilo minerais de caulinita, gibssita e hidróxido de ferro, diferenciando-se das argilas constituintes dos solos derivados dos sedimentos da Formação Marília, que são formadas de modo predominante por atapulgita e por menores quantidades de montmorilonita. As maiores quantidades de caulinita nos depósitos do platô mostram que esses depósitos são mais intemperizados e sugerem uma idade mais antiga para eles (LEPSCH, 1977).

QUEIROZ NETO *et al* (1978) cita que os cascalhos além de quartzo podem apresentar grânulos, nódulos carbonatados e fragmentos de argilito provenientes dos arenitos cretáceos.

Os depósitos de sopé (DS -2) são também areno-argilosos, e com cascalheiras menos desenvolvidas na base. Sua espessura pode ser maior que uma dezena de metros. A relação areia fina / areia grossa desses depósitos tem características intermediárias entre a dos arenitos cretáceos e a da cobertura detrítica superior, o que sugere que ela tenha sido derivada desses dois materiais, que foram depositados durante a fase de morfogênese responsável pela elaboração da Superfície III (LEPSCH, 1977).

Estes depósitos apresentam ampla distribuição regional, ocorrendo à oeste de Assis, onde se estende também sobre os basaltos, como se pode observar nos trabalhos de campo.



Os solos que ocorrem na região têm sua distribuição condicionada pelas características do substrato rochoso e do relevo. Segundo OLIVEIRA *et al.* (1999), são diferenciadas quatro (4) classes principais de solos: Argissolos, Neossolos, Latossolos e Nitossolos, (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / EMBRAPA, 1999) os quais se desenvolvem sobre rochas sedimentares arenosas do Grupo Bauru e rochas ígneas básicas, da Formação Serra Geral, Figura 13.

Os Argissolos Vermelho–Amarelos estão de modo geral associados aos arenitos das formações Marília e Adamantina, apresentando, variações condicionadas pelo relevo. A unidade Argissolo Vermelho–Amarelo (PVA2) textura arenosa/média e média de relevos suave ondulado e ondulado e a de Argissolo Vermelho–Amarelo (PVA10) com Argissolo Vermelho, ambos de textura arenosa/argilosa e arenosa/média e com o Latossolo Vermelho textura média relevos suave ondulado e plano, correspondem ao relevo do tipo Colinas amplas, que ocorrem sobre o Planalto de Marília e nas Áreas Indivisas.

De maneira geral, pode-se considerar que nos topos ocorrem os latossolos de textura média e argissolos de textura próxima à arenosa e arenosa em superfície, profundos, com fertilidade baixa e saturação por alumínio elevada. Essa situação confere aos solos uma drenagem interna quase sempre excessiva no latossolos e bem drenada nos argissolos. No caso da textura binária, a presença de camadas ou horizontes de textura mais fina permite a retenção de água por maior período de tempo. Estas condições devem condicionar o estabelecimento dos diferentes tipos florestais da região.

Próximo às escarpas e nas colinas diretamente abaixo destas, os solos tendem a aumentar sua fertilidade e disponibilidade hídrica, propiciando estabelecimento de outro tipo de vegetação, as florestas.

Nas Colinas amplas sustentadas por arenitos, atribuídos a Formação Adamantina, ocorre Latossolo Vermelho (LV78) textura média, relevo plano associado aos Argissolos Vermelho–Amarelos e Vermelhos textura arenosa/média relevo suave ondulado. Nesses setores, também predomina solos com fertilidade baixa, a exceção de trechos mais próximos às calhas dos rios, onde os solos se apresentam pouco mais férteis.

As unidades Argissolo Vermelho–Amarelo (PVA1) textura arenosa/média, relevo suave ondulado e ondulado e a unidade Argissolo Vermelho–Amarelo (PVA5) textura arenosa/média relevo ondulado e suave ondulado + Argissolo Vermelho–Amarelo textura arenosa/argilosa relevo ondulado ocorrem associados a relevos de Colinas médias (213), Morros alongados e Espigões (234) e Encostas sulcadas por vales subparalelos (511).

Estes terrenos compreendem solos de boa fertilidade e ocorrem tanto imediatamente acima da escarpa, quanto na própria escarpa e sua base. Suas limitações correm devido às profundidades efetivas menores e a possibilidade de ocorrência de erosão em sulco.

Os Neossolos Litólicos (RL4) textura média e argilosa relevo forte ondulado e montanhoso + Argissolos Vermelho–Amarelos textura arenosa/média e arenosa/argilosa relevo forte ondulado e



ondulado + Afloramentos de Rochas, estão associados ao relevo Escarpas Festonadas (521), que delimitam o Planalto de Marília, e se desenvolvem de modo predominante sobre arenitos da Formação Marília.

Neste setor encontram-se os solos mais férteis da região por serem mantos de alteração de pequena profundidade, portanto muito próximos do arenito carbonático que é material de origem. A disponibilidade hídrica é boa, pois o lençol d'água tende a ser pouco profundo, porém a pequena profundidade e a textura, quase sempre muito próxima à arenosa não permitem a acumulação. O relevo muito inclinado e a profundidade do solo limitam sua utilização sendo, contudo, favoráveis ao desenvolvimento da floresta.

Os Latossolos Vermelhos (LV1) textura argilosa relevo plano e suave ondulado predominam nas áreas de ocorrência de relevo de Colinas amplas sustentadas por rochas ígneas básicas da Formação Serra Geral, que ao longo dos vales mais encaixados dão origem aos Nitossolos Vermelhos (NV1) + Latossolos Vermelhos textura argilosa relevo suave ondulado a ondulado.

Os latossolos vermelhos apresentam-se com fertilidade variada, ora pouco férteis, ora férteis. A profundidade dos solos é elevada com drenagem interna muito boa, apesar da textura argilosa. Essa drenagem é dada, principalmente pela estrutura desses solos, granular em microagregados, que permite a circulação de água até maiores profundidades. Já a unidade que compreende os nitossolos apresenta-se muito fértil, sua drenagem interna é boa, porém menor que nos latossolos.

Essas condições de fertilidade que outrora sustentaram as florestas descritas por DEFFONTAINE (1935) e as condições de relevo tornaram essas áreas intensamente utilizadas pela agricultura.

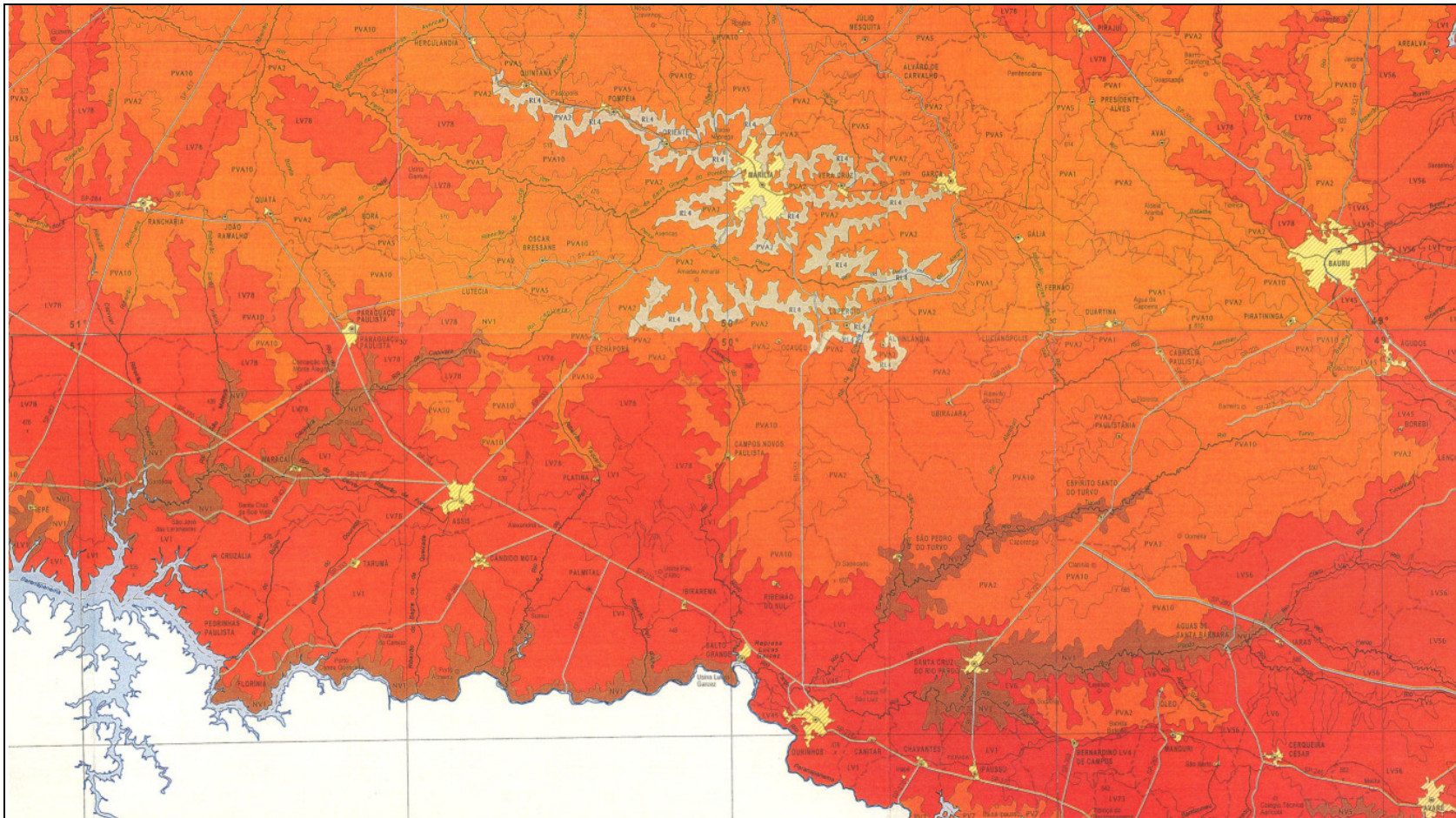


Figura 13 – Classes de solos que ocorrem no Planalto Ocidental, na região de influência das Estações Ecológicas de Caetetus e Assis. Argissolos Vermelho–Amarelos (PVA 1, 2, 5 e 10); Argissolos Vermelhos; Neossolos Litólicos (RL4), Latossolos Vermelhos (LV1) e Nitossolos Vermelhos (NV1). Compilado do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, escala 1: 500.000 (OLIVEIRA *et al.*, 1999).



A evolução do Planalto Ocidental, para MORAES REGO (1932), estaria associada a uma fase de levantamento do fim do período cretáceo, e a um evento de peneplanação do Eoceno (ou Mioceno). Em seguida teria ocorrido nova fase de levantamento associada a um ciclo erosivo que se estenderia até antes do Plioceno, cuja influência se faria sentir ainda nos dias atuais.

Nesta fase de entalhe teria se delineado a rede de drenagem atual e a escarpa do Planalto Ocidental. Nesta época cria-se a topografia em Cuesta, sendo que a oeste da escarpa forma-se o Planalto Ocidental cuja altitude cai suavemente para oeste acompanhando o caimento das camadas das rochas da Bacia Sedimentar do Paraná. Durante o Plioceno uma fase de sedimentação ocorre em vários pontos do Estado, sendo seguida por novo ciclo erosivo, eoquaternário, que seria responsável pela esculturação do relevo atual.

Essa fase de sedimentação, que recobre o Planalto Ocidental, segundo MORAES REGO (1932), seria responsável pela formação de depósitos areno-argilosos, com espessuras de dezenas de metros, que teriam idade pliocenica e seriam contemporâneas as argilas terciárias da Bacia de São Paulo.

Para QUEIROZ NETO e JOURNAUX (1978) os depósitos e a superfície de cimeira do Planalto de Marília corresponderiam a um pediplano de idade terciária média (Superfície Paleogênica ou das Cristas Médias), enquanto que os depósitos inferiores estariam associados a elaboração de extensos pediplanos neogênicos. Essas etapas evolutivas e sua cronologia são também corroboradas por PENTEADO & RANZANI (1973), LEPSCH (1977) e MELO e PONÇANO (1983).

Embora os sedimentos terciários da região sejam conhecidos desde a década de 30, ainda não se tem datações precisas sobre a idade dessas coberturas detriticas que permitam balizar as diferentes propostas de evolução do Planalto Ocidental.

No entanto os estudos palinológicos realizados por SALGADO LABOURIAU *et al.* (1998), mostram que no interior da região central e sudeste a vegetação e o clima durante o Quaternário têm apresentado variações significativas, evoluindo de um clima mais frio e seco do Pleistoceno para um clima mais quente e úmido durante o Holoceno (Recente), Quadro 18



Quadro 18 - Principais características da vegetação e do clima na região central do Brasil (Águas Emendadas, Cromínia, Lagoa Santa, Lagoa dos Olhos, Salitre e Serra Negra). Baseado em SALGADO LABOURIAU *et al.* (1998).

Idade (anos B.P.)	Características da Vegetação e do Clima	Condições predominantes
50.000 a 40.000	Clima mais seco e árido	Período mais seco
32.400	Pólen de arvores indicam florestas galerias ao longo dos rios e arvores de cerrado. Clima similar ao atual e com estação seca mais curta que as atuais	Período frio e mais úmido com decréscimo da temperatura.
32.390 a 28.300	Diminuição dos polens arbóreos, abundancia de algas e gramíneas e paludosas. Clima úmido e mais frio que o atual	
28.000 a 19.000	Decréscimo da diversidade de pólen de arvores, dominam pólen de herbáceas e plantas aquáticas	
21.500	Pólen de gramíneas, plantas aquáticas e arvores de savana, cerrado arbóreo com florestas de galeria. Clima frio e umidade alta	
20.000	Pequena diminuição da umidade	
19.000 a 11.300	Predominam gramíneas ciperáceas e plantas aquáticas, poucas arvores. Clima mais frio e seco que o atual e com estação seca mais longa	Fase seca e fria que marca a passagem do Pleistoceno para o Holoceno
10.500 a 7.000	Vegetação muito esparsa. Clima seco	
6.680 a 5.000	Vegetação de cerrado. Clima mais quente e com estação seca mais prolongada que o atual. Aumento da pluviosidade e da umidade (Fase de transição)	Fase de transição
5.800 a 4.900	Fase de chuvas torrenciais e climas mais úmidos	Período mais quente e úmido passando as condições atuais
4.000 a 3.000	Chuvas torrenciais e escorregamentos	
3100 a 1500	Aumento de pólen arbóreos de espécies de cerrado e de floresta semidecídua de galeria. Aumento da Pluviosidade	
4600 ao atual	Vegetação similar a atual de cerrado. Clima quente com pronunciada estação seca.	



## 2.4.2. Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus

A Parcela Permanente, de 10,24ha, da Estação Estadual de Caetetus está ocupada pela Floresta Estacional Semidecidual, que se desenvolve sobre Argissolos Vermelho-Amarelos e Gleissolo Háptico (SOARES, 2003). Os Argissolos ocorrem sobre relevos colinoso com altitudes de 564 a 550 m, enquanto que o Gleissolo está associado a Planície de inundação de um canal de primeira ordem paralelo ao lado noroeste da Parcela Permanente.

O relevo colinoso, caracterizado por uma associação de Colinas amplas e médias, é sustentado por arenitos carbonáticos da Formação Marília e por coberturas detriticas argilo-arenosas terciárias, com cascalhos na base e que tem distribuição errática. A presença dessas coberturas com cascalhos na base foram observadas no contato com arenitos muito alterados em alguns pontos da drenagem e na base do Perfil 6, na Parcela N9, descrito por SOARES (2003).

### 2.4.2.1. Área de Influência

A Área de Influência da Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual de Caetetus, analisada na escala 1:50.000, limitada pelas coordenadas UTM 22k 6287 - 6400 e 7516 - 7530, abrange uma área com cerca de 160 km<sup>2</sup>.

A Área de Influência da Parcela Permanente de Caetetus é constituída por arenitos carbonáticos da Formação Marília e por coberturas detriticas argilo-arenosas terciárias, que ocorrem em dois níveis topográficos distintos, que condicionam a distribuição dos terrenos, diferenciados por seus elementos constituintes e atributos. Na área foram delimitados cinco tipos de terrenos que tem seus atributos sumariados no Quadro 19 e sua distribuição apresentada nas Figuras 14 e 15.

O nível topográfico mais elevado, com altitudes de 650 a 690 m, ocorre sobre trecho do Planalto de Marília, onde foram diferenciadas a Unidade Ca – Colinas amplas do topo do platô e a Unidade R - Rampa inclinada da borda do platô. Esse platô é limitado por escarpa com amplitudes de 50 a 100 m, que constitui a Unidade Ea – Escarpa, que esta entre as altitudes de 690 a 600 m.

O nível topográfico inferior, com altitudes 600 a 550 m, desenvolve-se no sopé da escarpa onde se diferenciaram, a Unidade Cm - Colinas do sopé da escarpa, sobre o qual está implantada a Parcela Permanente, a Unidade Pi – Planície de inundação e a Unidade Caa – Colinas amplas do aplanamento inferior, que tem ocorrência restrita nesta área de estudo. As características dessas unidades encontram-se sumariadas nos Quadros 20 a 24.

As unidades Ca e R, diferenciadas no mapeamento na escala 1: 50.000, da área de influência desta parcela, apresentam variações quanto ao substrato rochoso, ao solo e a cobertura florestal, condicionadas pelos processos modernos de evolução do relevo e que não puderam ser



diferenciadas e delimitadas no mapa regional (1:250.000) de modo que foram agrupadas em uma única unidade (CaR).

Quadro 19 - Compartimentos topográficos e atributos dos tipos de terrenos delimitados na Área de Influência da Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual de Caetetus.

Nível topográfico (m)	Tipo de Terreno	Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos*
650 a 690	<b>Ca</b>	Colinas amplas	Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho antiga e Arenitos carbonáticos da Fm. Marília	Latossolo Vermelho (LE1,2,4) Latossolo Vermelho-Amarelo (LV 1,2,3) Argissolo Vermelho (PE1) Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo latossólico (PE 4)
	<b>R</b>	Rampa inclinada da borda do plato	Arenitos carbonáticos da Fm. Marília e níveis de cascalhos basais da cobertura detritica argilo-arenosa antiga.	Argissolo Vermelho ou Vermelho Amarelo + Luviossolo Crômico (PV2,6)
690 a 600 (altimétria)	<b>Ea</b>	Escarpa	Paredes rochosas e afloramentos de arenitos carbonáticos.	Neossolo Litólico + afloramento de rocha + Argissolo Vermelho – Amarelo + Luviossolo Crômico (R1, 2)
600 a 550	<b>Cm</b>	Colinas do sopé da escarpa	Arenitos carbonáticos e Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho.	Argissolo Vermelho–Amarelo + Luviossolo Crômico (PV2) Argissolo Vermelho (PE 1,3)
	<b>Caa</b>	Colinas amplas do aplanamento inferior	Cobertura detritica areno-argilosa com cascalho e arenitos muito alterados	Latossolo Vermelho (LE1,2,3) Latossolo Vermelho-Amarelo (LV 2) Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo latossólico (PE 4)
	<b>Pi</b>	Planície de inundação	Areia fina, argila, materia orgânica e níveis de cascalho.	Gleissolo Hápico e Neossolo Flúvico (G)

\* As informações sobre os solos foram obtidas da Carta Pedológica Semidetalhada do Estado de São Paulo – Folha de Marília (COELHO et al, 2000).



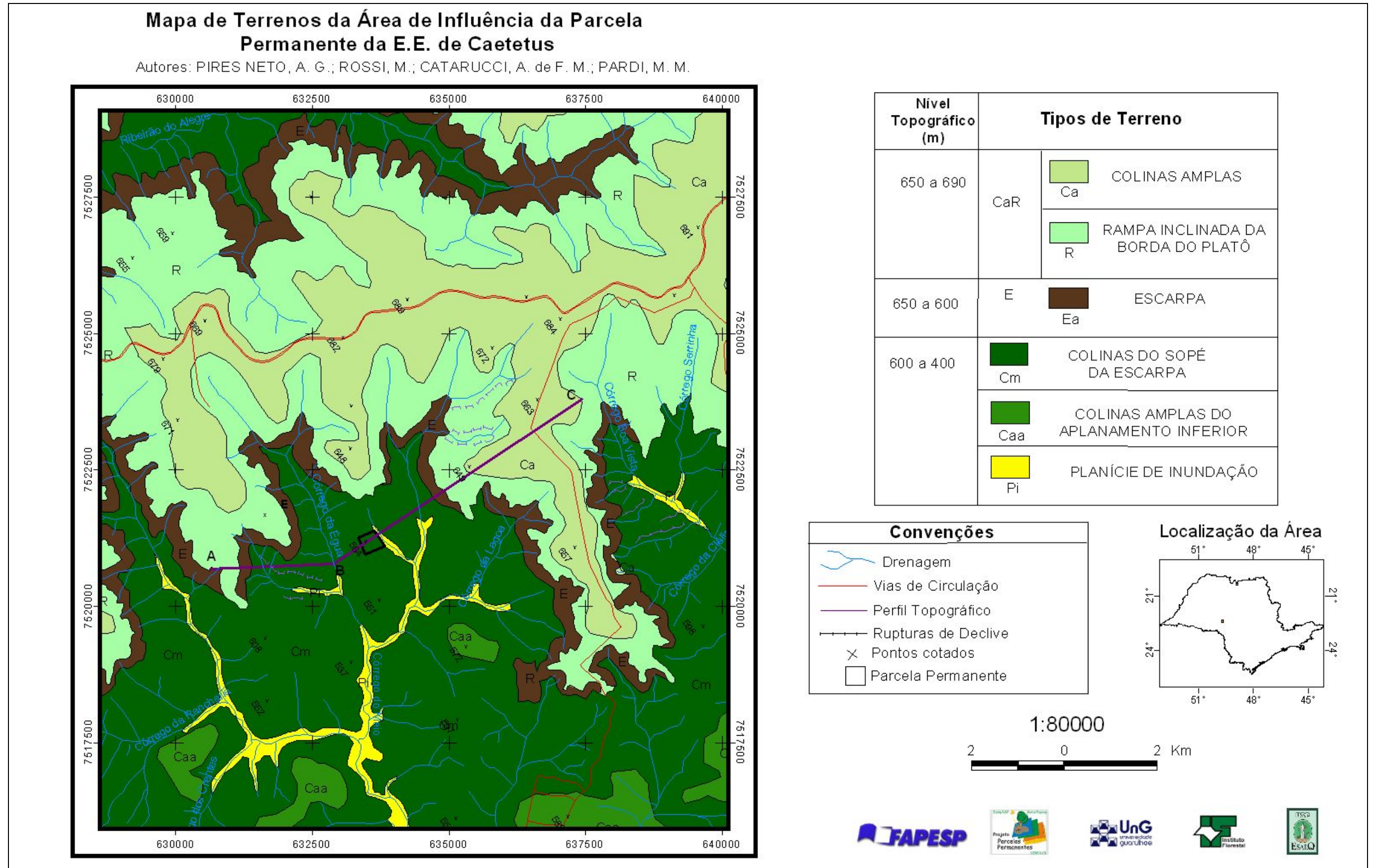


Figura 14- Mapa dos Tipos de Terreno da Área de Influência da Parcela Permanente da Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus



Legenda do Mapa de Terrenos da Área de Influência da Parcela Permanente de Floresta estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus

Nível topográfico (m)	Tipo de Terreno	Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos
650 a 690	Ca	COLINAS AMPLAS	Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho antiga e Arenitos carbonáticos da Fm. Marília	Latossolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo distrófico álico textura média e Latossolo argissólico (LE1,2,4 e LV 1,2) e Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo distrófico latossólico ou não álico textura arenosa/média (PE4,3)
	CaR	RAMPA INCLINADA DA BORDA DO PLATO	Arenitos carbonáticos da Fm. Marília e níveis de cascalhos basais da cobertura detritica argilo-arenosa antiga.	Argissolo Vermelho ou Vermelho Amarelo eutrófico abrupto ou não textura arenosa/média e Luvissoilo Crômico pálico arênico ou abrupto textura arenosa/média (PV2, PE1)
690 a 600 (altimétria)	E	ESCARPA	Paredes rochosas e afloramentos de arenitos carbonáticos.	Neossolo Litólico psamítico ou eutrófico (textura arenosa ou média) + afloramento de rocha
600 a 400	Cm	COLINAS DO SOPE DA ESCARPA	Arenitos carbonáticos e Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho.	Argisolo Vermelho–Amarelo eutrófico abrupto textura arenosa/média + Luvissoilo Crômico pálico arênico ou abrupto textura arenosa/média (PV2) Argissolo Vermelho ou vermelho amarelo eutrófico ou distrófico textura arenosa/média (PE 1,3)
	Caa	COLINAS AMPLAS DO APLANAMENTO INFERIOR	Cobertura detritica areno-argilosa com cascalho e arenitos muito alterados	Latossolo Vermelho ou vermelho-amarelo distrófico álico textura média e latossolo argissólico (LE1,2,3 e LV 2) e Argissolo Vermelho ou vermelho-amarelo distrófico latossólico álico textura arenosa/média (PE 4)
	Pi	PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	Areia fina, argila, materia orgânica e níveis de cascalho.	Gleissolo Háptico eutrófico e Neossolo Flúvico eutrófico textura indiscriminada (G)

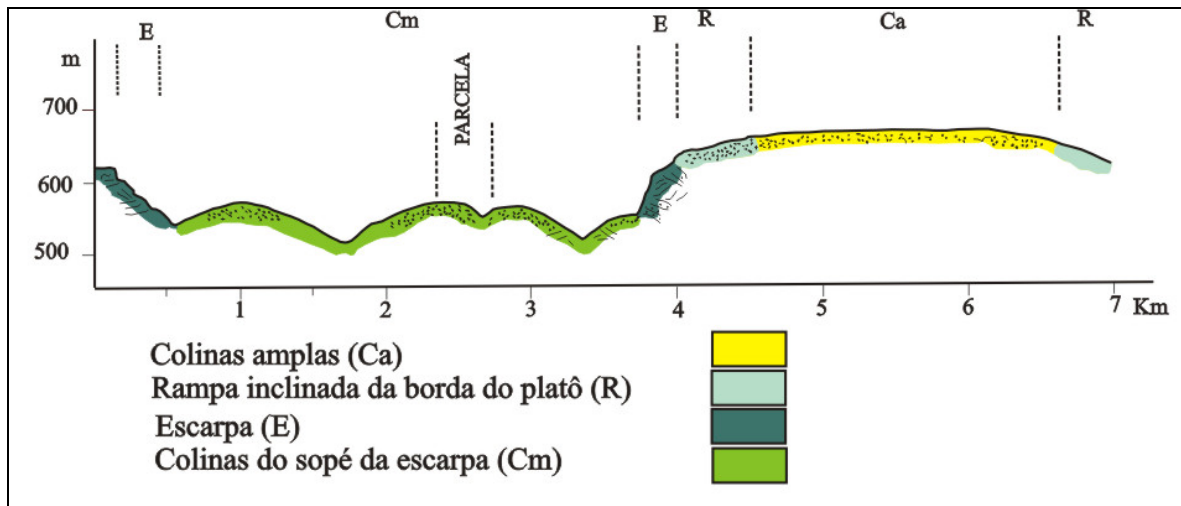


Figura 15 - Perfil mostrando a relação entre os níveis topográficos e a distribuição dos tipos de terreno na Área de Influência da Parcela Permanente de Caetetus. **Nível 650 – 690** : Unidade Ca – Colinas amplas do topo do plato; Unidade R - Rampa inclinada da borda do platô; Unidade Ea – Escarpa (altitudes de 690 – 600) e **Nível 600 – 550**: Unidade Cm - Colinas do sopé da escarpa.



Quadro 20 - Caracterização e descrição da Unidade Colinas amplas do topo do platô (Ca), na Área de Influência da Floresta Estacional Semidecidual da E.E. de Caetetus.

UNIDADE Ca	
Colinas amplas do topo do platô	
RELEVO	<p>Colinas amplas Altitude : 650 a 690 m Amplitude : 25 a 50 m Comprimento de rampa: 500–1500 m Inclinação: 2,5 a 6%</p> <p>Colinas amplas de topos amplos convexos e subhorizontais. Perfis de vertentes contínuos retilíneos e longos. Vales erosivos abertos. Padrão de drenagem subdendrítico de baixa densidade.</p>
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	<p>Cobertura areno-argilosa antiga com granulos de quartzo angulosos e lavados, observando-se nos cortes espessuras de 2 a 4 m, podendo em alguns pontos ser superior a 6m. A base da cobertura caracterizada pela presença de linhas de seixos de quartzo subarredondados com diâmetros de 0,5 a 3 cm e com espessura de 10 a 50 cm.</p>
UNIDADES DE SOLOS	<p>-Latosolos Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrófico típico álico ou não A moderado ou fraco textura média (LE1, LV1); -Latosolos Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrófico argissolico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (LE2); -Associação de Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo ambos Distróficos típicos álicos A moderado ou fraco textura média (LE4); -Latosolos Vermelho-Amarelo Distrófico argissolico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (LV2); -Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrófico latossolico álico ou não A moderado ou fraco textua arenosa/média (PE4)</p>
DINÂMICA SUPERFICIAL	<p>Erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa intensidade. Processos de intemperismo e da pedogênese generalizados de média a alta intensidade</p>
COBERTURA FLORESTAL REMANESCENTE	<p>Área de ocorrência de cerrado, porém não foram detectados remanescentes da vegetação natural. Presença de capoeira, vegetação em regeneração.</p>
POTENCIALIDADES	<p>São solos em geral com fertilidade muito baixa, textura grossa (arenosa) ou muito próxima do arenoso, profundos e com retenção hídrica baixa. Prestam-se para a agricultura com manejos de fertilização e irrigação para obtenção de produtividades economicamente viáveis. Com relação ao relevo permitem a mecanização. Cascalho e areia para pavimentação viária.</p>
RESTRICÇÕES	<p>Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos quando da remoção do solo superficial devido a obras de terraplenagem ou devido a obras de drenagem que provocam a concentração do escoamento superficial.</p>
DIAGNÓSTICO	<p>Terreno pouco sensível a interferências antrópica</p>

**Ocorrência dos processos:** *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

**Quadro 21 - Caracterização e descrição da Unidade Rampas inclinadas da borda do platô ( R), na Área de Influência da Floresta Estacional Semidecidual da E.E. de Caetetus.**

UNIDADE R		
Rampa inclinada da Borda do platô		
RELEVO	Rampa inclinada Altitude : 600 a 650 m Amplitude : 20 a 80 m Comprimento de rampa: 200 – 1800 m Inclinação: 3 a 10%	Rampas com topos subhorizontais a convexos. Perfis de vertentes contínuos retilíneos e longos. Vales erosivos abertos. Padrão de drenagem subdendrítico de baixa densidade.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Arenitos finos a grossos, por vezes calcíferos, intercalados com siltitos, argilitos, arenitos muito finos, com níveis rudáceos e nódulos carbonáticos (Fm.Marília) e camadas basais da Cobertura areno-argilosa antiga constituída por níveis de cascalho formados por seixos de quartzo subarredondados, com diâmetros de de 0,5 a 3 cm e com espessura de 10 a 50 cm, intercalados com camadas de areias coglomeráticas e argilas.	
UNIDADES DE SOLOS	-Luvissole Crômico Pálico arênico ou abruptico A moderado ou fraco textura arenosa/média ou Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abruptico A moderado ou fraco textura arenosa/média (PV2)  -Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico ou abruptico álico ou não Ta ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (PV 6)	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão laminar e em sulcos e entalhe fluvial são ocasionais e de baixa intensidade.	
COBERTURA FLORESTAL REMANESCENTE	Área de ocorrência de mata e capoeira de regeneração. A presença da floresta estacional semidecidual é confirmada pelos remanescentes de Caetetus??Mata?? e outros fragmentos da região.	
POTENCIALIDADES	Dominam solos com boa fertilidade, de textura arenosa a média, portanto permeáveis. O relevo permite mecanização. Cascalho e areia para pavimentação viária.	
RESTRICÇÕES	Solos com restrições quanto à profundidade, principalmente nas proximidades das escarpas. Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos quando da remoção do solo superficial devido a obras de terraplenagem ou devido a obras de drenagem que provocam a concentração do escoamento superficial.	
DIAGNÓSTICO	Terreno pouco sensível a interferências antrópica	

**Ocorrência dos processos:** *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*



Quadro 22 - Caracterização e descrição da Unidade Escarpa (Ea), na Área de Influência da Floresta Estacional Semidecidual da E.E. de Caetetus.

UNIDADE Ea Escarpa		
RELEVO	Escarpas Altitude : 600 a 690 m Amplitude : 50 a 120 m Comprimento de rampa: 200 – 500 m Inclinação: 15 a 50%	Escarpas dissecadas de baixa amplitude sendo mais abrupta e definida nas cabeceiras de drenagem e descontínua ao longo dos divisores de água. Perfis de vertentes descontínuos com segmentos retilíneos, convexos e escarpados, com afloramentos rochosos. Vales erosivos encaixados. Densidade de drenagem média.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Arenitos finos a grossos, por vezes calcíferos, intercalados com siltitos, argilitos, arenitos muito finos, com níveis rudáceos e nódulos carbonáticos (Fm. Marília)	
UNIDADES DE SOLOS	-Associação de Neossolo Litólico Psamítico típico A chernozêmico ou moderado ou Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico textura média ou Eutrófico típico A moderado textura média e Afloramentos de rocha (R1)  -Associação de Neossolo Litólico + Neossolo Litólico???? + Neossolo Regolítico + Luvissolo Crômico + Argissolo Vermelho-Amarelo todos de textura arenosa ou média e Afloramentos de rocha. (R2)	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão laminar, erosão em sulcos, ravinas e rastejo são ocasionais e de baixa intensidade. Escorregamentos pequenos e queda de blocos são frequentes e de média intensidade. Entalhe fluvial sazonal intenso associado ao escoamento torrencial	
COBERTURA FLORESTAL REMANESCENTE	Domina a cobertura florestal de mata. Presença da floresta estacional semidecidual neste setor.	
POTENCIALIDADES	Solos com alta fertilidade. Terras aptas para a proteção e abrigo da fauna e da flora silvestre.	
RESTRICÇÕES	Dificuldade de ocupação devido à inclinação das encostas e ao risco de processos erosivos. Solos com restrições quanto à pequena profundidade efetiva e a presença de afloramentos rochosos Áreas com terras inaptas para lavouras, pastagem plantada e silvicultura.	
DIAGNÓSTICO	Terreno muito sensível à interferência antrópica	

**Ocorrência dos processos:** *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*



Quadro 23 - Caracterização e descrição da Unidade Colinas do sopé da escarpa (Cm), na Área de Influência da Floresta Estacional Semidecidual da E.E. de Caetetus.

UNIDADE Cm Colinas do sopé da escarpa		
RELEVO	Colinas amplas e médias Altitude : 600 a 550 m Amplitude : 30 a 60 m Comprimento de rampa: 400 – 1000 m Inclinação: 4 a 10%	Colinas amplas e médias com topos amplos e convexos. Perfis de vertentes contínuos retilíneos e longos. Presença de ressaltos topográficos e cornijas. Vales abertos erosivos e erosivos-acumulativos. Vales acumulativos somente nos rios maiores. Padrão de drenagem subdendrítico de média densidade.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Arenitos finos a grossos, por vezes calcíferos, intercalados com siltitos, argilitos, arenitos muito finos, com níveis rudáceos e nódulos carbonáticos (Fm.Marília). Cobertura areno-argilosa mais nova com cascalheiras menos desenvolvidas na base. Sua espessura pode ser maior que uma dezena de metros. A relação areia fina / areia grossa desses depósitos tem características intermediárias entre os arenitos cretáceos e a cobertura detrítica superior.	
UNIDADES DE SOLOS	-Argissolo Vermelho-Amarelo ou Vermelho Eutrófico típico A moderado ou fraco textura arenosa/média (PV1 e PE1); -Luvisolo Crômico Pálico arênico ou abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média ou Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média (PV2); -Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico ou abrupto álico ou não Ta ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (PV 6); -Latossolos Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (LE2).	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão laminar e ravinas são freqüentes e de média intensidade. Nos locais com concentração de escoamento superficial os processos podem ser intensificados formando boçorocas ocasionais e de alta intensidade. Entalhe fluvial sazonal generalizada de alta intensidade.	
COBERTURA FLORESTAL REMANESCENTE	Predomina a Floresta Estacional Semidecidual nos solos definidos como férteis e com disponibilidade hídrica (Parcela Permanente). Fragmentos de mata e capoeira são freqüentes nesse setor. Também são identificados remanescentes de cerrado e cerradão, principalmente nos topos, associados aos solos de baixa fertilidade e retenção hídrica (PV6 e LE2).	
POTENCIALIDADES	São solos com potencial de fertilidade variado (de férteis a não férteis) que permitem mecanização e diferentes graus de manejo. São terras inaptas ou com aptidão restrita para lavoura de nível tecnológico baixo, tendo, no entanto aptidão Restrita e Regular para lavouras de nível tecnológico médio e alto respectivamente.	
RESTRICÇÕES	Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos quando da remoção do solo superficial devido a obras de terraplenagem ou devido a obras de drenagem que provocam a concentração do escoamento superficial. Assoreamento dos canais fluviais e APP devido principalmente à remoção da cobertura florestal e manejo inadequado do solo que freqüentemente possui textura binária (arenosa/média) com diferenciação textural abrupta o que permite a percolação lateral subsuperficial da água com concentração e provocando erosão.	
DIAGNÓSTICO	Terrenos sensíveis a interferências antrópica	

**Ocorrência dos processos:** *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*



Quadro 24 - Caracterização e descrição da Unidade Planície de inundação (Pi), na Área de Influência da Floresta Estacional Semidecidual da E.E. de Caetetus.

UNIDADE Pi Planícies de inundação		
RELEVO	Planície de inundação Inclinação: < 2% Elevados de 1 a 3 m acima do rio	Áreas planas e inclinadas em direção ao rio, com canais abandonados e alagadiços. Nos rios maiores pode elevar-se até 3 m acima do leito. De modo geral são estreitas e descontínuas.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Sedimentos de aluviões constituídos por: areia fina, silte levemente argiloso, de cor bege acinzentada a cinza escuro, rica em matéria orgânica. Nos rios maiores podem apresentar espessuras superiores 3 m e níveis de cascalho.	
UNIDADES DE SOLOS	Complexo de Gleissolo Háptico Ta Eutrófico típico A moderado ou chernozêmico textura indiscriminada e Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico A moderado ou chernozêmico textura indiscriminada.(G)	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Inundações periódicas. Deposição de finos e matéria orgânica. Solapamento e pequenos escorregamentos das margens são freqüentes e de baixa intensidade nos rios maiores. No período de estiagem as margens da planície são estáveis.	
COBERTURA FLORESTAL REMANESCENTE	Cobertura de vegetação de mata ciliar dependente de solos inundados sazonalmente ou permanentemente.	
POTENCIALIDADES	São solos com boa fertilidade e relevo aplainado. Terras com Aptidão Restrita e Regular para lavouras de nível tecnológico médio e alto respectivamente, para culturas de ciclo curto.	
RESTRICÇÕES	Freático elevado, enchentes anuais, alagadiços e solos moles, erosão lateral e vertical do canal e das margens, deposição de finos durante as enchentes, estabilidade precária das paredes de escavação, recalque de fundações, danificação das redes subterrâneas por recalque. Áreas favoráveis ao assoreamento Áreas de Preservação Permanente (APP)	
DIAGNÓSTICO	Terreno muito sensível a interferências antrópica	

**Ocorrência dos processos:** *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*



### 2.4.3. Parcela Permanente de Savana Florestada ou Cerradão da Estação Ecológica de Assis

A Parcela Permanente, com 10,24ha, da Estação Ecológica de Assis está ocupada por Cerradão e foi instalada sobre um relevo de Colinas amplas com amplitudes inferiores a 50 m e com altitudes de 550 a 600 m, sobre as quais ocorre espessa cobertura detritica areno-argilosa.

A fisionomia da vegetação predominante é o Cerradão, que cresce sobre Latossolos Vermelho, Vermelho-Amarelo e Amarelo e mata ciliar que ocorre sobre Gleissolo Háplico todos de textura arenosa ou argilo arenosa. A distribuição dos solos na parcela, Figura 15, mostra um gradiente de drenagem, que se caracteriza pela presença de solos fortemente drenados, Latossolo Vermelho, que ocorre na parte mais alta da encosta, passando por Latossolos Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo e chegando ao Gleissolo Háplico que esta associado a um canal de primeira ordem que ocorre na porção sul da parcela. (LIBARDI,2003).

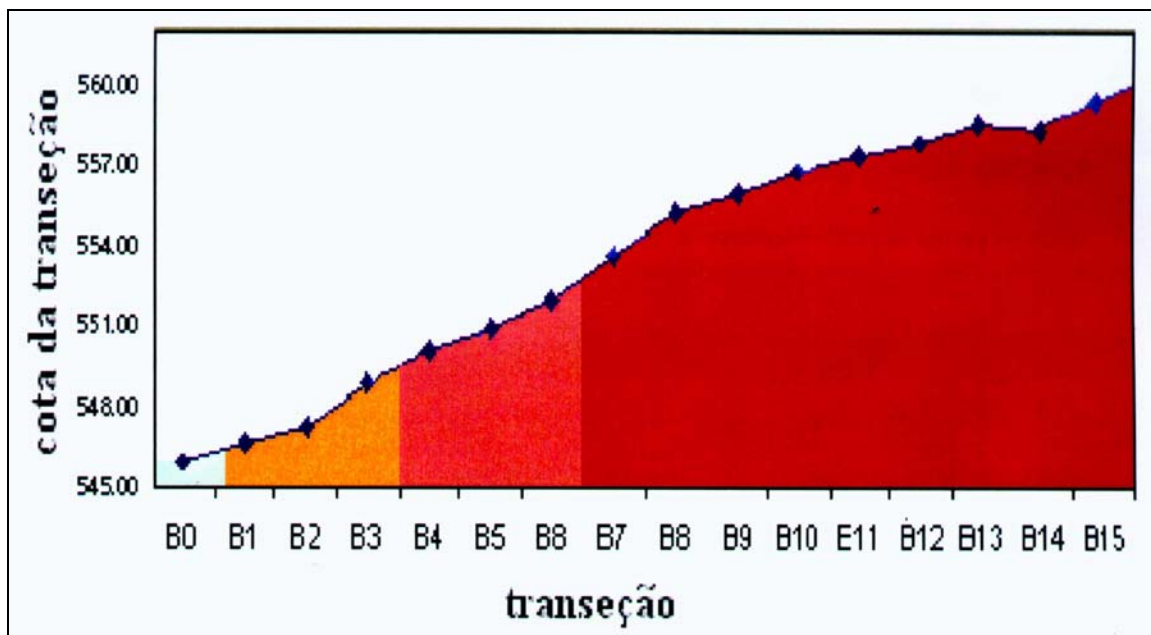


Figura 16 - Perfil topográfico da Parcela Permanente de Assis, ao longo da linha B, mostrando a distribuição dos solos e o gradiente de drenagem que caracterizam a topocromosequência, segundo LIBARDI (2003).

#### 2.4.3.1. Área de Influência

A Área de Influência da Parcela Permanente Cerradão de Ássis com 182 km<sup>2</sup> é limitada pelas coordenadas UTM 22k 5560 - 5700 e 7496 – 7509, tendo sido analisada na escala 1:50.000.

Essa área é constituída por espessas coberturas arenosas e argilo-arenosas terciárias e por basaltos. Está inserida no nível topográfico com altitudes de 600 a 400 m, onde ocorrem a Unidade (Caa) - Colinas amplas do aplanamento inferior e a Unidade (Cad) - Colinas amplas com vales encaixados. Tais Colinas amplas se diferenciam pelo tipo de substrato rochoso, pelo solo e



pelo comportamento da água no solo. Esses atributos das unidades apresentam relação direta com a distribuição da vegetação. Nessa área ocorre ainda a Unidade (Pi) - Planícies de inundação, que são estreitas e descontínuas.

Na área foram diferenciadas três unidades que tem seus atributos sumariados no Quadro 25 e sua distribuição apresentada na Figura 17 e 18. Os Quadros 26 e 27 descrevem as principais características desses terrenos.

Quadro 25 - Compartimento topográfico e atributos dos tipos de terrenos delimitados na Área de Influência da Parcela Permanente de Cerradão de Assis.

Nível topográfico (m)	Tipo de Terreno	Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos*
600 a 400 m	<b>Caa</b>	Colinas amplas do aplanamento inferior	Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho e arenitos muito alterados	Latossolo Vermelho + Neossolos Quazarênicos (LEa 2 ,3) Latossolo Vermelho-Amarelo (LV 2) Argissolo Vermelho (PEe 2) Argissolo Vermelho-Amarelo (PVa)
	<b>Pi</b>	Planície de inundação	Areia fina, argila, matéria orgânica e níveis de cascalho.	Gleissolo Háplico e Neossolo Flúvico (G)
	<b>Cad</b>	Colinas amplas com vales encaixados	Basaltos e Cobertura detritica argilo-arenosa a muito argilosa com seixos de quartzo, quartzito e limonita nodular.	Latossolo Vermelho (LRe1, LRd1) Nitossolo Vermelho (TRe1, 2)

\* As informações sobre os solos foram obtidas da Carta Pedológica Semidetalhada do Estado de São Paulo – Folha de Assis (BOGNOLA et al, 1996).

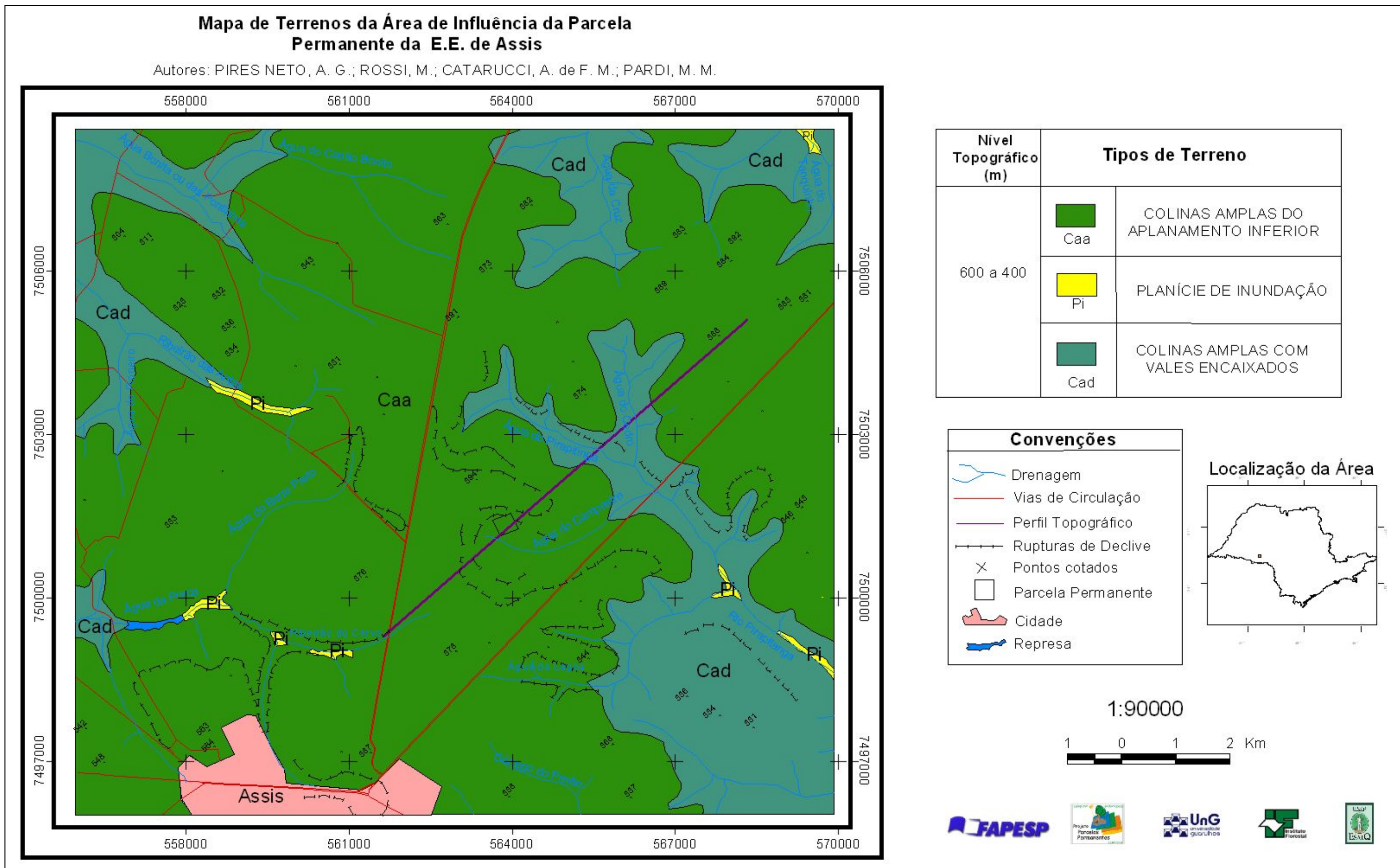





Figura 17 - Mapa de Tipos de Terreno da Área de Influência da Parcela Permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis

Legenda do Mapa de Terrenos da Área de Influência da Parcela Permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis

Nível topográfico (m)	Tipo de Terreno	Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos
500 a 400	Caa 	COLINAS AMPLAS DO APLANAMENTO INFERIOR	Cobertura detritica areno-argilosa com cascalho e arenitos muito alterados	Latossolo Vermelho ou vermelho-amarelo distrófico álico textura média e latossolo argissólico (LE1,2 ,3 e LV 2) e Argissolo Vermelho ou vermelho-amarelo distrófico latossólico álico textura arenosa/média (PE 4)
	Pi 	PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	Areia fina, argila, materia orgânica e níveis de cascalho.	Gleissolo Háptico eutrófico e Neossolo Flúvico eutrófico textura indiscriminada (G)
	Cad 	COLINAS AMPLAS COM VALES ENCAIXADOS	Cobertura detritica argilo-arenosa a muito argilosa com seixos de quartzo, quartzito e limoníta nodular.	Argissolo Vermelho eutrófico textura média/argilosa (PEe1) e Argissolo Vermelho e Vermelho-amarelo eutrófico textura média/argilosa e arenosa/média (PEe2)
			Basaltos	Latossolo Vermelho eutrófico ou distroférrico textura muito argilosa (LRe1, LRd1) e Nitossolo Vermelho eutrófico e latossolo vermelho eutrófico textura muito argilosa (TRe1, 2)

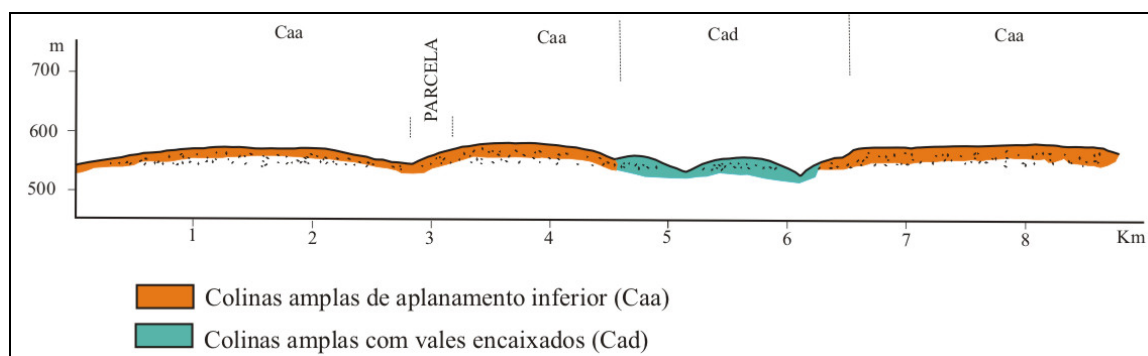


Figura 18 - Perfil mostrando a distribuição dos tipos de terreno que caracterizam o nível topográficos da Área de Influência da Parcela Permanente de Cerradão de Assis. **Nível 600 – 550m:** Unidade Caa - Colinas amplas do aplanamento inferior e Unidade Cad – Colinas amplas com vales encaixados.

**Quadro 26 - Caracterização e descrição da Unidade Colinas amplas do aplanamento inferior (Caa), na Área de Influência de Cerradão da E.E. de Assis.**

UNIDADE Caa Colinas amplas do aplanamento inferior		
RELEVO	Colinas amplas Altitude : 570 a 610 m Amplitude : 50 a 100 m Comprimento de rampa: 900 – 1000 m Inclinação: 3 a 8%	Colinas amplas de topos amplos convexos e subhorizontais. Perfis de vertentes contínuos retilíneos e longos. Vales erosivos abertos. Padrão de drenagem subdendrítico de média a baixa densidade.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Cobertura areno-argilosa mais nova com cascalheiras menos desenvolvidas na base. Sua espessura pode ser maior que uma dezena de metros. A relação areia fina / areia grossa desses depósitos tem características intermediárias entre os arenitos cretáceos e a cobertura detrítica superior.	
UNIDADES DE SOLOS	-Latossolos Vermelho Ou Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (LE2, LV2); -Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média(PE 4)  -Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo Eutrófico Tb típico A moderado ou fraco textura arenosa/média (PE1) -Luvissolo Crômico Pálico arênico ou abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média ou Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico arênico ou abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média (PE2)	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa intensidade. Nos locais com concentração de escoamento superficial os processos podem ser intensificados formando boçorocas ocasionais e de alta intensidade.	
COBERTURA FLORESTAL REMANESCENTE	Ocorrem remanescentes de Cerrado e Cerradão associados aos solos de baixa fertilidade e com deficiência hídrica (PE4, LV2 e LE2). Remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual podem ocorrer nos fundos dos vales associados a solos férteis e com disponibilidade hídrica (PE1 e PE2).	
POTENCIALIDADES	São solos com potencial de fertilidade variado (de férteis a não férteis) que permitem mecanização e diferentes graus de manejo. Predominam terras com classe de aptidão restrita, regular e boa para os manejos de níveis tecnológicos baixo, médios e alto respectivamente. Cascalho e areia para pavimentação viária.	
RESTRICÇÕES	Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos quando da remoção do solo superficial devido a obras de terraplenagem ou devido a obras de drenagem que provocam a concentração do escoamento superficial. Devido à remoção da cobertura florestal e manejo inadequado do solo que possui textura normalmente grosseira (arenosa ou quase arenosa), alguns com diferenciação textural abrupta permitem a instalação de erosão pela concentração da água.	
DIAGNÓSTICO	Terreno pouco sensível a interferências antrópica	

**Ocorrência dos processos:** *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

**Quadro 27 - Caracterização e descrição da Unidade Cad, Colinas amplas com vales encaixados na Área de Influência de Cerradão da E.E. de Assis.**

UNIDADE Cad Colinas amplas com vales encaixados		
RELEVO	Colinas amplas Altitude : 600 a 400 m Amplitude : 30 a 100 m Comprimento de rampa: 600 – 2300 m Inclinação: 2,5 a 6%	Colinas amplas de topos amplos convexos. Perfis de vertentes contínuos, retilíneos e longos. Vales erosivos abertos e fechados. Padrão de drenagem subdendrítico de média densidade.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Basaltos e cobertura argilo-arenosa a muito argilosa, que apresentam na base seixos de quartzo, quartzito e limonita nodular, associados a fragmentos e blocos de arenitos limonitizados.	
UNIDADES DE SOLOS	-Argissolo Vermelho Eutrófico típico A moderado textura média/argilosa (PEe1). -Latossolo Vermelho Distroférico típico A moderado textura muito argilosa (LRd1) -Latossolo Vermelho Eutrófico típico A moderado textura muito argilosa (LRe1) -Grupamento de Latossolo Vermelho Distroférico típico e Latossolo Vermelho Distroférico típico álico ambos A moderado textura muito argilosa (LRd 2) -Latossolo Vermelho Distroférico típico álico A moderado textura muito argilosa (LRa) -Nitossolo Vermelho Eutrófico típico A moderado textura muito argilosa (TRe1) -Associação de Nitossolo Vermelho Eutrófico típico, Nitossolo Vermelho Eutrófico latossólico e Latossolo Vermelho Eutrófico típico A moderado textura muito argilosa (TRe 2).	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão laminar e em sulcos, ravinas e boçorocas ocasionais e de baixa intensidade. Entalhe fluvial sazonal de moderada intensidade.	
COBERTURA FLORESTAL REMANESCENTE	Floresta Estacional Semidecidual nos solos definidos como férteis e com disponibilidade hídrica. Fragmentos de mata e capoeira são freqüentes nesse setor.	
POTENCIALIDADES	São solos com potencial de fertilidade variado, predominando os férteis, que permitem mecanização e diferentes graus de manejo.  Terras com aptidões boas, regulares e restritas para lavouras de níveis tecnológicos alto, médio e baixo. Ocorre em menor proporção terras inaptas para lavouras de níveis tecnológicos baixo.	
RESTRICÇÕES	A alta plasticidade e pegajosidade das argilas pode causar problemas de trafegabilidade.	
DIAGNÓSTICO	Terreno pouco sensível a interferências antrópica	

**Ocorrência dos processos:** *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*



## 2.4.4. Distribuição e Atributos dos Terrenos do Planalto Ocidental e sua relação com a Floresta Estacional Semidecidual e com o Cerradão

### 2.4.4.1 Distribuição e Atributos dos Terrenos

Para se entender a distribuição dos remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual e do Cerradão no Planalto Ocidental e suas relações com os atributos do meio físico (relevo, substrato rochoso, solos e água) elaborou-se uma análise regional dos terrenos na escala 1:250.000, correspondente a Folha Marília (IBGE, 1979).

Este estudo partiu da análise das Áreas de Influência das Parcelas Permanentes de Caetetus e Assis, na escala 1: 50.000, por meio da qual foi possível diferenciar e caracterizar seis (6) tipos de terrenos e estabelecer relações com diferentes fisionomias florestais que ocorrem na região.

O Mapa elaborado está apresentado na Figura 19, sendo as principais características dos terrenos sumariadas no Quadro 28, que agrupa as unidades descritas nos estudos de detalhe e apresenta outra que só ocorre no estudo regional e foi incluída como Unidade Ed – Escarpa dissecada em vales paralelos. Os principais aspectos desses terrenos são apresentados nas Figuras 20 e 21, que são perfis topográficos que mostram a relação entre os diferentes terrenos que constituem a região.

As Unidades CaR (Ca e R) e E (Ea e Ed) formam a denominada Zona do Planalto de Marília (PONÇANO *et al.*, 1981). O Planalto de Marília é caracterizado pela presença de uma superfície de aplanamento antiga e de cimeira e pela presença de uma superfície inclinada na borda do platô, que teria sido responsável pelo seccionamento da Superfície de cimeira e pela exposição da porção basal dos depósitos que a constituem e dos arenitos da Formação Marília.

Essas superfícies foram denominadas de Superfície I e Superfície II por LEPSCH (1977) ou ainda como Superfície antiga com cobertura arenosa (nível I) e de Glacis Superior (nível II) por QUEIROZ NETO *et al.* (1978).

As Unidades Cm, Caa, Pi e Cad representam diferentes estágios de dissecação da superfície de aplanamento que se estende do sopé da Escarpa até o Rio Paranapanema e formam a zona denominada Áreas Indivisas (PONÇANO *et al.*, 1981). Essa superfície que ocorre na bacia afluenta da margem direita do Rio Paranapanema e na bacia do Rio do Peixe, corresponde a Superfície III, de LEPSCH (1977) ou Glacis inferior (nível III) de QUEIROZ NETO *et al.* (1978).



Quadro 28 - Compartimentos topográficos e tipos de terrenos que ocorrem no Planalto Ocidental, na Área de Influência Regional das Parcelas Permanentes de Floresta Estacional Semidecidual de Caetetus e de Cerradão de Assis.

Nível topográfico / Altitudes (m)	Tipo de Terreno		Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos*
650 a 690	CaR	Ca	Colinas amplas	Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho antiga e Arenitos carbonáticos da Formação Marília	Latossolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo distrófico álico textura média e Latossolo argissólico (LE1,2 ,4 e LV 1,2) e Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo distrófico latossólico ou não álico textura arenosa/média (PE4,3)
		R	Rampa inclinada da borda do platô	Arenitos carbonáticos da Formação Marília e níveis de cascalhos basais da cobertura detritica argilo-arenosa antiga.	Argissolo Vermelho ou Vermelho Amarelo eutrófico abrupto ou não textura arenosa/média e Luvisso Crômico pálico arênico ou abrupto textura arenosa/média (PV2, PE1)
690 a 600	E	Ea	Escarpa	Paredes rochosas e afloramentos de arenitos carbonáticos.	Neossolo Litólico psamítico ou eutrófico (textura arenosa ou média) + afloramento de rocha
		Ed	Escarpa dissecada em vales paralelos		Neossolo Litólico eutrófico textura arenosa ou média + Argissolo Vermelho–Amarelo eutrófico abrupto raso + Luvisso Crômico abrupto raso (R1, 2) e (RL4)
600 a 400	Cm		Colinas do sopé da escarpa	Arenitos carbonáticos e Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho.	Argissolo Vermelho–Amarelo eutrófico abrupto textura arenosa/média + Luvisso Crômico pálico arênico ou abrupto textura arenosa/média (PV2) Argissolo Vermelho ou Vermelho Amarelo eutrófico ou distrófico textura arenosa/média (PE 1,3)
					Latossolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo distrófico álico textura média e Latossolo argissólico (LE1,2 ,3 e LV 2) e Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo distrófico latossólico álico textura arenosa/média (PE 4)
	Caa		Colinas amplas do aplanamento inferior	Cobertura detritica areno-argilosa com cascalho e arenitos muito alterados	
	Pi		Planície de inundação	Areia fina, argila, matéria orgânica e níveis de cascalho.	Gleissolo Háptico eutrófico e Neossolo Flúvico eutrófico textura indiscriminada (G)
Cad			Colinas amplas com vales encaixados	Cobertura detritica argilo-arenosa a muito argilosa com seixos de quartzo, quartzito e limonita nodular.	Argissolo Vermelho eutrófico textura média/argilosa (PEe1) e Argissolo Vermelho e Vermelho-Amarelo eutróficos textura média/argilosa e arenosa/média (PEe2)
				Basaltos	Latossolo Vermelho eutróférico ou distroférico textura muito argilosa (LRe1, LRd1) e Nitossolo Vermelho eutróférico e Latossolo Vermelho eutróférico textura muito argilosa (TRe1, 2)

As informações sobre os solos foram obtidas da Carta Pedológica Semidetalhada do Estado de São Paulo – Folha de Marília (COELHO et al, 2000), da Folha de Assis (BOGNOLA et al, 1996), da Folha de Maracá (ROSSI et al. 2000) e do Mapa Pedológico do Estado (OLIVEIRA et al 1999).



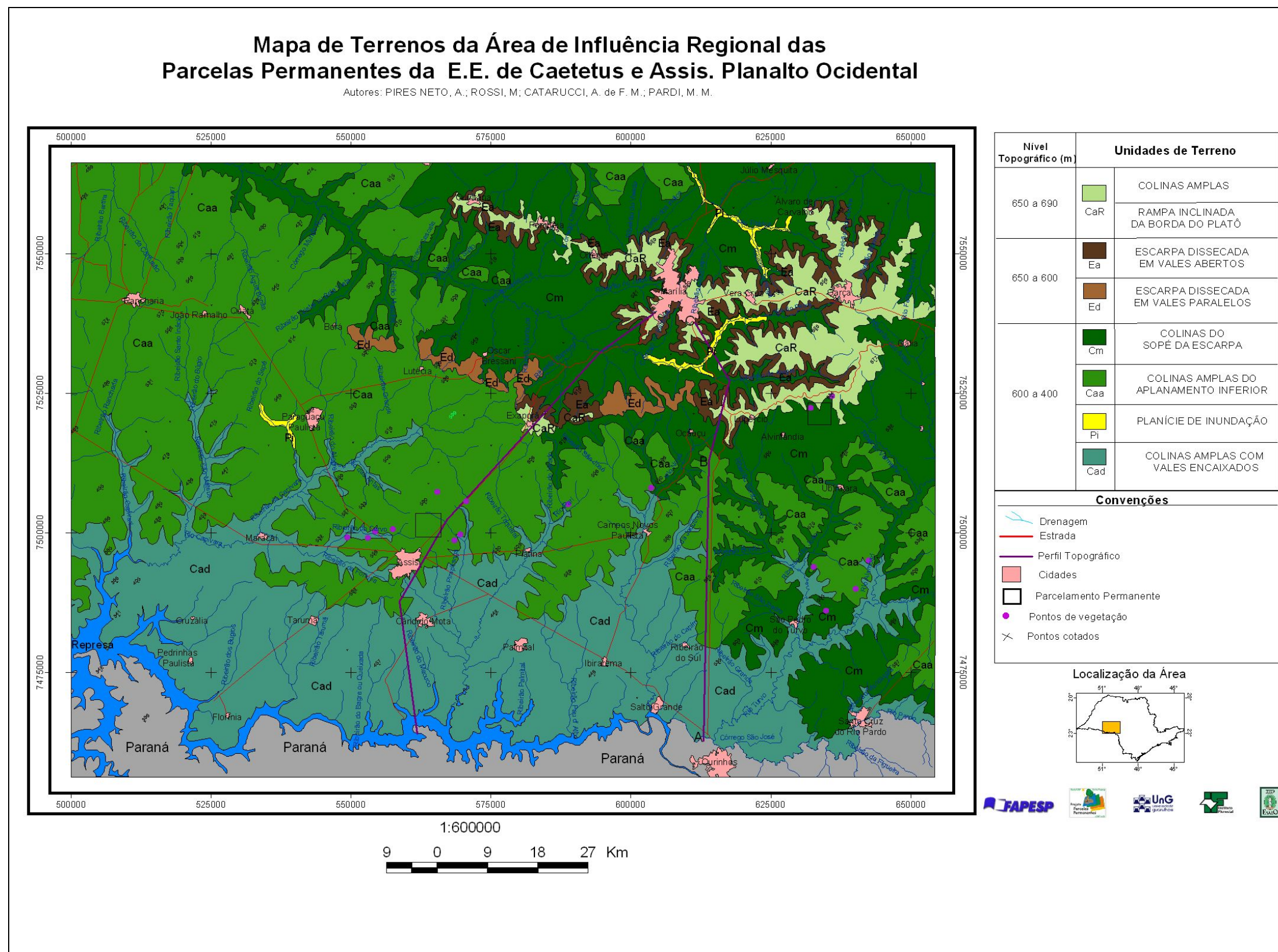










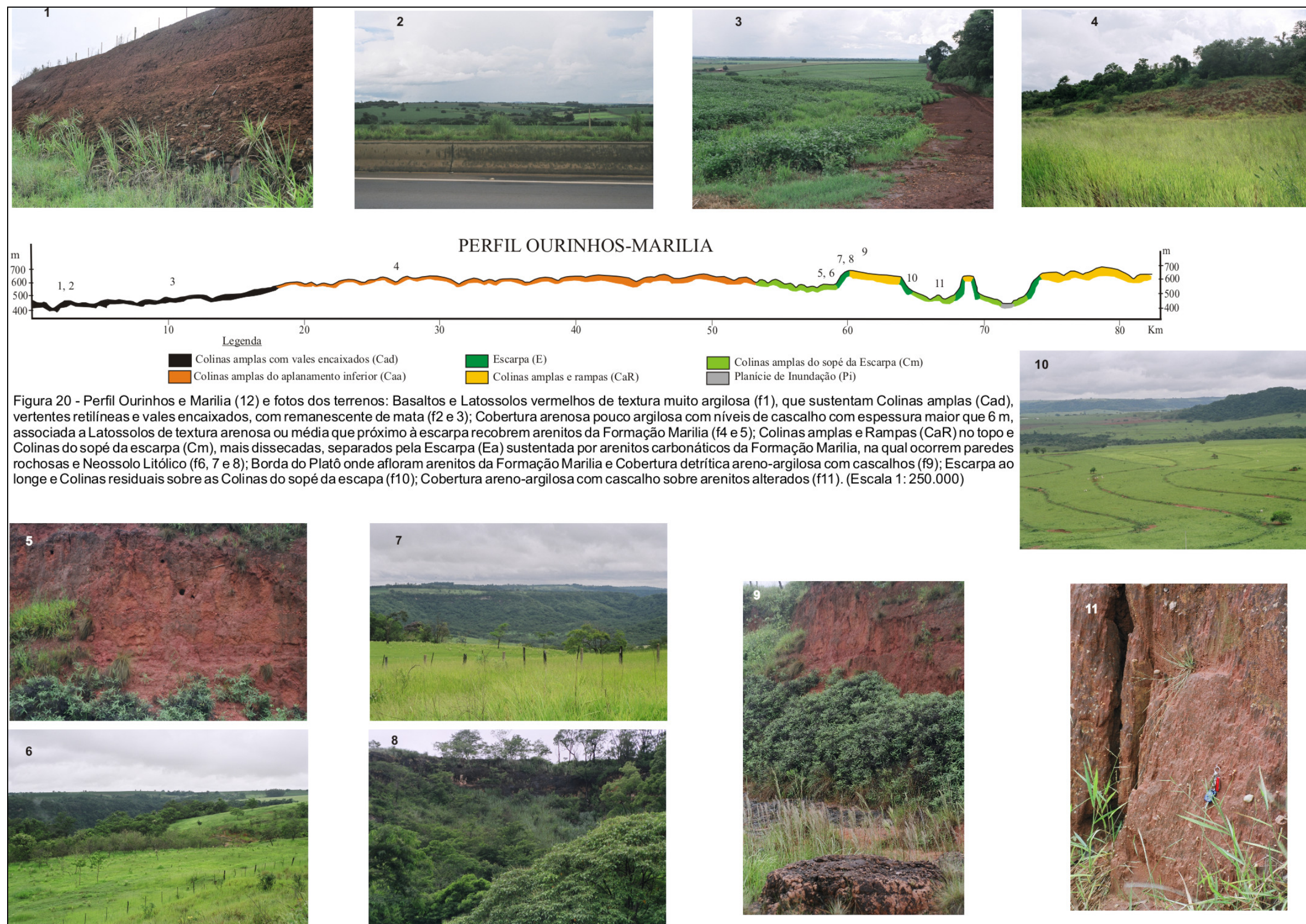
Figura 19: Mapa de terrenos da Área de Influência Regional das Parcelas Permanentes de Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão das Estações Ecológicas dos Caetetus e de Assis. Planalto Ocidental (Folha de Marília, escala 1:250.000).

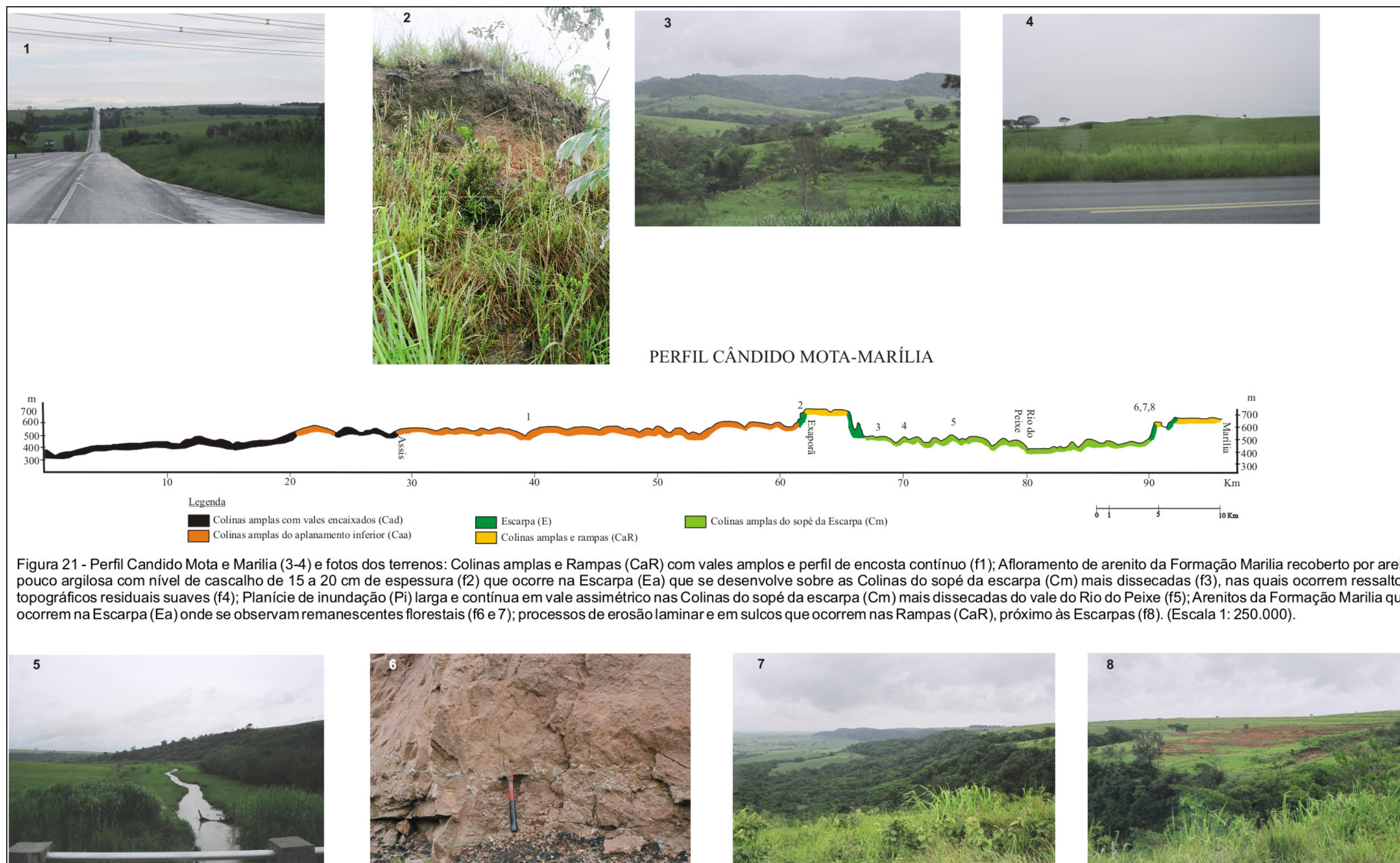


**Legenda do Mapa de Terrenos da Área de Influência Regional das Parcelas Permanentes das Estações Ecológicas de Caetetus e Assis. Planalto Ocidental.**

Nível topográfico (m)	Tipo de Terreno	Relevo	Substrato rochoso e cobertura detritica	Solos
650 a 690	 CaR	COLINAS AMPLAS	Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho antiga e Arenitos carbonáticos da Fm. Marília	Latossolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo distrófico álico textura média e Latossolo argissólico (LE1,2 ,4 e LV 1,2) e Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo distrófico latossólico ou não álico textura arenosa/média (PE4,3)
		RAMPA INCLINADA DA BORDA DO PLATO	Arenitos carbonáticos da Fm. Marília e níveis de cascalhos basais da cobertura detritica argilo-arenosa antiga.	Argissolo Vermelho ou Vermelho Amarelo eutrófico abrupto ou não textura arenosa/média e Luvissoilo Crômico pálico arênico ou abrupto textura arenosa/média (PV2, PE1)
690 a 600 (altimétria)	 Ea  Ed	ESCARPA	Paredes rochosas e afloramentos de arenitos carbonáticos.	Neossolo Litólico psamítico ou eutrófico (textura arenosa ou média) + afloramento de rocha
		ESCARPA DISSECADA EM VALES PARALELOS		Neossolo Litólico eutrófico textura arenosa ou média + Argissolo Vermelho–Amarelo eutrófico abrupto raso + Luvissoilo Crômico abrupto raso (R1, 2) e (RL4)
600 a 400	 Cm	COLINAS DO SOPÉ DA ESCARPA	Arenitos carbonáticos e Cobertura detritica argilo-arenosa com cascalho.	Argissolo Vermelho–Amarelo eutrófico abrupto textura arenosa/média + Luvissoilo Crômico pálico arênico ou abrupto textura arenosa/média (PV2) Argissolo Vermelho ou vermelho amarelo eutrófico ou distrófico textura arenosa/média (PE 1,3)
	 Caa	COLINAS AMPLAS DO APLANAMENTO INFERIOR	Cobertura detritica areno-argilosa com cascalho e arenitos muito alterados	Latossolo Vermelho ou vermelho-amarelo distrófico álico textura média e latossolo argissólico (LE1,2 ,3 e LV 2) e Argissolo Vermelho ou vermelho-amarelo distrófico latossólico álico textura arenosa/média (PE 4)
	 Pi	PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	Areia fina, argila, materia orgânica e níveis de cascalho.	Gleissolo Háptico eutrófico e Neossolo Flúvico eutrófico textura indiscriminada (G)
	 Cad  Cad	COLINAS AMPLAS COM VALES ENCAIXADOS	Basaltos	Argissolo Vermelho eutrófico textura média/argilosa (PEe1) e Argissolo Vermelho e Vermelho-amarelo eutróficos textura média/argilosa e arenosa/média (PEe2)
				Latossolo Vermelho eutrófico ou distrófico textura muito argilosa (LRe1, LRd1) e Nitossolo Vermelho eutrófico e latossolo vermelho eutrófico textura muito argilosa (TRe1, 2)









### UNIDADE CaR

A Unidade CaR formada pelas Colinas amplas do topo do platô (Ca) e pela Rampa inclinada da Borda do platô (R), ocorre nos divisores de água da bacia hidrográfica do Rio do Peixe e constitui o Planalto de Marília, onde estão implantadas as cidades de Garça, Vera Cruz, Marília, Pompéia, Quintana, Exaporã e Lupércio.

Essa Unidade apresenta altitudes de 650 a 690 m, constituindo uma superfície de aplanamento, que é considerada mais antiga, embora existam divergências quanto ao período de seu desenvolvimento.

A cobertura detrítica associada a essa superfície de aplanamento tem constituição areno-argilosa com grânulos de quartzo angulosos e lavados e com cascalheiras, observando-se nos cortes espessuras de 2 a 4 m. O entalhe atual dos vales geralmente expõe as cascalheiras basais destes depósitos. Essas cascalheiras em alguns pontos mostram deformações possivelmente associadas a falhas.

A essas coberturas comumente se associam: Latossolos Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrofíco álico ou não A moderado ou fraco textura média (LE1); Latossolos Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrofíco argissólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (LE2); Associação de Latossolos Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo ambos Distrofícos típicos álicos A moderado ou fraco textura média (LE4); Latossolos Vermelho-Amarelo Distrofíco típico álico ou não A moderado ou fraco textura média (LV1); Latossolos Vermelho-Amarelo Distrofíco argissólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (LV2); Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrofíco latossólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média (PE4).

Esses solos apresentam basicamente textura arenosa ou média tendendo a grossa, fertilidade baixa, muitas vezes com saturação por alumínio alta e relativamente muito profundos a profundos. Esses aspectos definem perfis com boa a excessiva drenagem interna e conseqüentemente, pequeno acúmulo de água no sistema.

Na borda do platô onde predomina o relevo de Rampa inclinada, a remoção dos depósitos da cobertura detrítica são mais freqüentes, observando-se comumente o arenito carbonático alterado da Formação Marília.

Nessas áreas a menor espessura da cobertura detrítica e a influência do arenito carbonático origina solos do tipo: Luvisolo Crômico Pálico arênico ou abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média ou Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrofíco arênico ou abrupto álico ou não Ta ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média. Dominam nesse setor os solos com textura ainda arenosa a média, fertilidade alta e pouco a moderadamente profundos.

A Unidade CaR, segundo o INSTITUTO FLORESTAL (2005) pode ser relacionada aos seguintes tipos florestais:

Unidade Ca - Cerrado ou Savana, contato Savana/Floresta Estacional Semidecidual;



Unidade R - Floresta Estacional Semidecidual é a mais freqüente.

### Unidade E

A Unidade E nos estudos regionais contem as unidades Escarpas (Ea), descrita na áreas da EE de Caetetus, e a unidade Escarpas dissecadas em vales paralelos (Ed), que correspondem respectivamente aos relevos Escarpas Festonadas (521) e Encostas sulcadas por vales subparalelos (511) descritos por PONÇANO *et al.* (1981) e é correlacionavel a Superfície V de LEPSCH (1977).

A Escarpa é bastante festonada formando anfiteatros e vales encaixados onde é comum a presença de afloramentos rochosos constituídos por arenitos carbonáticos da Fm. Marilia. A resistência diferencial das camadas deste arenito, que está relacionada as variações dos teores de carbonatos, condicionam a presença de degraus e patamares. As encostas apresentam inclinações de 15 a 50%, sendo mais íngreme nas cabeceiras de drenagem e mais suaves nos interflúvios.

A Escarpa erosiva (Ea) delimita o Planalto de Marilia e separa a superfície de cimeira da superfície de aplanamento mais baixa e mais nova ocorrendo, tanto do lado da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema como do lado da bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

A Escarpa dissecada em vales paralelos (Ed) ocorre em locais que não existe o platô e separa a superfície de aplanamento associada ao Rio Paranapanema, em altitudes de 590 a 600 m, da superfície da aplanamento da Bacia hidrográfica do Rio do Peixe, que é mais baixa e está em altitudes de 540 a 490 m.

Esses terrenos são constituídos por arenitos carbonáticos da Formação Marilia, apresentam inclinações de 15 a 50%, sendo comum a presença de afloramentos rochosos.

Os solos que ocorrem nessas unidades são: Associação de Neossolo Litólico Psamítico típico A chernozêmico ou moderado ou Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico textura média ou Eutrófico típico A moderado textura média e Afloramentos de rocha; e Associação de Neossolo Litólico + Neossolo Regolítico + Luvisolo Crômico + Argissolo Vermelho-Amarelo todos de textura arenosa ou média. Dominam aqui, as texturas arenosas ou médias, a pouca profundidade dos solos e a alta fertilidade, dada a proximidade do arenito com cimento carbonático, porém os declives são extremamente íngrimes, comumente com áreas de exposição rochosa.

A formação florestal mais comumente associada a esses terrenos é a Floresta Estacional Semidecidual (INSTITUTO FLORESTAL, 2005).

### Unidade Cm

A unidade Colinas do sopé da escarpa é formada por Colinas amplas e médias, e constitui a porção mais dissecada da extensa superfície de aplanamento que se estende do sopé da Escarpa até o Rio Paranapanema. Distribui-se nas cabeceiras da bacia hidrográfica do Rio do Peixe e ocorre na bacia do Rio Feio, ao norte no sopé da escarpa do Planalto de Marilia.



Na Bacia do Rio Paranapanema além de ocupar o sopé da escarpa, como na Área da Parcela Permanente em Caetetus, essa unidade desenvolve-se ao longo dos vales dos rios Novo e São João e de seus afluentes, constituindo uma interligação com a Unidade Cad, sustentada por basaltos.

Essa maior dissecação ao longo dos vales é resultado do processo de erosão remontante que vem afetando a área após a elaboração da superfície de aplanamento mais jovem. Esse processo de entalhe fluvial e de encaixamento dos vales seria também responsável pela elaboração das formas colinosas, pela remoção de parte da cobertura detritica areno-argilosa e pela exposição do arenito carbonático da Formação Marília.

As Colinas apresentam topos nivelados, amplos e convexos. Em alguns locais ocorrem ressaltos topográficos e cornijas sustentadas por partes mais resistentes dos arenitos carbonáticos. Nessa unidade a cobertura detritica areno-argilosa com seixos, mostra uma distribuição descontínua e errática sendo comum a ocorrência de solos rasos com exposição dos arenitos carbonáticos alterados.

Os vales de primeira e segunda ordem são abertos e erosivos, sendo os vales maiores encaixados, erosivo-acumulativos e com planícies de inundação estreitas. É frequente a presença de reentalhes nos canais fluviais, gerando um elevado fluxo de sedimento nos canais, o que favorece o assoreamento da drenagem. A ocorrência de processos erosivos do tipo erosão laminar e em sulcos é frequente e de média intensidade.

A presença de processos erosivos mais freqüentes nas encostas e nos canais fluviais e as menores espessuras de solo e de cobertura detritica sugerem que esses terrenos vem passando por um processo de reajuste e readequação a novas condições de equilíbrio ambiental.

Nesse setor os solos mais freqüentes são: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico A moderado ou fraco textura arenosa/média; Luvisolo Crômico Pálico arênico ou abruptico A moderado ou fraco textura arenosa/média ou Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abruptico A moderado ou fraco textura arenosa/média; Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico ou abruptico álico ou não Ta ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média; Latossolos Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrofico argissólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média; Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo Eutrofico Tb típico A moderado ou fraco textua arenosa/média.

Nessa área a fertilidade dos solos comportam-se de acordo com a dissecação do terreno. Assim, nos locais mais aplainados há fertilidade baixa e nos mais dissecados há fertilidade alta. A textura permanece arenosa e média com perfis de alteração muito profundos. A presença de solos com relação textural de horizonte superficial para sub superficial alta, imprime a área uma suscetibilidade maior aos processos erosivos permitindo o caminhamento subsuperficial da água e concentração devido às descontinuidades hidráulicas promovidas pela diferenciação textural.

Na Bacia do Rio do Peixe esses terrenos mais dissecados se desenvolveram em altitudes de 540 a 490 m, entre os dois remanescentes do Planalto de Marília. Nesse relevo de Colinas





amplas e médias é comum a presença de depósitos detríticos e afloramentos de arenitos carbonáticos da Formação Marília que também sustentam alguns morros residuais na frente da Escarpa.

Nesse setor a densidade de drenagem é média e os solos mais comuns são Luvissole Crômico Pálico arênico ou abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média ou Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média.

Na bacia hidrográfica do Rio Feio, ao norte da Escarpa do Planalto de Marília, esses terrenos desenvolvem-se em altitudes de 590 m até 500 m. Esse setor é constituído por arenito carbonático da Formação Marília e pela cobertura detrítica mais nova, sobre as quais se desenvolvem Luvissole Crômico Pálico arenico ou abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média ou Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abrupto A moderado ou fraco textura arenosa/média (COELHO et al., 2000) e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média relevo ondulado e suave ondulado + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico pouco profundo textura arenosa/argilosa relevo ondulado ambos abruptos A moderado (OLIVEIRA et al, 1999). Esse setor apresenta-se com fertilidade alta, textura arenosa e média e profundidade de solo variada.

Possivelmente por estarem localizados no sopé das escarpas do Planalto de Marília, que constitui a principal área de recarga do aquífero, esses terrenos apresentam maior disponibilidade de água, o que se evidencia pela presença de muitos canais perenes de primeira ordem e por uma densidade de drenagem média.

Do mesmo modo que na Parcela Permanente da E.E. de Caetetus esses terrenos associam-se a Floresta Estacional Semidecidual, como se pode observar pelos vários fragmentos ocorrentes desse tipo de floresta identificadas por INSTITUTO FLORESTAL (2005) e SIQUEIRA (2005).

### UNIDADE Caa

Essa Unidade constituída pelas Colinas amplas do aplanamento inferior está associada a cobertura areno-argilosa com cascalho, que se espalha inclusive sobre os basaltos, é o terreno predominante na região de estudo. A Unidade representa o remanente da zona de deposição da superfície de aplanamento desenvolvida entre sopé da Escarpa e o Rio Paranapanema em altitudes de 600 a 400m.

Esses terrenos que caracterizam a Área de Influência da Parcela Permanente de Assis ocupam ainda a bacia do Rio do Peixe e do Rio Feio, estando dissecado ao longo das principais drenagens onde se desenvolvem os terrenos da Unidade Cad.

Os solos predominantes nessa Unidade são: Latossolos Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrofíco argissólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média; Latossolos Vermelho-Amarelo Distrofíco argissólico álico ou não A moderado ou fraco textura arenosa/média; Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo Distrofíco latossólico álico ou não A moderado ou fraco



textura arenosa/média; Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo Eutrófico Tb típico A moderado ou fraco textura arenosa/média; Luvisolo Crômico Pálico arênico ou abrupção A moderado ou fraco textura arenosa/média ou Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico arênico ou abrupção A moderado ou fraco textura arenosa/média. De maneira geral, esses solos são profundos, com boa a excessiva drenagem interna e fertilidade variando de baixa, nas áreas mais aplanadas e lixiviadas, e alta, nas áreas com relevos colinosos pouco mais movimentados.

Dada a posição de cimeira nos interflúvios, a baixa inclinação dos topos, a elevada porosidade e permeabilidade dos solos e o encaixamento dos vales principais com profundidades de 50 a 100 m, esses terrenos favorecem a infiltração e o escoamento das águas subterrâneas de modo que a água tem uma permanência muito curta no solo.

Essa situação dinâmica da água nos topos favorece ao desenvolvimento do Cerrado e do Cerradão que é a vegetação predominante nesses terrenos (INSTITUTO FLORESTAL, 2005 e SIQUEIRA, 2005).

Ao longo dos vales a presença de processos de erosão remontante, remove a cobertura detritica areno-argilosa, propiciando a exposição de extensos trechos de canais e de encostas constituídas por basaltos, onde se tem a formação de solos do tipo Argissolo Vermelho Eutrófico típico A moderado textura média/argilosa e Nitossolo Vermelho Eutrófico típico A moderado textura muito argilosa. A expansão desse processo de dissecação da origem aos terrenos da Unidade Cad.

Ao longo dos vales ocorre a presença de zonas de transição (ecotonos) Cerrado / Floresta Estacional Semidecidual, que ocupa os vales onde os solos são mais férteis e há maior disponibilidade de água. Como se evidencia nos remanescentes identificados e caracterizados pelo INSTITUTO FLORESTAL (2005) e SIQUEIRA (2005).

#### UNIDADE Pi

A Unidade Pi, que caracteriza as Planícies de inundação, tem ocorrência restrita, o que sugere a predominância de processos erosivos, que estão associados a dissecação fluvial que vem ocorrendo na região.

As planícies de modo geral são estreitas e descontínuas e só se desenvolvem quando estão associadas a alguma soleira local. As formas maiores podem ser observadas nas cabeceiras do Rio do Peixe e do Rio Tibiriça, afluente do Rio Feio ou Aguapeí, desenvolvendo-se principalmente associado ao nível topográfico 600 – 500, que caracteriza a superfície de aplanamento mais jovem.

As Planícies de inundação geralmente são constituídas por: areia fina, silte levemente argiloso, de cor bege acinzentada a cinza escuro, com camadas ricas em matéria orgânica e níveis de cascalho. Sobre esses sedimentos desenvolvem-se o Complexo de Gleissolo Háptico Ta Eutrófico típico A moderado ou chernozêmico textura indiscriminada e Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico A moderado ou chernozêmico textura indiscriminada.(G). Tais solos são



geralmente férteis, de profundidade limitada pelo lençol freático e que exigem tratamentos especiais para o manejo, já que permanecem encharcados (hidromorfismo), sazonalmente ou durante a maior parte do ano.

A ocorrência de inundações periódicas, o freático elevado, a presença de alagadiços tornam essas áreas ambientes distintos na região, sobre as quais ocorrem remanescentes de formações arbóreas/arbustivas e herbáceas em regiões de várzea, que constituem a Mata Ciliar (INSTITUTO FLORESTAL, 2005).

### UNIDADE Cad

A Unidade Colinas amplas com vales encaixados (Cad), que predomina na margem direita do Rio Paranapanema ao longo de toda região estudada, é representada por Colinas amplas com vales encaixados, sustentadas por basaltos e com cobertura areno-argilosa a muito argilosa, que apresentam na base seixos de quartzo, quartzito e limonita nodular, associadas a fragmentos e blocos de arenitos limonitizados. Esses relevos diferenciam-se das demais colinas amplas que ocorrem na região, pelos topos convexos mais estreitos e pelos vales mais fechados e encaixados e historicamente como área de predomínio da Floresta Estacional Semidecidual.

Nos divisores de água desta unidade predominam Latossolos Vermelhos Distroféricos típicos com ou sem saturação por alumínio (állico) A moderado textura muito argilosa e, por vezes, os Latossolo Vermelho Eutroférico típico A moderado textura muito argilosa (LRe1), que são solos com baixa fertilidade química e com saturação por alumínio elevada. Esses solos são profundos com boa drenagem interna e tem textura que permite acúmulo de água maior que os solos desenvolvidos nas áreas de cobertura areno-argilosa e sobre os arenitos.

Ao longo dos vales ocorrem, no contato cobertura detritica / basalto, Argissolos Vermelhos Eutróficos típicos A moderado textura média/argilosa, enquanto que sobre o basalto, ocorrem Nitossolos Vermelhos Eutroféricos típicos A moderado textura muito argilosa e Nitossolos Vermelhos Eutroféricos latossólicos com Latossolo Vermelho Eutroférico típico A moderado textura muito argilosa. Nesse setor, os solos apresentam-se ricos em nutrientes e, normalmente, profundos. A disponibilidade de água nesses solos é boa, sendo que nos argissolos os processos erosivos lineares são mais frequentes e estão condicionados a sua relação textural.

Esses terrenos devido ao fraturamento do basalto apresentam uma maior disponibilidade de água que se associa a densidade de drenagem média e aos canais de primeira ordem perenes.

Como já mencionado anteriormente o contato da Unidade Cad com a Unidade Caa ocorre principalmente ao longo dos vales, associada as áreas mais dissecadas onde os segmentos de encosta são mais inclinados e se tem a presença de Argissolo Vermelho de textura média/argilosa enquanto que em alguns locais ocorre uma passagem de Argissolo Vermelho de textura média/arenosa para Nitossolo Vermelho de textura muito argilosa. Nessas áreas devido ao entalhe fluvial observa-se o contato entre tipos de rochas diferentes que condicionam essas variações nos solos.



Essa situação favorece a formação de corredores de penetração da Mata Estacional Semidecidual ao longo dos vales em meio ao Cerradão que predomina nos divisores de água.

#### *2.4.4.2. Tipos de Terrenos e sua relação com a Floresta Estacional Semidecidual e com o Cerradão.*

Com base nos estudos dos atributos do substrato rochoso, do relevo, dos solos e das características de permeabilidade e porosidade dos materiais da cobertura detrítica que caracterizam os seis tipos de terrenos identificados na região, pode-se considerar que existe uma associação bastante nítida entre os atributos e características dos terrenos e a distribuição das fisionomias florestais.

O **Cerradão** ocorrem associados às Unidades Ca (Colinas amplas do Planalto de Marília) e Caa (colinas amplas do aplanamento inferior), que embora constituam superfícies de altitudes e idades distintas apresentam grande semelhança quanto a sua constituição, relevo, solos e a disponibilidade de água.

A Unidade Ca, em altitude de 650 a 690 m, é constituída por materiais de alta porosidade e permeabilidade, e por relevos suaves e quase planos, que caracterizam o topo do Planalto de Marília, favorecem a infiltração das águas e sua percolação através do maciço, constituindo terrenos com baixa densidade de drenagem e **pouca disponibilidade de água**.

Esses atributos também caracterizam a Unidade Caa, em altitudes de 600 a 500 m. Nessa unidade os terrenos apresentam baixa densidade de drenagem e são constituídos por cobertura areno-argilosa que se espalham por extensas áreas e inclusive sobre os basaltos.

A **menor disponibilidade de água nesses terrenos**, associada à baixa retenção dos solos ou a lençóis freáticos muito profundos, parecem condicionar o estabelecimento do Cerradão ou mesmo outras formas de Savana, como os cerrados senso restrito, que apresenta uma ampla área de ocorrência na região.

A Parcela Permanente da E.E. de Assis foi alocada sobre um remanescente de Cerradão que ocorre associado aos atributos da Unidade Caa, desenvolvida na superfície de aplanamento mais nova, que se estende do sopé das Escarpas até o Rio Paranapanema, avançando também pelo vale do Rio do Peixe, de modo que se esperam maior similaridade com os remanescentes existentes nessas áreas.

Embora ocorram também remanescentes de Cerradão no topo do Planalto de Marília, na Unidade Ca, que apresenta substrato rochoso, relevo e solos semelhantes à Unidade Caa, deve-se procurar avaliar se a semelhança dos condicionantes abióticos também se reflete na vegetação, ou se há alguma variação condicionada pela diferença de altitude entre essas duas unidades capaz de caracterizar diferenças na estrutura e na composição dos remanescentes de cerrado.

A **Floresta Estacional Semidecidual** ocorre associada às Unidades R (Rampa), E (Escarpa), Cm (Colinas do sopé da escarpa) e Cad (Colinas amplas com vales encaixados), que



se diferenciem pela constituição, relevo e solos, mas apresentam como elemento de similaridade **a maior disponibilidade de água e a fertilidade alta do solo.**

Na Escarpa e nas Rampas a presença de solos rasos e férteis, de rochas carbonáticas e de lençol freático raso, oferecem condições favoráveis a floresta.

Na Unidade Cm (Colinas do sopé da escarpa) a maior disponibilidade de água acontece devido a sua posição no sopé da Escarpa do Planalto de Marília, que é a área de recarga do aquífero da região. Assim devido ao gradiente hidráulico, ocorre uma maior disponibilidade de água no sopé da escarpa, que associada à presença de solos férteis favorece ao desenvolvimento da floresta.

A Unidade Cad é constituída por basaltos e por solos férteis que se associam a floresta. Esses terrenos apresentam também uma boa produtividade de água em consequência da alta densidade de fraturas de direção leste-oeste, que estão associados à Zona de Fratura do Paranapanema, proposta por FULFARO (1974) e caracterizada como uma estrutura neotectônica por BORGES et al. (1998).

A Floresta Estacional Semidecidual da Parcela Permanente da E.E. de Caetetus ocorre associada aos atributos da Unidade Cm (Colinas do sopé da escarpa), que se desenvolve no sopé das Escarpas do Planalto de Marília, de modo que devem ter uma maior similaridade com os remanescentes existentes no vale das cabeceiras do Rio do Peixe e nas cabeceiras do Rio Feio, que apresentam substrato rochoso e solos semelhantes.

No caso da Unidade Cad a constituição do substrato rochoso e dos solos são diferentes da Unidade Cm, de modo que se deveria avaliar se essas diferenças dos condicionantes abióticos também se refletem na vegetação.

Cabe destacar a presença dos vales mais dissecados e entalhados associados à Unidade Cm e à Unidade Cad, que interpenetram a Unidade Caa. Esses vales favorecem em vários pontos a exposição de basaltos nos canais fluviais e nas encostas, ou a formação de áreas mais úmidas, que devem ter funcionado como corredores de interligação entre as Unidades Cm e Cad, em períodos recentes do Quaternário, quando deve ter ocorrido uma expansão da floresta associada aos períodos de maior umidade.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. 1956 - A Terra Paulista. Bol. Paul. Geogr., São Paulo, (23): 5-38.
- ALMEIDA, F.F.M. de et al 1981 - Mapa Geológico do Estado de São Paulo 1:500.000. São Paulo, IPT. 126p. (IPT Publicação 1184) (Série Monografias 6).
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1964. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geológico*, São Paulo, v.41, p.169- 263.
- AUSTIN, M.P. & COCKS, K.D. 1978. Land use on the south coast of new south wales. A study in methods of acquiring and using information to analyze regional land use options. Australia, v.1 e 2. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (General Report).



- BISSA, W.M, YBERT, J-P, CATHARINO, E.L.M. e KUTNER, M. 2000. Evolução Paleoambiental na Planície Costeira do Baixo Ribeira durante a ocupação sambaquieira. Ver. Do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo, 10:89-102, 2000.
- BISTRICHI, C.A. et alii. 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. In: ALMEIDA, F.F.M. de - *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*; 1:500.000, texto. São Paulo, IPT, 2v. IPT - Publicação 1184, Série Monografias 6.
- BOGNOLA, A. I. JOAQUIM, A .C., PRADO, H. LEPSCH, I.F. MENK, J.R.F. 1996. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Folha de Assis (carta 1:100 000). Campinas: SAA/APTA/IAC, 1996. (Mapa).
- BORGES, M.S., COSTA, J.B.S., HASUI, Y, PIRES NETO, A.G., MORALES, N. E RUEDA, J.R.J. 1998. Compartimentação Neotectônica do Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40. Belo Horizonte. Anais. Minas Gerais, SBG. v. 1: 74.
- CAMPANHA, G. A .C., HENS, H.H., PONÇANO, W.L. 1992. Análise Morfotectônica do Planalto do Juqueriquerê. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37. São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos... São Paulo, SBG. v. 2:605-606.
- COELHO, M.R.; BERTOLANI, F.C.; ROSSI, M.; NASCIMENTO, P.C.; MENK, J.R.F.; PRADO, H.do; AMORIM, D. A.de. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Folha de Marília (carta 1:100.000). Campinas: SAA/APTA/IAC, 2000. (Mapa).
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) 1982. Projeto Planejamento Minerário na Ocupação do Solo em Área da Sudelpa. Relatório Final Vol.1. Mapa de Subsidio ao Planejamento da Atividade de Mineração – Alto e Médio Vale do Ribeira. Escala 1:150.000.
- COSTA, J.B.S., BORGES, M.S., HASUI, Y, PIRES NETO, A.P. e MORALES, N. 1998. Bacias Quaternárias do Litoral Norte do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40. Belo Horizonte. Anais. Minas Gerais, SBG. v. 1: 73.
- DEFFONTAINES, P. - 1935 - Regiões e Paisagens do Estado e São Paulo; primeiro esboço de divisão regional. Geografia. São Paulo 1 (2):117-169.
- DEMECK, J. - 1972 - Manual of detailed geomorphological mapping. Prague Academie 344 p.
- DEMECK, J. 1967. Generalization of geomorphological maps. In: *Proceedings of the meeting of the IGU-comission on applied geomorphology, sub-comission on geomorphology mapping. Progress made in geomorphological mapping.* Breno and Bratislava, p. 36- 72.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (DAEE- UNESP) 1982. *Mapa geológico do Estado de São Paulo*, folha Marília e Itararé, escala 1: 250.000. São Paulo/ Rio Claro.
- EMBRAPA. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA, 1999. v 1. 412 p.
- FREITAS, R.O. 1944. Geomorfogênese da Ilha de São Sebastião. *Boletim da Associação de Geógrafos do Brasil.* v.4, p. 6- 30.
- FREITAS, R.O. 1951. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. *Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - Universidade de São Paulo.* São Paulo: Geologia, v.6, p.1-120 (Boletim 130).
- FULFARO, V.J. e PONÇANO, W.L.1974. Recent tectonic features in the Serra do Mar region SP Brazil and its importance to engineering geology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING GEOLOGY, 2, São Paulo, 1974, Proceedings... São Paulo v. 1, p.II 7.1 – 7.7.
- FULFARO, V.J.; SUGUIO, K. e PONÇANO, W.L. - 1974 - A gênese das planícies costeiras Paulistas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28 Porto Alegre. Anais. São Paulo, SBG. v. 3p. 37-42.
- FUNCATE - FUNDAÇÃO DE CIÊNCIAS APLICADAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS. 1992. Macrozoneamento do Vale do Ribeira. Mapeamento Geomorfológico na escala 1: 50.000.



FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL / PETROBRAS. 2003 e 2004. Estudo de Sustentabilidade Sócio-ambiental da Área de Influência de Empreendimentos da Petrobrás. Estudos Geomorfológicos com mapeamentos na escala 1:100.000, na área de 34 municípios do Estado de São Paulo.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE 1993. Mapas de Unidades de Relevo do Brasil. Escala 1:5.000.000.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS (UNESP - RIO CLARO). Mapeamento geomorfológico da Província Costeira do Estado de São Paulo entre Boracéia e Boissucanga (FAPESP - Processo Geologia n. 87/0345-1), de agosto de 1987 a outubro de 1988.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1978 - Levantamento das condicionantes do meio físico e estabelecimento de critérios normativos para a ocupação urbana dos Morros de Santos e São Vicente (Carta Geotécnica). São Paulo. (IPT: Relatório 11.599).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1982 - Estudos geológico-geotécnicos para a caracterização e quantificação de materiais de empréstimo terrosos e granulares para execução de aterros e pavimento da Rodovia P-55, Piaçagüera - Guarujá (trecho Ultrafértil-Guarujá). São Paulo (IPT: Relatório 16.442).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1983 - Estudo geológico das áreas dos Reservatórios de Itatinga e Itapanhau - SE de Mogi das Cruzes-SP. São Paulo. (IPT: Relatório 18.480).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1985 - Estudos geológico-geotécnicos e levantamento de condicionantes do meio físico na área de interesse à implantação de barragens e reservatórios no Rio Ribeira (SP e PR) - Fase Inventários. São Paulo (IPT: Relatório 21.717).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1986 - Programa Serra do Mar - Levantamentos básicos nas folhas de Santos e Riacho Grande - Estado de São Paulo. São Paulo. (IPT: Relatório 23.394).

INSTITUTO FLORESTAL. 2005. Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo. Biota/FAPESP. Instituto Florestal, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 199p.

IVANAUSKAS, N.M., MONTEIRO, R. RODRIGUES, R.R. 2000. Similaridade Florística entre Áreas da Floresta Atlântica no Estado de São Paulo. Brazilian Journal of Ecology, Rio Claro, SP, Brazil 1 e 2: 71-81.

LEDRU, M-P, BRAGA, P.I.S., SOUBIÈS, F., FOURNIER, M., MARTIN, L., SUGUIO, K. TURCQ, B. 1996. The last 50.000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 123: 239-257.

LEDRU, M-P, SALGADO-LABOURIAU, M.L., LORSCHETTER, M.L. 1998. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10.000 yr B.P. Review of Palaeobotany and Palynology 99: 131 – 142.

LEPSCH, I. F., PIRES NETO, A.G. e SOARES JUNIOR, A.A. 2004. Caracterização morfoedológica de uma parcela permanente no Parque Estadual Carlos Botelho. Segundo Simpósio Interno do Projeto Parcelas Permanentes. Ilha do Cardoso.

LEPSCH, I. F.; PRADO, H. do.; MENK, J. R. F.; SAKAI, E.; RIZZO, L. T. B. 1999 - Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo. São Paulo: IAC, 1999. Escala 1:250.000.

LEPSCH, I.F. 1977. Sedimentos neo-cenozóicos e depósitos superficiais em Echaporã, SP. Boletim Paulista de Geografia, 53: 5-34.

LEPSCH, I.F. 1978. Formações Superficiais de Origem dos Latossolos de São Paulo. Colóquio Estudo e Cartografia das Formações Superficiais e suas aplicações em Regiões Tropicais. São Paulo, vol. 1, 323 –334.



- LIBARDI, M.N. 2003 – Mapeamento ultradetalhado do solo da área de Assis, destinada ao Projeto *Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 10 há de parcela permanente*. Relatório Final. Piracicaba ESALQ. Orientadores: Prof.Dr. Pablo Vital Torrado e Prof.Dr. Alexandre Christófaro Silva.
- MANTOVANI, W. 1993. Estrutura e Dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape SP. São Paulo 1v. (Tese – Livre Docência) – Instituto de Biologia. Universidade de São Paulo - Departamento de Geografia. 125p.
- MARTONNE, E. - 1950 -. Abruptos de Falha e Capturas Recentes; A Serra do Mar de Santos e a "Espinoise". Bol. Geográfico. Rio de Janeiro (83):1283-1287.
- MELO, M.S. 1990. *A Formação Pariqüera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, São Paulo. 211 p.
- MELO, M.S. de, FERNÁNDEZ, L.A., COIMBRA, A.M. 1990. Influência da Neotectônica nos terraços fluviais do baixo Ribeira do Iguape (SP). In: Workshop: Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro. 1, Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte, SBG-MG Bol. 11: 47-56.
- MELO, M.S.de & PONÇANO, W.L.1983. Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos Cenozóicos no Estado de São Paulo. São Paulo, 1983. 74p. Monografia, 9. IPT nº 1364.
- MONBEIG, P.1949. A divisão Regional do Estado de São Paulo. Associação de Geógrafos Brasileiros, São Paulo, 1: 19 – 30.
- MORAES REGO, L.F. de - 1932 - Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese. São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico. 43p
- OLIVEIRA, J.B. de; CAMARGO, M.N.de; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. 1999. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo/EMBRAPA Solos, 1999. v. 1. 64 p.
- PENTEADO, M.M. e RANZANI, G. 1973. Problemas Relacionados com a gênese dos solos podzolizados – Marília. Instituto de Geografia, Sedimentologia e Pedologia 6, 23p.
- PFEIFER, R. M.; CARVALHO, W. A.; SILVA, D. A. da.; ROSSI, M.; MENDICINO, L. F. 1986 - Levantamento semidetalhado dos solos do Parque Estadual de Carlos Botelho, SP. Boletim técnico Instituto Florestal, 40, 1, p.75-109, junho 1986.
- PIRES NETO, A.G. - 1979. Carta Geomorfológica dos Morros de Santos e São Vicente, SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio Claro. Atas. v.2, p.279-90.
- PIRES NETO, A.G. - 1992a. O relevo de Ilha Bela: suas características e suscetibilidades. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 3, Belo Horizonte, ABEQUA, Anais, p. 141-145.
- PIRES NETO, A.G. *et al.* - 1978. Carta Geomorfológica de Ubatuba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Recife, Anais v.1, p. 184-191.
- PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M. de; PRANDINI, F. L. 1981 - Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Monografia 5. v. 1 e 2. Escala 1:1.000.000.
- QUEIROZ NETO, J.P. & JOURNAUX, A. (Coords.) 1978. *Carta Geomorfológica do Vale do Rio do Peixe em Marília (SP)*. São Paulo: USP/Instituto de Geografia, 1978 (Escala 1:100.000).
- RICCOMINI, C.; PELOGGIA, A.U.G.; SALONI, J.C.L.; KOHNKE. M.W.; FIGUEIRA, R.M. 1989. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift system. J. South Am. Earth Sci., 2: 191-197.
- ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. Lab. Geomorfologia – Depto. Geografia – FFLCH – USP / Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT / FAPESP, 1997. Mapas e relatórios.





- ROSSI, M. 1999. Fatores formadores da paisagem litorânea: a bacia do Guaratuba, São Paulo - Brasil. São Paulo 1v. (Tese - Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo - Departamento de Geografia. 160p.
- ROSSI, M.; JOAQUIM, A. C., BOGNOLA, A. I.; PRADO, H. MENK, J.R.F.; LEPSCH, I.F. 2000. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Folha de Maracaí (carta 1:100 000). Campinas: SAA/APTA/IAC, 2000. (Mapa).
- SALGADO-LABOURIAU, M.L, BARBIER, M. FERRAZ-VICENTINE K.R e PARIZZI, M.G. 1998. A dry climatic event during the late Quaternary of tropical Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology* 99: 115 – 129.
- SANT'ANNA NETO, J.L.; MOTOKI, J.S.; TAVARES, R. 1991. A dinâmica atmosférica e o impacto na zona costeira paulista. In: Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente. 3, Londrina. U E L/ U.E.M./ UNESP. Anais... V.3: 35 –50.
- SECRETÁRIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO-SMA. 1996. Revisão de Mapas Geomorfológicos da Área de Proteção Ambiental (APA) de Cananéia-Iguape-Peruíbe e Integração com o Mapeamento Geomorfológico do Macrozoneamento do Vale do Ribeira. Plano de Gestão / Zoneamento Ecológico - Econômico Para a Regulamentação da APA de Cananéia-Iguape-Peruíbe, escala 1:50.000.
- SHREVE, R. L. – 1966 – Statistical law of stream numbers. *Journal of Geology*. 74 (1): 17 – 37.
- SHREVE, R. L. – 1967 – Infinite topologically random channel networks. *Journal of Geology*. 75 (2): 178 – 186.
- SIMONETTI, C. 2001 – As relações entre o relevo, os solos e a floresta atlântica na Serra do Mar (Bacia do Rio Itamambuca, Ubatuba, SP). Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo.
- SOARES JUNIOR, A. A.; VIDAL-TORRADO; SILVA, A. C. 2004 - Mapeamento ultradetalhado dos solos do Parque Estadual “Carlos Botelho” destinado ao Projeto Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes. Piracicaba: ESALQ, 2004. 53p.
- SOARES, A.R. 2003 – Mapeamento ultradetalhado do solo da área da Estação Ecológica de Caetetus, destinada ao Projeto *Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 10 há de parcela permanente*. Relatório Final. Piracicaba ESALQ. Orientadores: Prof.Dr. Pablo Vital-Torrado.
- SOARES, P.C. e LANDIM, P.M.B.1976. Depósitos cenozóicos na região centro-sul do Brasil. *Noticias Geomorfológicas*. Campinas, 16 (31): 17 – 39.
- SOUZA, L.A.P. 1995. A Planície Costeira Cananéia-Iguape, Litoral sul do Estado de São Paulo: Um Exemplo de Utilização de Métodos Geofísicos no Estudo de Áreas Costeiras. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 156 p
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. Formações Quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo, 1978. São Paulo, The Brazilian National Working Group for the IGCP, Project 61/Instituto de Geociências USP/Sociedade brasileira de Geologia, 1978. 55 p. (Special Publication, 1)
- TERRA - PLANEJAMENTO E PROJETOS. 1990. Macrozoneamento do Litoral Norte de São Paulo - Ilha Bela. Estudos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos nas escalas 1: 10.000 e 1: 50.000.
- THEMAG ENGENHARIA E GERENCIAMENTO LTDA. 1990. APA da Serra do Mar. Mapeamento Geomorfológico, na escala 1:50.000.
- VAN ZUIDAM, R.A. - 1982 - Considerations on systematic medium scale geomorphological mapping. *Zeitschrift fur Geomorphologie*. Berlin-Stuttgart 26(4):473-480.



YBERT, J-P, BISSA, W.M. e KUTNER, M. 2001. Relative Sea Level Variations and Climatic Evolution in Southeastern and Southern Brazil During the Late Holocene. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre. Pesquisa em Geociências, 28(2): 75 – 83.



### 3. Solos

#### 3.1. *Pedologia e edafologia (Pablo Vidal Torrado)*

Pesquisadores: Ana Raquel Soares, Antonio Augusto Soares Junior, Bruno Gherardi, Cristiano Cassiano da Silva, Marília Neubern Libardi, Tiago Osório Ferreira

#### 3.2. *O estudo do funcionamento do solo e a sua importância nas relações entre o solo e a vegetação*

Miguel Cooper

Carlos Eduardo Pinto Juhász

Raul Shiso Toma

Patrícia Ribeiro Cursi

Thalita Campos Oliveira

José Eduardo Soria

André Oppitz Ketzer

Rodrigo Chiara Olsen

##### 3.2.1. Introdução

O estudo do solo e o desenvolvimento de sistemas de classificação de solos nasceram como fruto de uma necessidade de identificar áreas mais propícias para a produção agrícola (Glinka, 1914). Desta forma, os solos são estudados e agrupados em mapas seguindo sistemas de classificação regionais ou internacionais em função do desempenho esperado de plantas cultivadas (van Diepen et al. 1991).

Esta evolução histórica dos estudos do solo e dos sistemas de classificação restringe o uso destas informações para temas não ligados à produção agrícola, principalmente para pesquisa (Bouma 1989; Basher, 1997). Como exemplos de áreas em que há restrições para o uso de informação básica sobre os solos, podemos citar: a) estudos que relacionam o solo com a vegetação nativa. As plantas nativas apresentam mecanismos de adaptação ao meio muito distintos das plantas cultivadas, o que faz com que os critérios usados para a definição das classes taxonômicas (atributos físicos, químicos e biológicos) do solo não expressem necessariamente os fatores aos quais estas são sensíveis; b) estudos em que a variabilidade espacial é importante. Na confecção de mapas de solos, a definição das unidades de mapeamento não leva em consideração a variabilidade espacial interna do solo. Dessa forma, este tipo de representação ignora a possibilidade de uma mudança gradual na paisagem e o fenômeno da auto-covariância espacial, isto é, que pontos localizados mais próximos são provavelmente mais similares do que pontos mais distantes entre si (Burrough 1995); e c) estudos



em que há interesse por um dado parâmetro isolado ou um aspecto específico ligado ao tema solos.

É consenso nos trabalhos relacionados com conservação, manejo e restauração de florestas, que o conhecimento acumulado até o momento não permite avançar das suposições sobre os efetivos mecanismos reguladores da biodiversidade (Gandolfi et al 1995, Metzger et al. 1997, Tabarelli & Mantovani 1999, Rodrigues & Shepherd 2004). Neste contexto se inserem os trabalhos que estudam as relações solo-água-vegetação nativa. O conhecimento de como o solo interfere na vegetação nativa e vice-versa, é fundamental para a definição e caracterização dos mecanismos que influenciam o desenvolvimento e distribuição das espécies dentro de uma floresta assim como a determinação da sua resiliência e sustentabilidade.

Vários trabalhos realizados em diferentes florestas no mundo têm mostrado que existe uma estreita relação entre as características edáficas do local e a riqueza, distribuição e diversidade de espécies de uma floresta (Terstege et al. 1993, Sabatier et. al. 1997; Clark, Palmer e Clark 1999; Bertani et al. 2001, Gomes et al. 2004). Se nesses estudos for adicionada a relação solo-vegetação, com enfoque no estudo do funcionamento ou comportamento do solo, certamente surgirá um panorama bem mais amplo de como a dinâmica natural do solo interfere na vegetação. Deve-se lembrar que o solo não é um corpo estático e sim dinâmico e que este influencia muitos ciclos da natureza. Por isso, a inclusão de estudos sobre funcionamento do solo, que visam conhecer como os atributos físicos, químicos e biológicos que caracterizam diferentes solos influenciam a dinâmica da água no solo (movimento e retenção) e a sua disponibilidade para as plantas, a dinâmica de nutrientes, assim como a capacidade de sustentação de uma floresta dentre outros.

Infelizmente, tanto no Brasil como no mundo, existem poucos trabalhos científicos que relacionam a estrutura e o funcionamento do solo com a distribuição das espécies dentro de florestas nativas. A inclusão de dados sobre dinâmica da água no solo em estudos de relação solo-planta, por exemplo, foi sugerida por Ruggiero et al. (2002) e efetivada por Bertani et al. (2001), Oliveira et al. (2005), Quesada et al. (2004) e Sztutman & Rodrigues (2002). Esta correlação solo-água-vegetação expressa ainda em termos de geologia e geomorfologia é fundamental à restauração de áreas degradadas, pois as características do solo às quais as espécies de plantas dos remanescentes florestais estão adaptadas devem ser muito próximas da área a ser restaurada e revegetada (Rodrigues & Gandolfi 1998, 2004). Portanto, o estudo do solo em condições de cobertura natural e a definição dos atributos do solo que mais afetam a adaptação das espécies vegetais nativas é fundamental, tanto para a restauração de florestas ao seu habitat natural (Kageyama & Gandara, 2004) como também para recuperar as condições de um solo já degradado (Phillips et al., 1999).

Dentro deste contexto foi caracterizado o funcionamento físico-hídrico dos solos de quatro Parcelas Permanentes alocadas nas quatro principais formações florestais do estado de São Paulo, a saber: Savana Florestada ou Cerradão, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta



Ombrófila Densa Sub-Montana (Floresta Atlântica de Encosta), e Floresta de Restinga ou Formação Pioneira com Influência Marinha. O objetivo deste capítulo é mostrar detalhadamente a metodologia empregada nestes estudos e apresentar alguns dos resultados mais importantes do funcionamento do solo e de sua relação com a vegetação.

### 3.2.2. Descrição dos materiais e métodos empregados nos estudos de funcionamento do solo em áreas cobertas por vegetação nativa

O objetivo desta seção é descrever, de forma mais detalhada possível, a metodologia empregada na caracterização dos atributos físico-hídricos dos solos das Parcelas Permanentes de Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica Caetetus, Gália, SP), de Cerradão (Estação Ecológica de Assis, Assis, SP), de Floresta de Restinga (Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia, SP) e de Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual Carlos Botelho, Sete Barras, SP). A finalidade da metodologia a ser apresentada a seguir é gerar informações de dados físico-hídricos dos solos estudados para subsidiar discussões sobre a influência do solo e o seu funcionamento na florística, estrutura e dinâmica dessas florestas.

A seqüência seguida neste tema para a caracterização do funcionamento do solo foi a seguinte: a) caracterização morfológica detalhada de uma topossequência de solos escolhida com base no mapa pedológico detalhado de cada parcela permanente, b) caracterização dos atributos físico-hídricos e químicos dos diferentes horizontes do solo identificados no item anterior, e c) monitoramento hidrológico durante 12 meses de horizontes chaves anteriormente descritos. No caso da Parcela Permanente instalada no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Formação Pioneira com Influência Marinha - Floresta de Restinga) foi também monitorada a mudança no nível do lençol freático.

#### 3.2.2.1. Caracterização morfológica detalhada da topossequência de solos escolhida.

A partir dos mapas ultradetalhados de solos das parcelas permanentes (Figura 2.1), foram escolhidas e demarcadas topossequências representativas dos solos dos diferentes locais. A escolha destas topossequências foi realizada seguindo os seguintes princípios: a) distribuição dos solos da parcela: procurou-se que todos os solos da parcela permanente estivessem representados na topossequência escolhida; e b) que representasse a topografia do local: desta forma foi definida a topossequência de montante à jusante da parcela permanente seguindo a linha de maior declive da vertente (Rodrigues, 2003). Em função da falta de definição de uma linha de maior declive, a única exceção a este último princípio de escolha da topossequência ocorreu na parcela permanente de Floresta de Restinga, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, onde esta escolha foi realizada tentando representar todas as variações micro-topográficas da parcela ao longo de uma transeção.

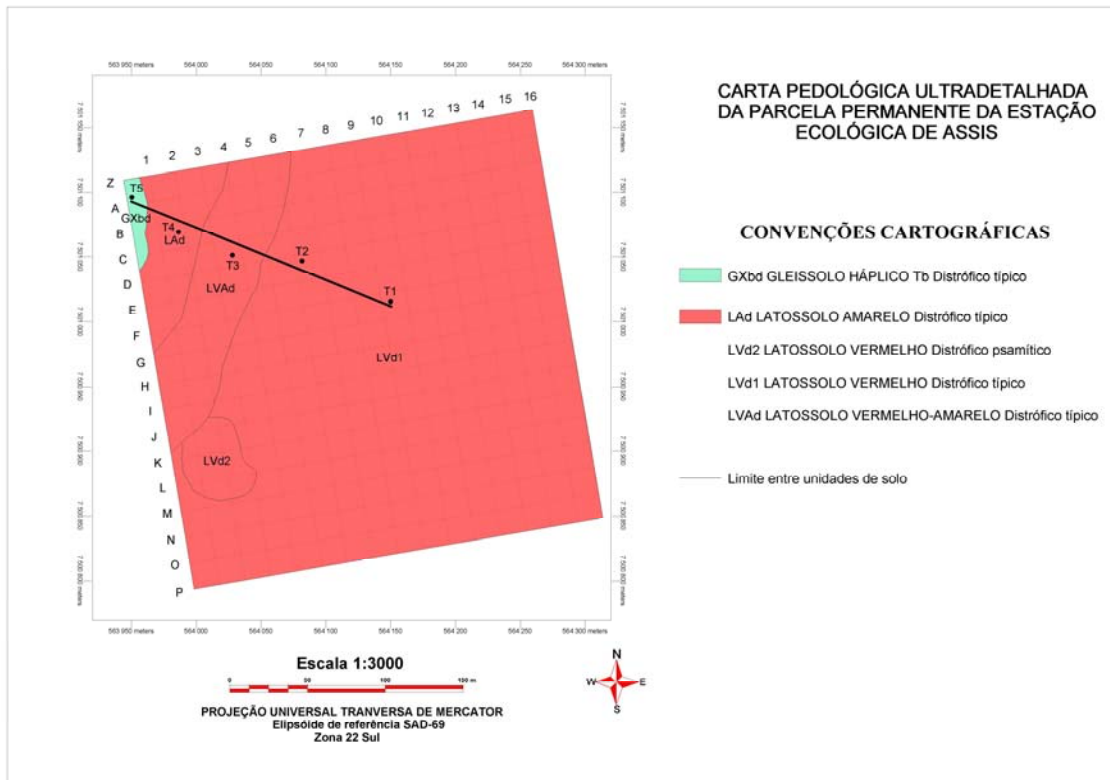


Figura 2.1. Exemplo da escolha da toposseqüência representativa da Parcela Permanente de Cerradão, da Estação Ecológica de Assis, SP, baseada na distribuição dos solos.

O método utilizado para caracterizar em detalhe a morfologia dos solos nas toposseqüências escolhidas foi proposto por Boulet et al. (1982), sendo denominado de análise estrutural. Inicialmente foram executadas tradagens para determinar os pontos de interesse à abertura de perfis representativos (trincheiras) de cada tipo de solo observado (Figura 2.1). Em todas as áreas foram escolhidos cinco pontos representativos para abertura das trincheiras, com até 1,5 m de profundidade. Depois foram perfurados com trado pontos intermediários entre as trincheiras de até 2 m de profundidade para delimitar as transições verticais e laterais entre os diferentes horizontes de solo descritos nas trincheiras.

Para delimitar uma toposseqüência de montante à jusante na linha de maior declive da vertente, foram realizadas medições topográficas de altitude, com clinômetro e mira (régua graduada), e de distância, a cada 5 m, com trena.

As descrições morfológicas completas em cada perfil de solo estudado e a determinação da cor e textura nas amostras de tradagens foram realizadas, segundo Lemos e Santos (2002). As unidades de solo foram classificadas até o quarto nível categórico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). Ao realizar-se a descrição dos perfis de



solos foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo por horizonte para a realização das respectivas análises que serão descritas a seguir.

### 3.2.3. Caracterização dos atributos físico-hídricos e químicos

#### 3.2.3.1. Análise granulométrica

Um lote de amostras deformadas de solo foi retirado em todos os horizontes de solo nas trincheiras abertas. Outro lote foi coletado a cada 0,2 m de profundidade em todas as tradagens realizadas na análise estrutural e em tradagens consecutivas de 10 m de distância (amostragem uniforme) nas toposeqüências.

O método utilizado para a determinação da granulometria dos solos foi o do densímetro, de acordo com o padrão de rotina definido no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – LSN, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, campus da Universidade de São Paulo – USP. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm, obtendo terra fina seca ao ar (TFSA). Uma alíquota de 50 g de TFSA foi imersa em  $2,5 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup> de solução dispersante preparada com 10 g de hexametáfosfato de sódio mais 4 g de hidróxido de sódio para  $1 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup> de água destilada (Camargo et al., 1986). Após agitação mecânica de 16 h, a amostra mais o dispersante foram transferidos para uma proveta de  $1 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>, completando este volume com água. Após agitação manual por 40 s, foram realizadas duas leituras com o hidrômetro (Soiltest, Inc.), uma após 40 s de decantação (silte + argila, em kg de TFSA / m<sup>3</sup> de água) e a outra após 2 h de repouso (argila). As leituras foram corrigidas para a temperatura atual, subtraindo da leitura do “branco” ( $2,5 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup> de dispersante em  $1 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup> de água). A areia total (kg.m<sup>-3</sup>) foi obtida pela subtração de 50 g e silte + argila.

O fator de umidade, obtido a partir da secagem de 10 g de amostra em béquer de  $2,5 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup> em estufa a 105°C por 24 h, foi calculado pela razão entre o peso úmido (10 g) e o respectivo peso seco da amostra. Este fator foi multiplicado às leituras corrigidas do hidrômetro.

Os diâmetros das frações, segundo o United States Department of Agriculture – USDA, são: menor ou igual a 2 µm (argila), de 2 a 50 µm (silte) e de 50 a 2000 µm (areia). Da areia total, foram ainda determinadas cinco frações em um conjunto de peneiras com malhas de diâmetro aproximado aos extremos de cada sub-fração: muito fina (50 a 100 µm), fina (100 a 250 µm), média (250 a 500 µm), grossa (500 a 1000 µm) e muito grossa (1000 a 2000 µm).

Embora este método não seja recomendado para laboratórios comerciais e universitários (GEE & OR, 2002), a sua escolha foi devido à necessidade de comparação e interação com o banco de dados obtido por este método para as 256 subparcelas do projeto temático.



### 3.2.3.2. Densidade de partículas, densidade do solo e porosidade total

A partir das amostras deformadas, coletadas nos horizontes dos perfis descritos, foram utilizadas porções de 20 g de terra fina, seca em estufa a 105°C por 24 h (TFSE) para determinar a densidade de partículas ( $D_p$ ) pelo método do balão volumétrico (Kiehl, 1979). À amostra, em um balão volumétrico de  $5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$  aferido, foi adicionado  $3,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$  de álcool etílico 96°GL, agitando-se levemente. Deixou-se em repouso por 16 h, no mínimo. Por meio de uma bureta, completou-se o volume do balão com álcool etílico, vagarosamente. O cálculo foi feito pela equação:

$$D_p = \frac{P_s}{50 - (35 + L)}$$

$D_p$  em  $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $L$  = volume gasto de álcool etílico na bureta;  $P_s$  = peso da amostra seca.

(1)

Amostras indeformadas de cada horizonte dos perfis de solo analisados foram coletadas em anéis volumétricos de  $10^{-4} \text{ m}^3$  em três repetições para a determinação da densidade do solo ( $D_s$ ), em  $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , obtida pela razão entre a massa de solo seco em estufa a 105°C por 24 h e o volume interno do anel preenchido pela massa de solo correspondente (EMBRAPA, 1997).

A porosidade total (PT) em  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  foi estimada pela equação:

$$PT = 1 - \frac{D_s}{D_p}$$

(2)

### 3.2.3.3. Distribuição de poros no solo utilizando técnicas micromorfométricas.

Amostras indeformadas para análises micromorfométricas foram coletadas nos horizontes descritos nas trincheiras. O bloco de solo foi “esculpido” no formato da caixa de papel-cartão de 120 x 70 x 40 mm na qual foi inserido. Com uma faca, separou-se o bloco da parede da trincheira. As amostras foram identificadas com a profundidade e local de coleta, indicando a orientação em direção à superfície do solo (norte).

A impregnação foi realizada utilizando resina de poliéster “cristal” segundo metodologia apresentada por Murphy (1986). Porém, como a resina é hidrofóbica (Mermut, 1992), toda a água presente na amostra teve que ser retirada, após secagem ao ar por 15 dias e, em seguida, em estufa a 40°C com ventilação forçada por 48 h. A sua viscosidade foi reduzida misturando-o com monômero de estireno (Castro et al., 2003). A proporção de duas partes de monômero para uma de resina (ambos distribuídos por Redelease®) mostrou-se mais satisfatória. Foi utilizado o pigmento fluorescente Uvitex OB (Ciba-Geigy®) (Murphy; Bullock; Turner, 1977), na proporção de 0,005 kg misturados a  $0,001 \text{ m}^3$  de monômero, sobre o qual também foi adicionada a resina. O tempo de endurecimento da amostra (seis semanas) foi controlado por um catalisador (Ringrose-





Voase, 1991), neste caso, peróxido orgânico (Butanox M50, distribuído por Redelease®) em 4 gotas por 10-3 m<sup>3</sup> de solução.

Para aumentar a eficiência de impregnação e facilitar a penetração da resina no solo foi utilizado um sistema de vácuo conforme Castro et al. (2003), no qual as amostras foram acondicionadas em dessecadores ligados a uma bomba de vácuo. A solução de impregnação foi adicionada aos poucos às amostras até o nível do fluxo de penetração por capilaridade, para evitar o aprisionamento de ar. Após o primeiro preenchimento, o vácuo foi ligado, aguardando o tempo em que metade da quantidade de solução adicionada à amostra fosse absorvida, desligando a bomba e retirando o vácuo vagarosamente, repetindo-se para cada preenchimento até cobrir as amostras, mantendo-as sob vácuo por no mínimo 24 h (Ringrose-Voase, 1991).

Depois de endurecidos, os blocos impregnados foram cortados usando serra de diamante e uma das faces foi polida sobre camada abrasiva em disco rotatório, adicionando inicialmente carbureto de silício preto, de granulação mais grosseira (220mesh, com grãos de 53-62µm) e em seguida pelo carbureto de silício verde, mais fino (600mesh, grãos de 18-22µm), mantendo a amostra sempre úmida em contato com o material abrasivo.

Sob luz ultravioleta e em ambiente escuro, o espaço poroso (mais claro) foi destacado da matriz do solo (mais escura) pelo pigmento fluorescente utilizado. Os poros foram quantificados a partir de imagens adquiridas sobre a face polida dos blocos de solo, com resultado semelhante ao obtido a partir de lâminas delgadas de solo, como sugerido por Mermut (1992).

Foram utilizadas 14 repetições por horizonte de solo, ou seja, 14 imagens (fotomicrografias) aleatórias de 12x15mm (180mm<sup>2</sup>) adquiridas por uma câmera digital em cores (Sony®, modelo DFW-X700), em sistema “charged couple device” (CCD), conectada a uma lupa com polarizador (Zeiss®). As imagens foram digitalizadas em 1024x768 pixels, com resolução espectral de 256 tons de cinza, em aumento de 10x, igualando um pixel a 156,25 µm<sup>2</sup>. A identificação dos poros na imagem foi feita pela delimitação da limiarização (“thresholding”) de tons de cinza para cada conjunto de imagens. A porosidade total (µm<sup>2</sup>. µm<sup>-2</sup>) foi estimada pelo número de pixels correspondente à área dos poróides (Moran et al., 1988), ou seja, os poros visualizados bidimensionalmente. Uma vez feita à aquisição, a imagem foi binarizada e os poróides individualizados utilizando-se macros desenvolvidas no programa Noesis® Visilog 5.4.

O processo de classificação e quantificação dos poróides foi otimizado por macros desenvolvidas em linguagem Visual Basic no Microsoft® Excel. A forma (Tabela 2.1) e a área dos poróides foram determinadas, em cada bloco impregnado de solo, de acordo com dois índices de forma, do mesmo modo como utilizado por Cooper (1999).

O primeiro índice (I<sub>1</sub>), Eq. 3, mais simples, separa adequadamente poros arredondados de alongados (Hallaire e Cointepas, 1993).

$$I_1 = \frac{P^2}{4 \pi A}$$



(3)

Em que P é o perímetro do poróide e A a área ocupada pelo poróide.

O segundo índice de forma (I<sub>2</sub>), para a classificação adequada entre poróides alongados e complexos, é assim definido:

$$I_2 = \frac{\frac{1}{m} \sum_i (N_i) i}{\frac{1}{n} \sum_j (D_F) j} \quad (4)$$

Em que m = número de direções i nas quais é calculado o número de interceptos NI, (i = 0°, 45°, 90° e 135°); n = número de direções j nas quais são calculados os diâmetros de Féret DF, (j = 0° e 90°).

Tabela 2.1. Definição das classes de forma dos poróides

Forma de Poros	Índices de forma	
	I1	I2
Arredondados	I1 ≤ 5	
Alongados	5 < I1 ≤ 25	≤ 2,2
Complexos	I1 > 5	> 2,2

As classes de diâmetro foram definidas a partir do diâmetro equivalente (Deq), segundo Pagliai; La Marca e Lucamante (1983) para os poróides arredondados e complexos (Eq. 5). Para os poróides alongados foi definida a largura (L) (Eq. 6) de acordo com Pagliai et al. (1984).

$$Deq = 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (5)$$

$$L = \frac{1}{4} \cdot \left( P \pm \sqrt{P^2 - 16 \cdot A} \right) \quad (6)$$

Em que A = área do poróide; P = perímetro do poróide

### 3.2.3.4. Curvas de retenção de água no solo

Amostras indeformadas foram coletadas em três repetições por horizonte de solo para a obtenção das curvas características de retenção de água no solo. A umidade gravimétrica da amostra foi obtida para cada potencial aplicado a partir do peso correspondente ao conteúdo de água da amostra dividido pelo peso seco de solo. A umidade volumétrica foi obtida pela multiplicação da umidade gravimétrica pelo valor da densidade do solo (item 3.2) correspondente à amostra utilizada. As amostras foram submetidas a baixos potenciais matriciais (1, 3, 5, 8 e 10 kPa) determinados com o uso de painéis preenchidas com areia de granulometria conhecida e constante. Os potenciais médios (33 e 100 kPa) foram atingidos utilizando painéis de pressão



adaptadas, nas quais as amostras foram colocadas sobre placas porosas de até 100 kPa. Os altos potenciais (500 e 1500 kPa) foram determinados em câmaras de alta pressão de Richards, sobre placas porosas que suportam 1500 kPa de pressão. O método é detalhado por Klute (1986).

O ajuste das curvas de retenção foi feito para o modelo de Van Genuchten (1980), a partir do software SWRC, versão 2.00 (Dourado Neto, 2000).

### 3.2.3.5 Condutividade hidráulica saturada de campo

A condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs) foi obtida com o permeâmetro de Guelph, modelo IAC (Vieira, 1995/1998). O princípio de funcionamento deste aparelho é baseado no princípio de Mariotte (Libardi, 1995).

Para o cálculo da condutividade hidráulica saturada utilizou-se a equação de carga hidráulica única, proposta por Elrick; Reynolds e Tan (1989).

Neste trabalho, foram escolhidos três pontos nas diferentes topossequências, ou seja, poços perfurados nos locais mais representativos da topossequência: topo, terço médio e sopé da encosta. Em cada ponto foram utilizadas duas cargas hidráulicas (de 3 e 6 cm), aplicadas em três profundidades, em três repetições por carga hidráulica.

### 3.2.3.6 Análise química do solo

As análises químicas foram realizadas a partir de TFSA das amostras deformadas coletadas nos horizontes dos perfis abertos nas topossequências escolhidas.

A determinação de pH foi realizada a partir da medida da atividade de íons H<sup>+</sup> na solução do solo com pHmetro. O pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol.L<sup>-1</sup> (acidez ativa) foi obtido após homogeneizar a terra em solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol.L<sup>-1</sup> na proporção de 1:2,5 (solo:líquido) (QUAGGIO; RAIJ, 2001). Da mesma forma foram obtidos ainda o pH em H<sub>2</sub>O e o pH em KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1997).

A acidez trocável (íons de Al<sup>3+</sup> trocável) foi obtida por titulação com solução de KCl 1 mol.L<sup>-1</sup> (Cantarella et al., 2001) e a acidez potencial ou “total” (H + Al) a partir do pH do solo em solução tampão SMP (Quaggio; Raij, 2001).

Os teores de Ca, Mg, K e P disponíveis foram determinados a partir da extração com resina trocadora de íons. A leitura de Ca e Mg foi obtida por espectrofotometria de absorção atômica, a de K por fotometria de chama e a de P em colorímetro (marca Klett-Summerson®) (Raij; Quaggio, 2001).

Os íons livres de Fe foram complexados por solução extratora de DTPA. O teor total foi obtido em espectrofotômetro de absorção atômica (Abreu; Abreu; Andrade, 2001).

A matéria orgânica (MO) foi obtida por oxidação, reduzindo os íons Cr(III) do dicromato de potássio, com leitura pelo método colorimétrico (Cantarella; Quaggio; Raij, 2001).

O índice ΔpH foi obtido por pH em KCl - pH em H<sub>2</sub>O (Mekaru; Uehara, 1972).



Os parâmetros CTC total (T), CTC efetiva (t), saturação por alumínio (m), soma de bases ou cátions trocáveis (S) e saturação por bases (V) foram calculados segundo recomendações da Embrapa (1997).

### 3.2.3.7. Monitoramento hidrológico

#### 3.2.3.7.1. Umidade volumétrica

O monitoramento contínuo in situ da umidade do solo foi realizado a partir dos sensores denominados Water Content Reflectometer – WCR (modelo CS615-L, Campbell Scientific Inc.), instalados nos principais horizontes de cada perfil de solo (Figura 2.2). Este equipamento ainda pouco utilizado em estudos sob florestas nativas no Brasil e em clima tropical tem sua eficiência comprovada em relação ao TDR convencional por Seyfried e Murdock (2001).

O sensor utilizado consiste em um reflectômetro no domínio do tempo (sem usar um testador de cabos como no TDR). O aparelho funciona a partir de um multivibrador (Campbell Scientific, 1996). Um multivibrador, segundo Juhász (informação pessoal), consiste em um dispositivo eletrônico cuja tensão de saída muda do máximo para o mínimo sem tensões intermediárias instantaneamente, isto é, em um tempo desprezível. Esta mudança de estado – pulso – percorre uma haste metálica do sensor (guia de ondas). Este pulso leva mais ou menos tempo, dependendo da constante dielétrica do meio no qual a haste está inserida (calibrado para umidade do solo, neste caso), para se refletir na outra haste ou guia de ondas. Este tempo de retardo é medido como período e calibrado para unidades de medida da umidade do solo. O pulso do sinal refletido é reinjetado no primeiro guia de ondas e, assim, o circuito permanece em oscilação. Como a frequência desta oscilação depende do tempo de retardo, a medida pode ser obtida em frequência, ou seja, o inverso do período.

Todos os sensores foram conectados por cabos axiais a um multiplexador (modelo AM416, Campbell Scientific, Inc.), que multiplica o número de canais a serem lidos pelo “data logger”, onde cada canal é lido individualmente diretamente pelo “data logger” (CR10X, Campbell Scientific Inc.). Os sensores obtiveram os dados a cada 20 minutos, armazenados no “data logger”. O sistema foi mantido em funcionamento por bateria de 12 V carregada por painel solar. A coleta desses registros no campo ocorreu a cada 20 dias com o uso de teclado de comandos (CR10KD, Campbell Scientific, Inc.) conectado a um módulo de armazenamento (SM4M, Campbell Scientific, Inc.), adquirindo os dados no período de um ano em cada uma das áreas estudadas.



Figura 2.2. Foto representativa dos sensores nas profundidades de instalação.

Os dados foram calibrados a partir da coleta de amostras deformadas nas profundidades de instalação dos sensores WCR. O procedimento para a confecção da curva (Figura 2.3) e equação de calibração do WCR consistiu em saturar TFSA em tubos de PVC e drenar em cinco períodos consecutivos de 15 minutos, 1 dia, 2 dias, 4 dias e 6 dias. Para cada período de drenagem obtiveram-se a umidade volumétrica do solo em laboratório e o período em milissegundos (ms) medido em três repetições com o WCR. A equação de calibração foi obtida a partir do ajuste da curva construída a partir da umidade volumétrica e do período da onda de saída do WCR em cada tempo de drenagem. Procedimento semelhante foi descrito por Kim & Benson (2002).

A Eq. 7, de calibração, foi obtida por regressão para todos as profundidades de instalação:

$$U_v = 0,8298 - \frac{0,6135}{\tau} \quad (7)$$

Em que  $U_v$  = umidade volumétrica ( $m^3.m^{-3}$ ); e  $\tau$  = período (ms) obtido pelo sensor WCR.

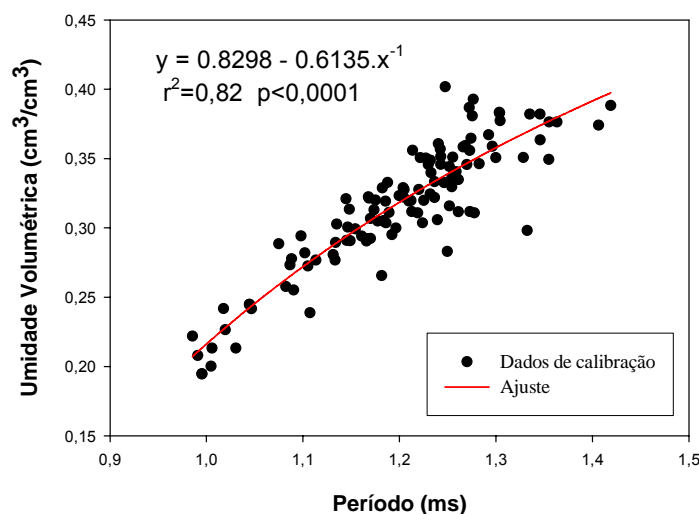




Figura 2.3 Curva de calibração para os sensores instalados na Estação Ecológica de Assis e Caetetus.

Dados de precipitação foram coletados em uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, Inc.) instalada na sede da Floresta Estadual de Assis, situada a cerca de um a dois quilômetros do local de estudo. Estes dados foram registrados de 15 em 15 minutos e armazenados em “data logger”. Com isso foi possível estabelecer a quantidade de entrada de água no sistema continuamente durante o período estudado.

### 3.2.4. Resultados

A seguir serão apresentados os principais resultados obtidos nas quatro Parcelas Permanentes estudadas (Cerradão, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana e Floresta de Restinga), de 10,24ha cada. Em todas as áreas será apresentada uma síntese da caracterização do funcionamento físico-hídrica dos solos que poderá ser utilizada para estudos mais complexos das relações que existem entre o solo e a vegetação.

#### 3.2.4.1. Parcela Permanente do Cerradão (Estação Ecológica de Assis)

Os solos da transeção estudada no Cerradão na E. E. de Assis foram classificados como (Figura 2.4): Latossolo Vermelho distrófico típico (T1 e T2), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (T3), Latossolo Amarelo distrófico típico (T4), Gleissolo Háplico Tb distrófico típico (T5). A distribuição dos solos na topossequência é bastante homogênea.

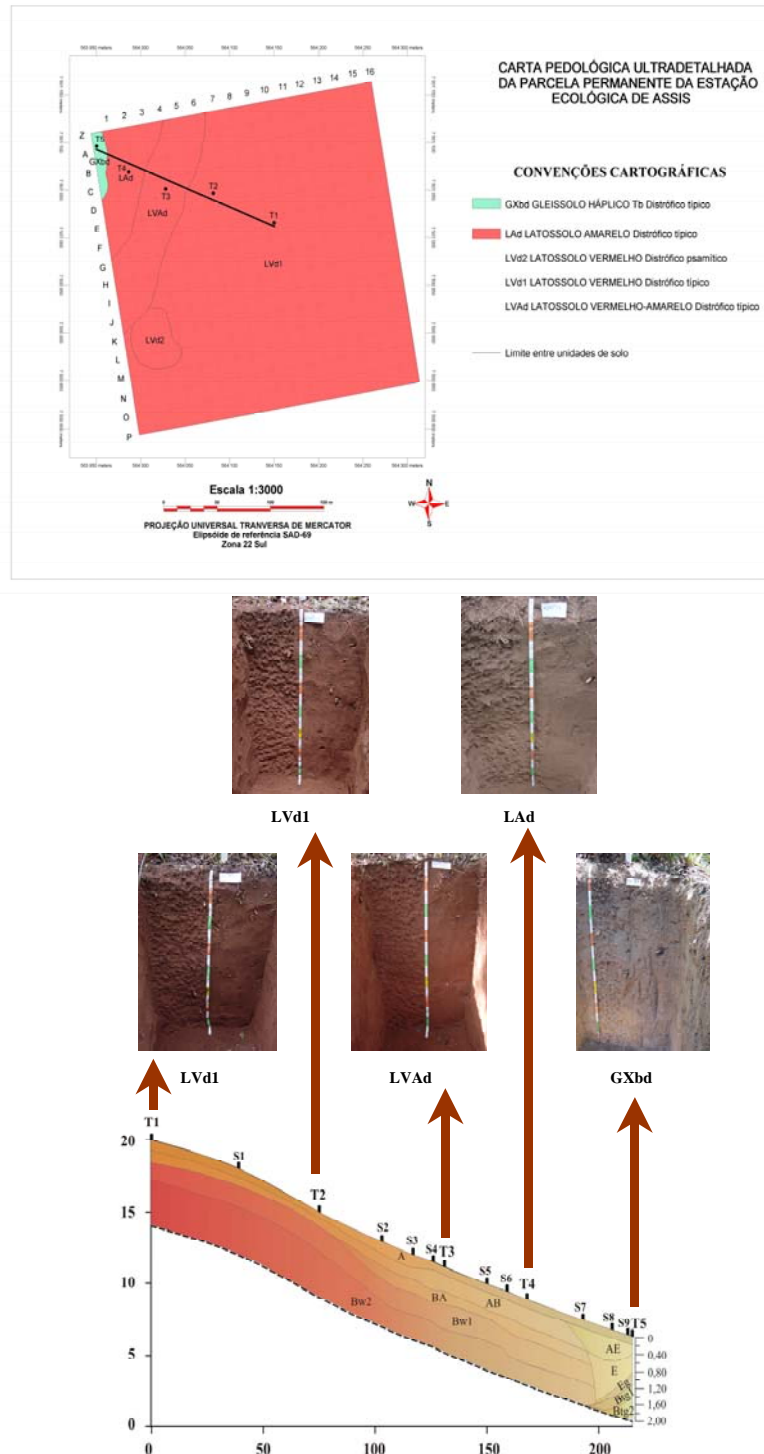


Figura 2.4: Mapa de solos da Parcela Permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis, com a localização da transeção estudada. Detalhe da distribuição dos solos na transeção estudada.

Predominam solos profundos e bem drenados na maioria das trincheiras da transeção (T1 a T4), com exceção da trincheira T5 localizada na parte mais baixa do terreno (transeção), onde aparece um solo com drenagem impedida em profundidade. Todos os solos estudados nessa transeção da Parcela Permanente de Cerradão da E.E. de Assis apresentaram textura uniforme

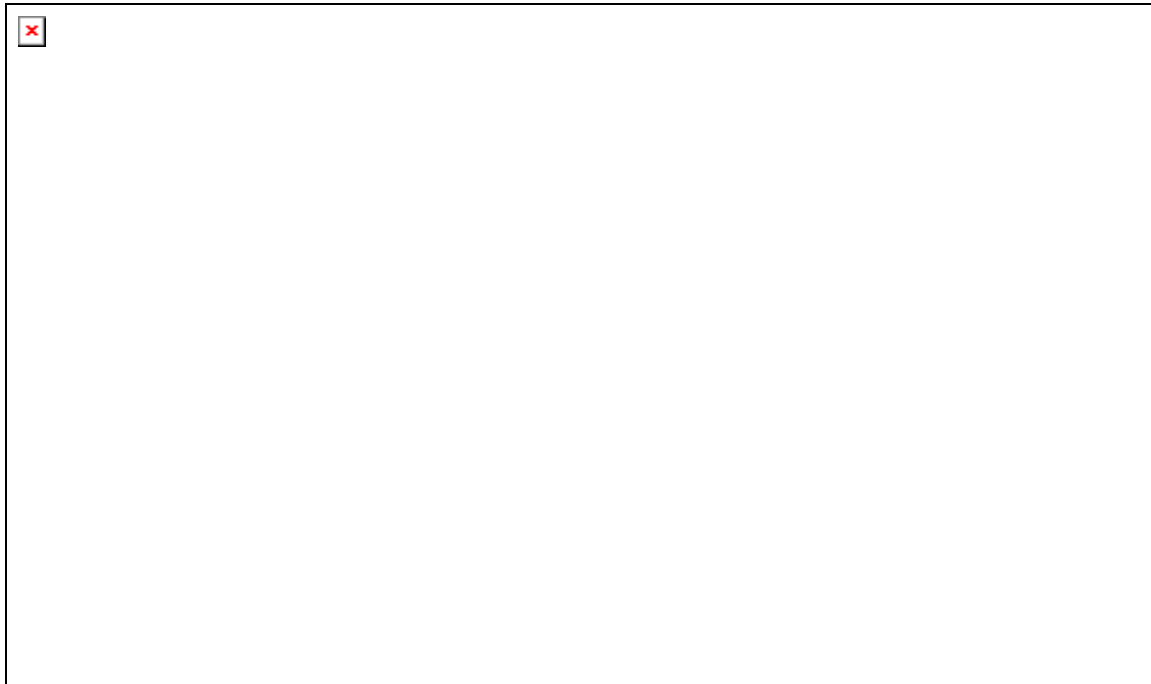


variando de média/arenosa a média, somente no último horizonte da trincheira T5 é que a quantidade de argila aumenta apresentando uma textura media/argilosa (Figura 2.5). Estes solos apresentam uma boa estruturação na forma de agregados micro-granulares, o que somado às características granulométricas confere a estes solos uma boa drenagem em todos os horizontes, inclusive nos B.





a)



b)

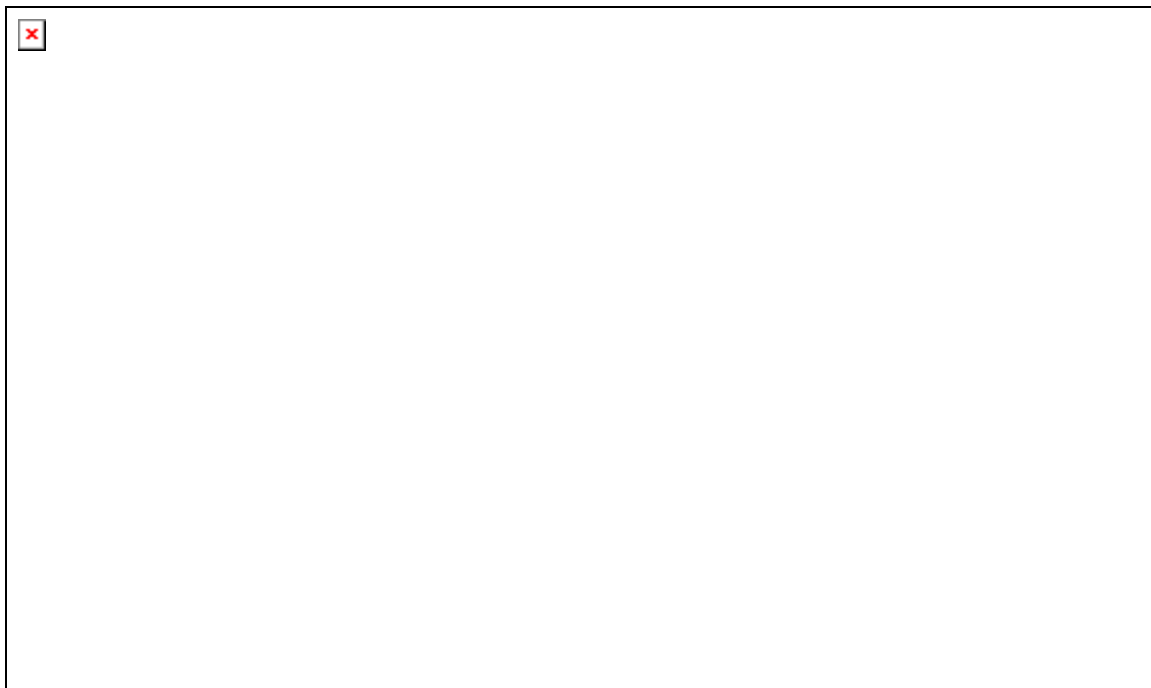
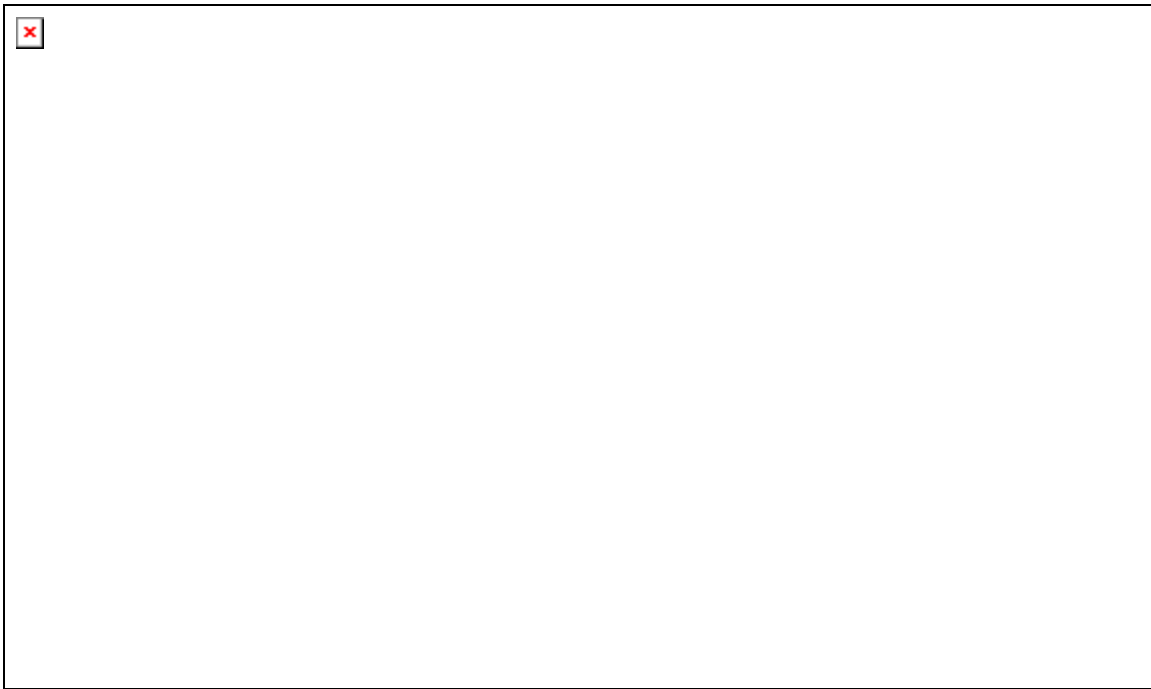


Figura 2. 5. Granulometria, curvas de retenção e distribuição da porosidade das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. a) Latossolo Vermelho distrófico típico, b) Latossolo Vermelho distrófico típico. Cerradão (E.E. de Assis).



c)



d)



Figura 2.5 (cont.). Granulometria, curvas de retenção e distribuição da porosidade das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. c) Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, d) Latossolo Amarelo distrófico típico. Cerradão (E.E. de Assis).



e)

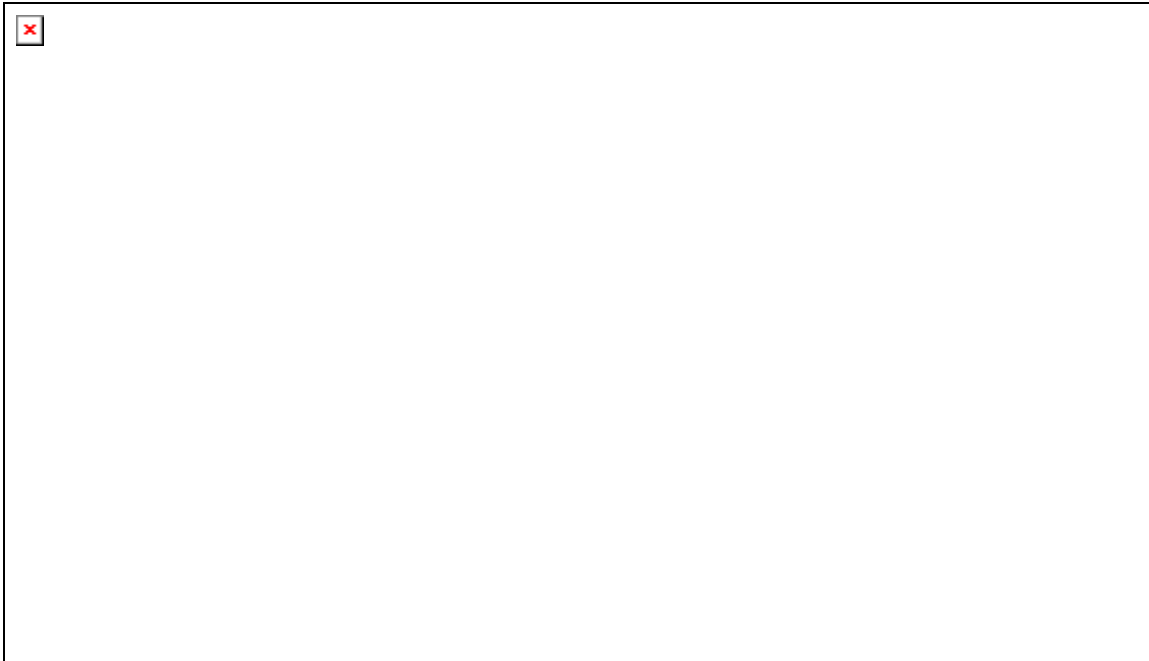


Figura 2.5 (cont.). Granulometria, curvas de retenção e distribuição da porosidade das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. e) Gleissolo Háplico Tb distrófico típico. E.E. de Assis (Cerradão).

As curvas de retenção de água dos perfis estudados estão apresentadas na Figura 2.5. Estas curvas mostraram claramente a influência das características texturais e estruturais dos perfis de solo estudados sobre a retenção de água no solo da transeção sob Cerradão (E.E. Assis).

Considerando os dados de cada trincheira, nas primeiras quatro trincheiras (T1 a T4) observou-se uma grande homogeneidade entre as curvas de retenção de água dos diferentes horizontes do solo. Já em T5, em função das mudanças texturais e de estrutura que ocorreu no perfil desse solo, as propriedades de retenção de água foram distintas daquelas observadas nas demais trincheiras (T1 a T4).

Nas trincheiras T1 a T4, as curvas de retenção caracterizaram solos altamente drenados e com baixa retenção de água, mesmo nos horizontes mais profundos. Estas características da curva de retenção conferem a estes solos uma baixa disponibilidade de água para as plantas, como pode ser observada pela estreita faixa de umidade entre os potenciais de 27kPa ( $pF_{2,5}$ ) e 1,5MPa ( $pF_{4,2}$ ). Em T5, as curvas de retenção podem ser divididas em dois grupos. O primeiro grupo corresponde às curvas dos horizontes superficiais que por apresentarem textura arenosa e baixa estruturação caracterizam-se por serem horizontes que favorecem a condução de água com baixíssima ou quase nenhuma retenção de água, o segundo grupo que representam os horizontes abaixo de 90cm e que se caracterizam por apresentar teores mais altos de argila e uma melhor



estruturção apresentam uma maior retenção de água e conseqüentemente maior disponibilidade de água para as plantas, inclusive maior que a apresentada em todos os horizontes das trincheiras T1 a T4.

Na transeção, foi avaliada a condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs) nas posições de topo, representando o LVd (perfis T1 e T2), terço médio representando tanto o LVAd (T3) como o LAd (T4) e sopé (perfil T5) (Figura 2.6).

Segundo Reynolds e Elrick (1986), os valores de Kfs entre  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  m.s<sup>-1</sup> representam meios porosos de alta permeabilidade enquanto que na ordem de  $10^{-6}$  a permeabilidade é intermediária. Portanto, todas as camadas analisadas possuem permeabilidade alta, com exceção do horizonte Btg2 (T5) que é caracterizado como de permeabilidade intermediária (Figura 2.6).

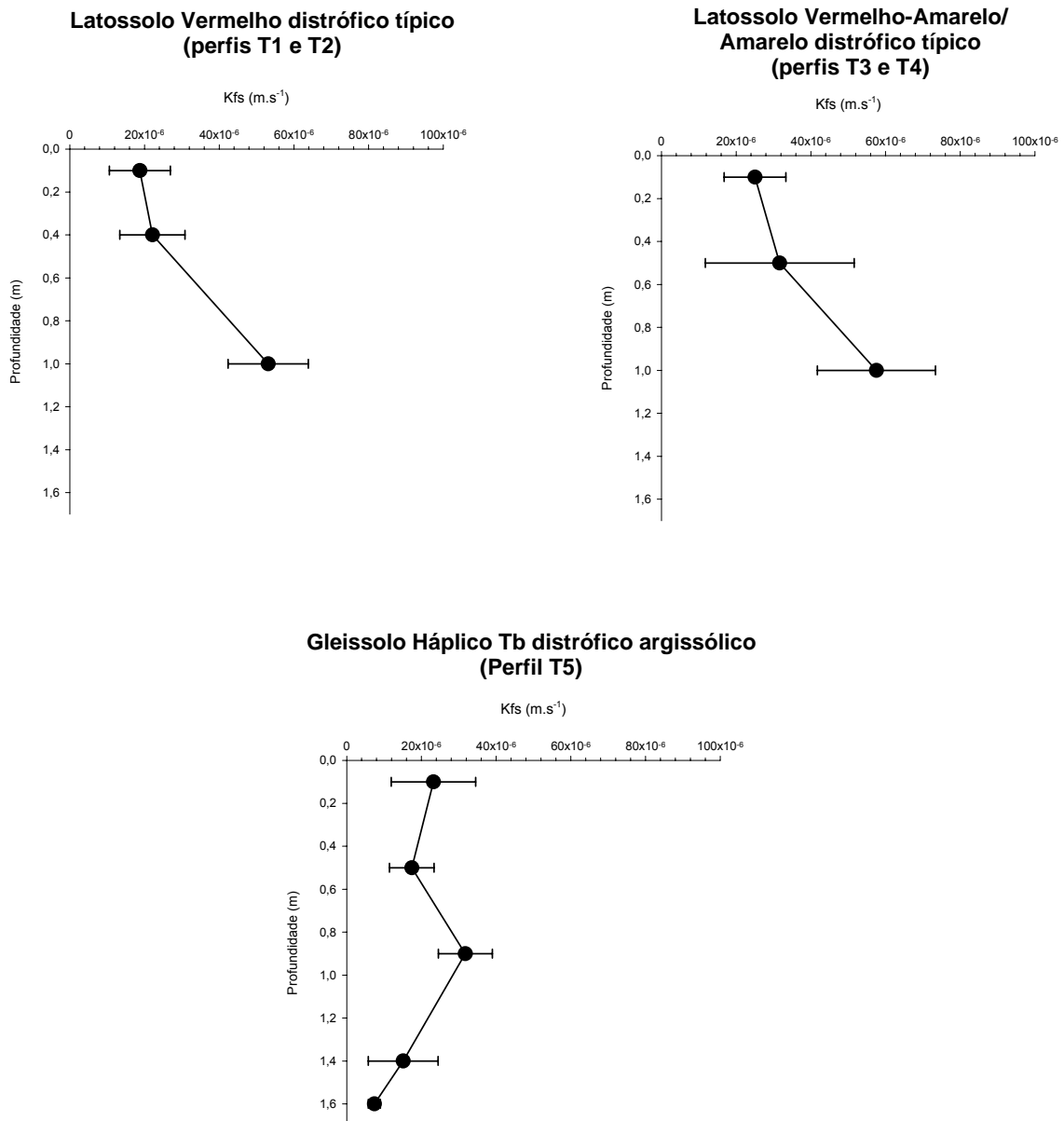


Figura 2.6. Condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs) média nos principais horizontes de solo no terço superior (perfis T1 e T2), terço médio (perfis T3 e T4) e sopé (perfil T5) da vertente (média e desvio padrão). Cerradão (E.E. de Assis).

Em geral, nos Latossolos (topo e terço médio da toposseqüência) a condutividade hidráulica aumenta em profundidade, enquanto no perfil de Gleissolo a condutividade é reduzida. A condutividade hidráulica nos Latossolos é definida pela macroestrutura em A e AB e pela estrutura granular muito pequena de grau forte que se pode avaliar no campo. Desta forma, os agregados



em Bw formam maior quantidade de poros do que as unidades de macroestrutura em A e AB, obtendo-se maior condutividade hidráulica em Bw, mais permeável.

No Gleissolo, a maior condutividade hidráulica saturada (Kfs) em Eg (Figura 2.6) pode ser explicada mais facilmente pela porosidade total obtida a partir da análise de imagens, pois a macroestrutura é a mesma em todos os horizontes de subsuperfície, em blocos subangulares (pequenos a médios). No horizonte Btg2 a macroestrutura em blocos subangulares é de grau forte e a textura é mais argilosa. Além disso, a retenção de água neste horizonte é bem maior do que nos horizontes mais superficiais (Figura 2.5). Como a inclinação da curva também é menor em relação ao potencial matricial, o movimento da água neste horizonte é mais lento. Isto é evidenciado pela porosidade distribuída em complexa de diâmetro equivalente maior que 1000 mm e arredondada de 30 a 500 mm (Figura 2.5), representando poros menos conectados em maior proporção do que nos outros horizontes.

A condutividade hidráulica saturada de todas as camadas analisadas não restringe o desenvolvimento de raízes. Isto porque os valores obtidos de condutividade hidráulica estão dentro da faixa na qual as raízes são capazes de absorver água, definida entre  $7,0 \cdot 10^{-7}$  a  $7,0 \cdot 10^{-5}$  m.s<sup>-1</sup> por Glinski e Lipiec (1990).

A Figura 2.7 mostra as variações de umidade volumétrica nos solos estudados na E.E. de Assis (Cerradão), em função da precipitação no período de novembro 2003 e julho 2004. A evolução da umidade mostra que existem poucas alterações da umidade volumétrica do solo durante o período monitorado, ou seja, não se observa um comportamento sazonal da umidade nestes solos, diferentemente do que ocorreu nos solos da E.E. de Caetetus (Floresta Estacional Semidecidual). No entanto, essa inexistência de um comportamento sazonal da umidade do solo nessa parcela permanente (Cerradão) é substituída por um comportamento da umidade do solo totalmente dependente do evento chuvoso. Observa-se nestes solos e em todos os horizontes, com exceção do último horizonte de T5, picos de umidade intimamente relacionados com os eventos chuvosos, voltando ao seu estado original de umidade muito rapidamente, uma vez cessado o evento chuvoso.

Quanto mais próximo à superfície do solo, maior foi a flutuação de umidade do solo, mas sempre muito rápida e altamente dependente do evento chuvoso. Com exceção do último horizonte da trincheira T5, que apresentou valores de umidades muito mais elevados em função das características próprias do solo dessa trincheira, os horizontes sub-superficiais de todas as trincheiras apresentaram valores médios de umidade um pouco mais elevados que os horizontes da superfície. Isso pode ser explicado pelo pequeno incremento nos teores de argila que ocorreu nesses horizontes profundos.

Confirmando os dados observados nas curvas de retenção, existem poucas diferenças na dinâmica da água do solo entre os horizontes das trincheiras T1 a T4. A mesma coisa não pode ser dita para T5, onde se observam comportamentos diferentes segundo as características morfológicas e de retenção dos horizontes deste perfil.



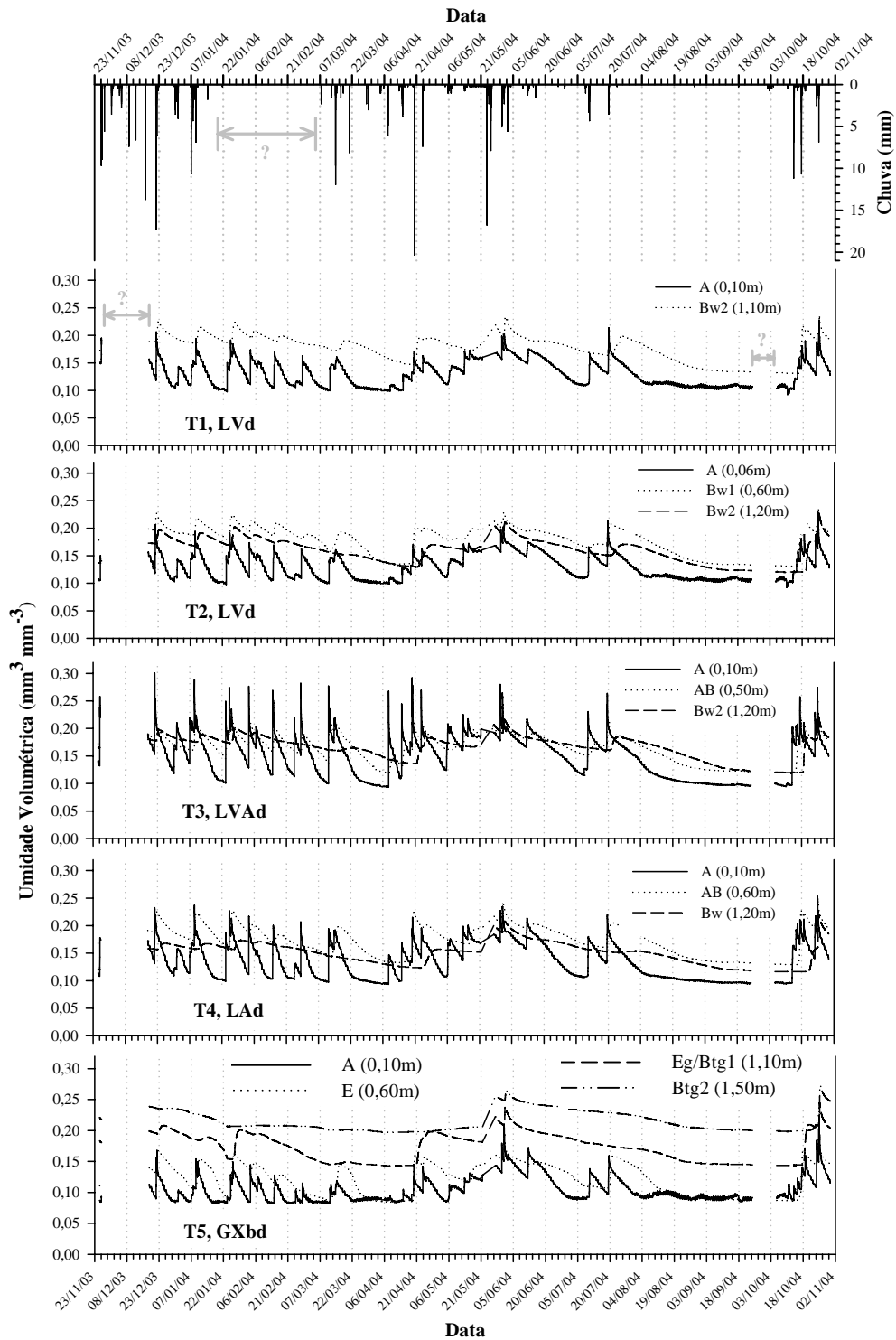


Figura 2.7 Efeito das chuvas sobre a umidade do solo em diversos horizontes da topossequência estudada. Umidade volumétrica (m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>) a cada 20 minutos. Volume de chuva (mm) a cada 15 minutos. O “?” no gráfico representa ausência de dados.





### 3.2.4.2. Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica de Caetetus)

Os solos da transeção estudada na Parcela Permanente da Floresta estacional Semidecidual foram classificados como (Figura 2.8): Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico epieutrófico (T1), Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto arênico (T2), Argissolo vermelho-amarelo eutrófico abrupto (T3), Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto espessarênico (T4), Gleissolo Háptico Ta eutrófico vértico (T5).

A distribuição dos solos na transeção mostra dois compartimentos bem distintos: A) um ocupando as posições de topo e início e meio da meia encosta onde dominam solos bem drenados, que se caracterizam por apresentar um gradiente textural abrupto, ou seja, horizontes mal estruturados que apresentam textura média arenosa a arenosa até a profundidade de 100cm e logo abaixo horizontes bem estruturados com textura média argilosa e; B) um segundo compartimento que ocupa a posição de final da meia encosta onde dominam solos que apresentam restrições de drenagem nos horizontes mais profundos e também gradientes texturais abruptos entre os horizontes superficiais e sub-superficiais (Figura 2.8).

As curvas de retenção de água dos perfis estudados estão apresentadas na Figura 2.9. Estas mostram a influência das características texturais e estruturais dos perfis estudados sobre a retenção de água nestes solos.

Existe uma clara diferenciação entre os horizontes superficiais mais arenosos e os horizontes sub-superficiais. Em todas as trincheiras estudadas, a retenção de água foi maior nos horizontes B (horizontes mais profundos) em todos os potenciais. Isto significa que estes horizontes (B) vão estar disponibilizando maior quantidade de água para as plantas em qualquer época do ano, considerando que o potencial de 1,5MPa ou pF4,2 é equivalente ao ponto de murcha permanente, ou seja, que acima dele a planta não conseguiria sobreviver por muito tempo. Esses dados caracterizam os horizontes B (Bt, Btg e Bv) como os principais armazenadores de água para as plantas. Pelo contrário os horizontes acima dos B (A, E e E/Bt) facilitam os processos de condução de água em detrimento da retenção disponibilizando ou armazenando menos água para as plantas. A análise das curvas de retenção mostra que a dinâmica da água e a disponibilidade de água para as plantas nestes solos estão intimamente ligados com a dinâmica físico-hídrica dos horizontes B (Bt, Btg e Bv).

A quantificação da porosidade desses solos, utilizando a técnica de análise de imagens (Figura 2.9) corrobora as observações feitas na análise das curvas de retenção de água. A análise de imagens mostrou uma transição abrupta na porosidade total entre os horizontes superficiais (A + E) e os horizontes sub-superficiais (B). A mudança abrupta na porosidade total é devida principalmente a mudanças na textura e estrutura dos horizontes destes solos. Estas mudanças, além de proporcionar mudanças na porosidade total, também conferem mudanças na morfologia dos poros. Observa-se na Figura 2.9 que a porosidade dominante nos horizontes superficiais (A, E e E/Bt) é do tipo complexa grande (poros de drenagem) enquanto que nos horizontes mais



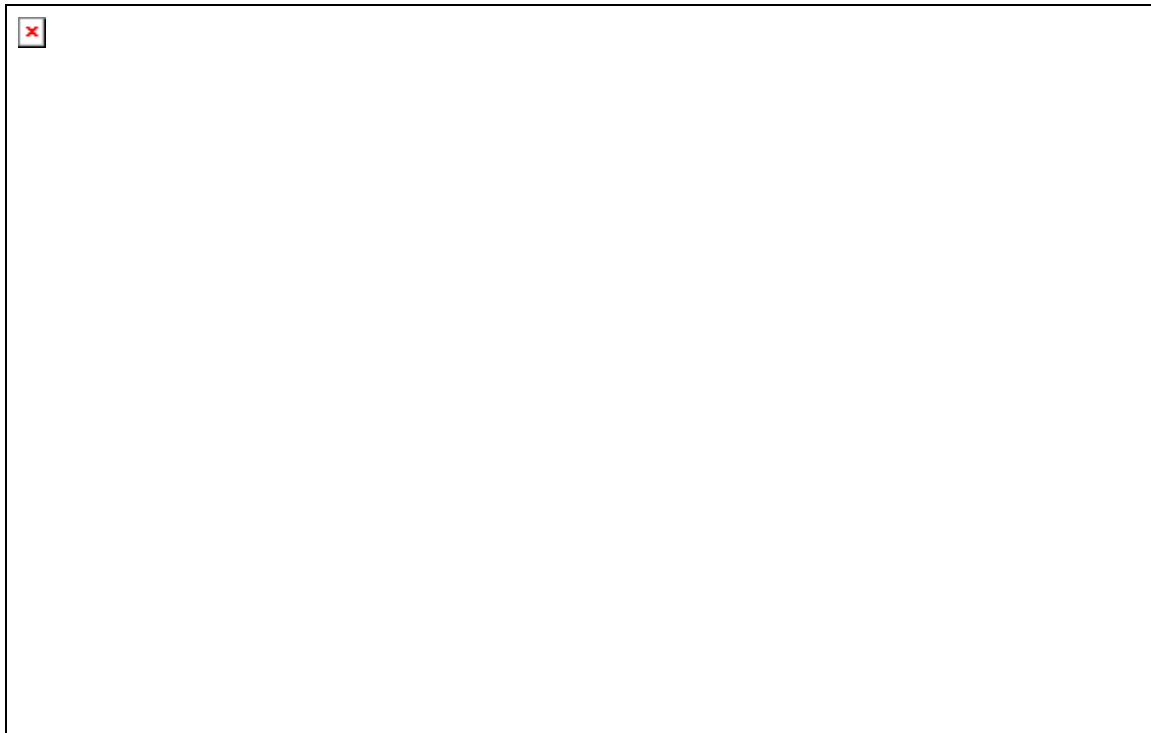
profundos (Bt, Btg e Bv) há uma maior equilíbrio entre os tipos de poros caracterizados por uma diminuição drástica dos poros complexos e o aparecimento dos poros arredondados médios e pequenos e alguns poucos poros alongados (poros de retenção). A análise detalhada da porosidade do solo explicou muito bem o comportamento da curva de retenção de água e a dinâmica da água no solo que será apresentada mais adiante.



Figura 2.8. Mapa de solos da Parcela Permanente de Floresta estacional semidecidual (Estação Ecológica Caetetus, Gália, SP) com a localização da transeção estudada. Detalhe da distribuição dos solos na transeção estudada.



a)



b)

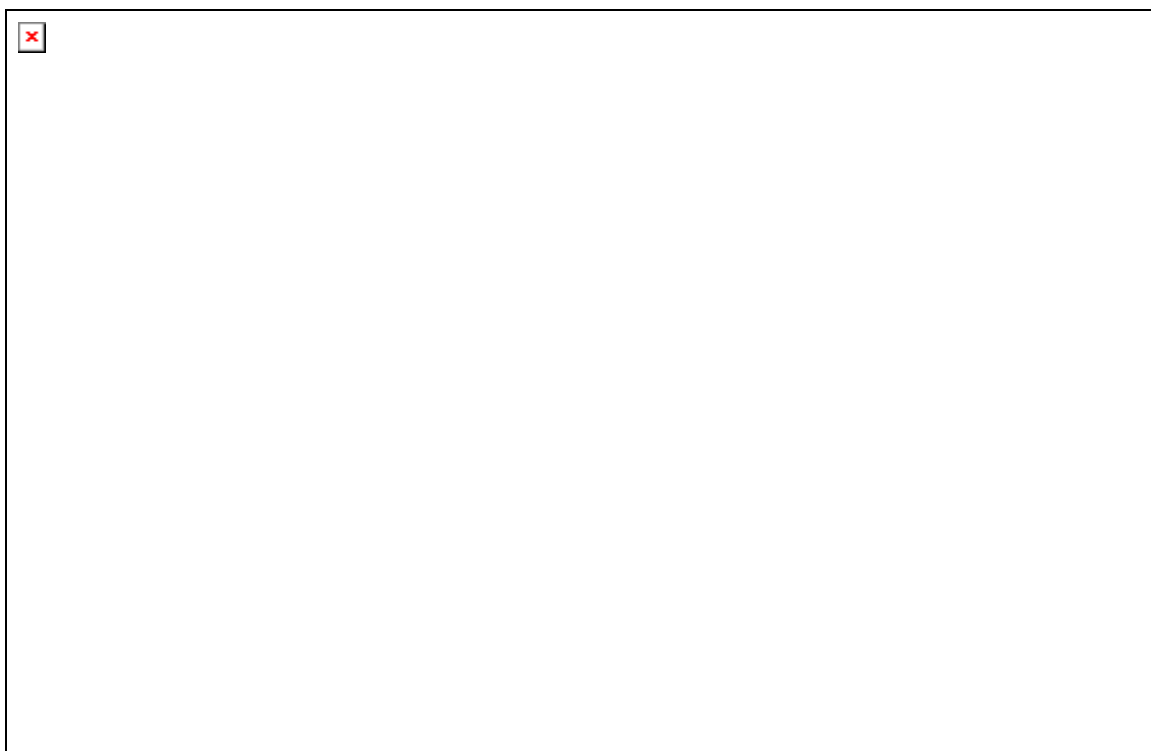
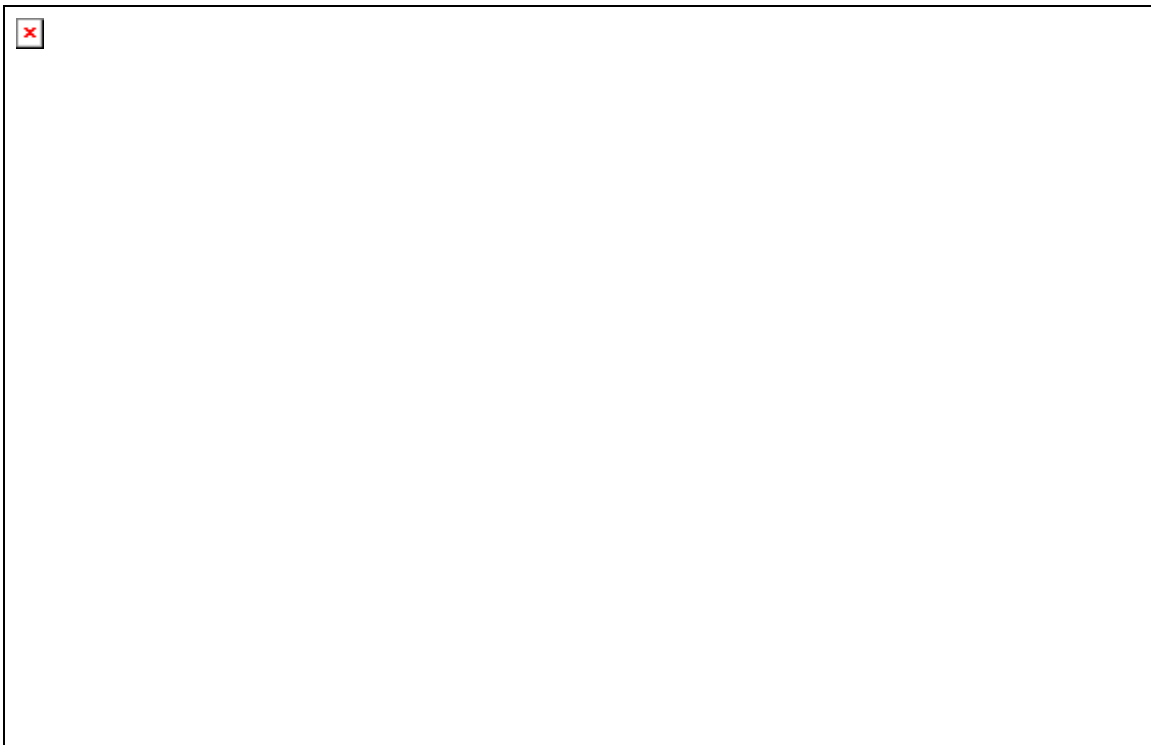


Figura 2.9. Granulometria, curvas de retenção e distribuição da porosidade das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. a) Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico epieutrófico, b) Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto arênico. Floresta Estacional Semidecidual (E. E. Caetetus).





c)



d)

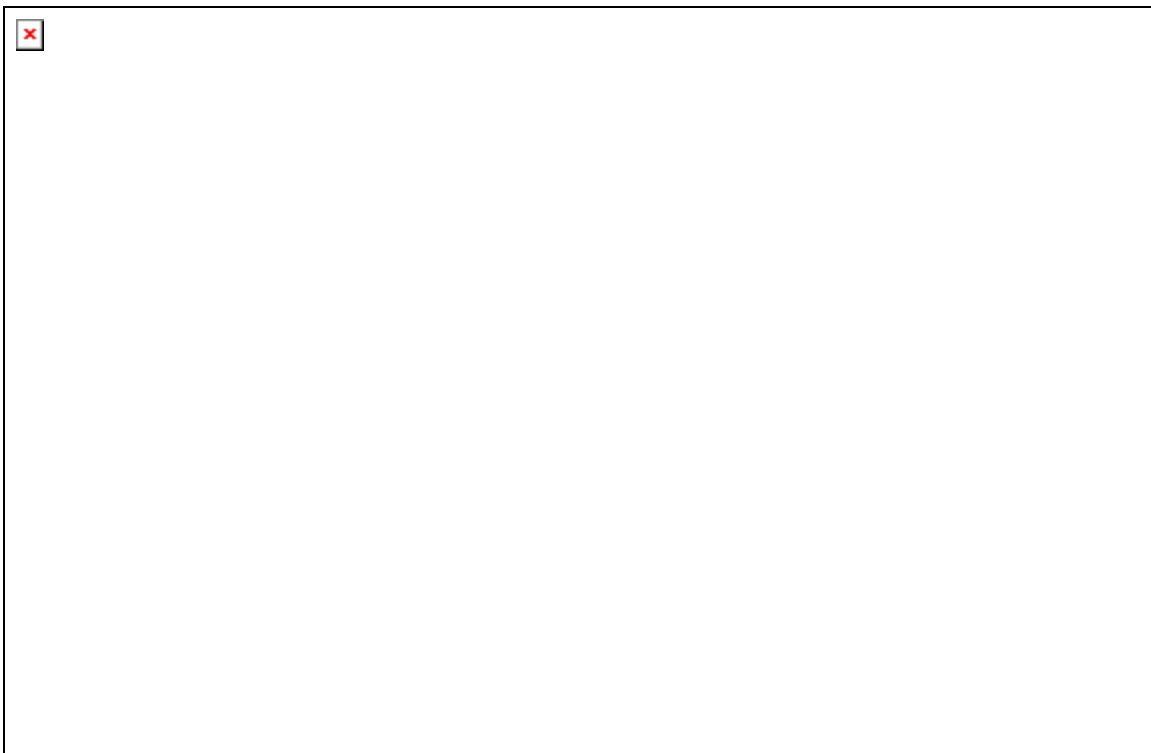


Figura 2.9 (cont.). c) Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto arênico, d) Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto espessarênico. Floresta Estacional Semidecidual (E. E. Caetetus).





e)

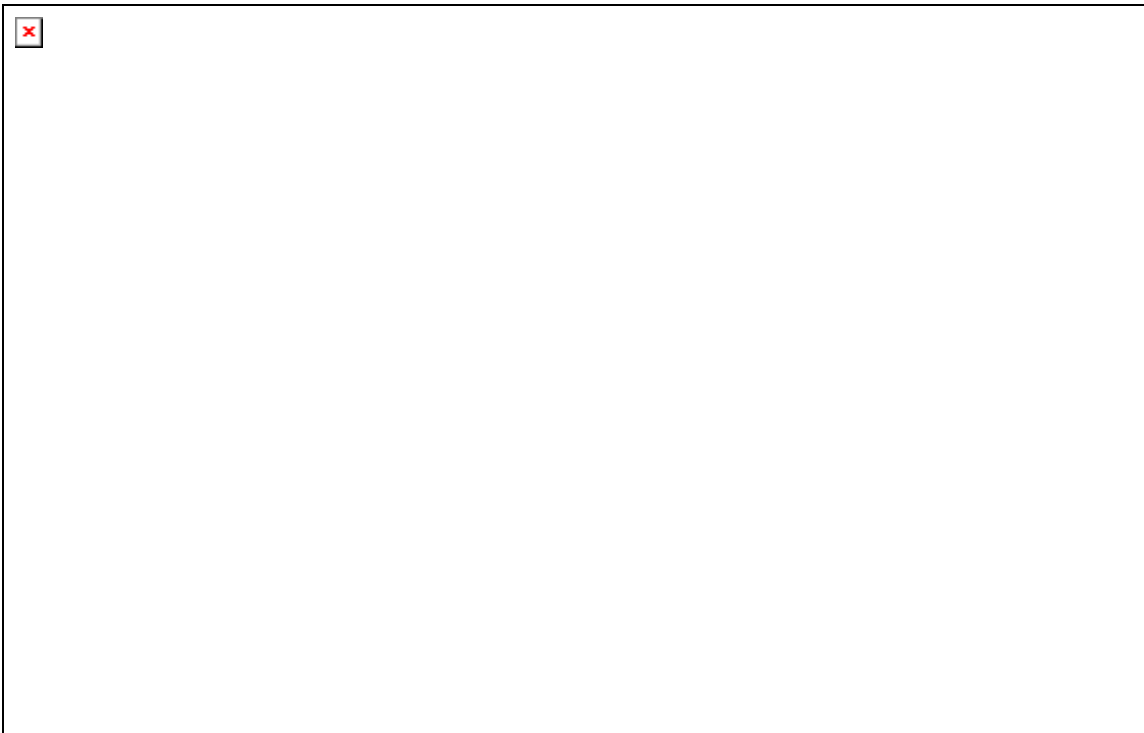


Figura 2.9 (cont.). e) Gleissolo Ta eutrófico vértico. Floresta Estacional Semidecidual (E. E. Caetetus).

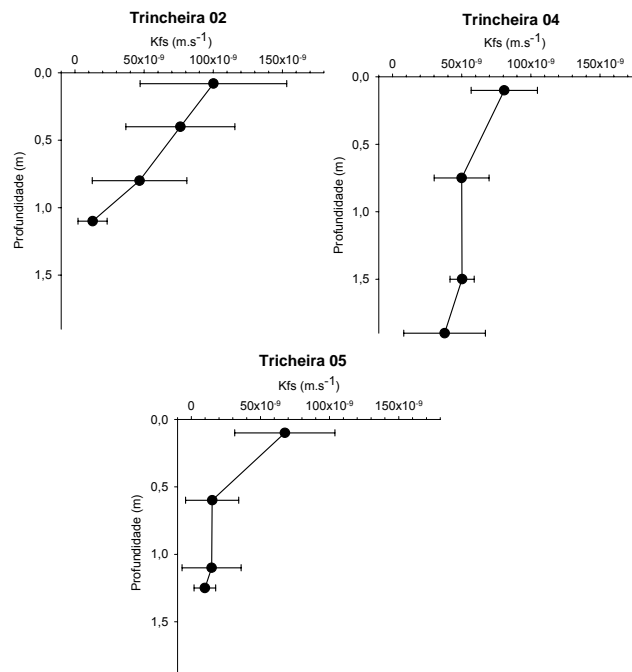


Figura 2.10: Condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs) média nos principais horizontes de solo no terço superior (perfil T2), terço médio (perfil T4) e sopé (perfil T5) da transeção (média e desvio padrão). Floresta Estacional Semidecidual (E. E. Caetetus).



A Figura 2.10 ilustra o comportamento da condutividade hidráulica nos diferentes compartimentos da transeção estudada. Nesta figura observa-se que os horizontes superficiais em todos os segmentos da transeção apresentam uma maior condutividade hidráulica quando comparados com os horizontes subsuperficiais. Estas características de condução de água nestes horizontes refletem, como já discutido anteriormente, a organização morfológica do solo, assim como a distribuição das partículas do solo (textura do solo), quando se descrevem os atributos de retenção de água. Estes atributos morfológicos e texturais influenciam a distribuição e morfologia dos poros e conseqüentemente a condutividade hidráulica. Assim, naqueles horizontes que apresentam uma agregação menos desenvolvida, uma textura mais arenosa e dominância de poros grandes e interconectados a condutividade hidráulica é maior, e a condutividade hidráulica fica reduzida onde a estrutura é mais desenvolvida (blocos subangulares), a textura é mais argilosa e os poros são menores e menos interconectados.

As variações de umidade volumétrica nos solos estudados em função da precipitação no período de agosto 2003 e junho 2004 estão apresentadas na Figura 2.11. A evolução da umidade dos solos mostrou dois períodos bem distintos, um período durante os meses mais secos do ano, onde o solo se mostrou também seco e um período, durante o verão, onde o solo se apresentou mais úmido e sofrendo flutuações pronunciadas de umidade, em função dos eventos chuvosos. Confirmando os dados observados nas curvas de retenção, existem diferenças significativas na dinâmica da água entre os horizontes B (Bt, Btg e Bv) e os horizontes superficiais destes solos. Um fato interessante a ser discutido, que provavelmente tem grande importância dentre as características fisiográficas definidoras desse tipo vegetacional (Floresta Estacional Semidecidual), é que nesse solo, na época seca, que apesar da falta de chuva, os horizontes mais profundos (sub-superficiais) se mantiveram mais úmidos que os mais superficiais e com quantidades de água, que segundo as curvas de retenção ainda se encontrariam dentro da faixa de água disponível para as plantas.



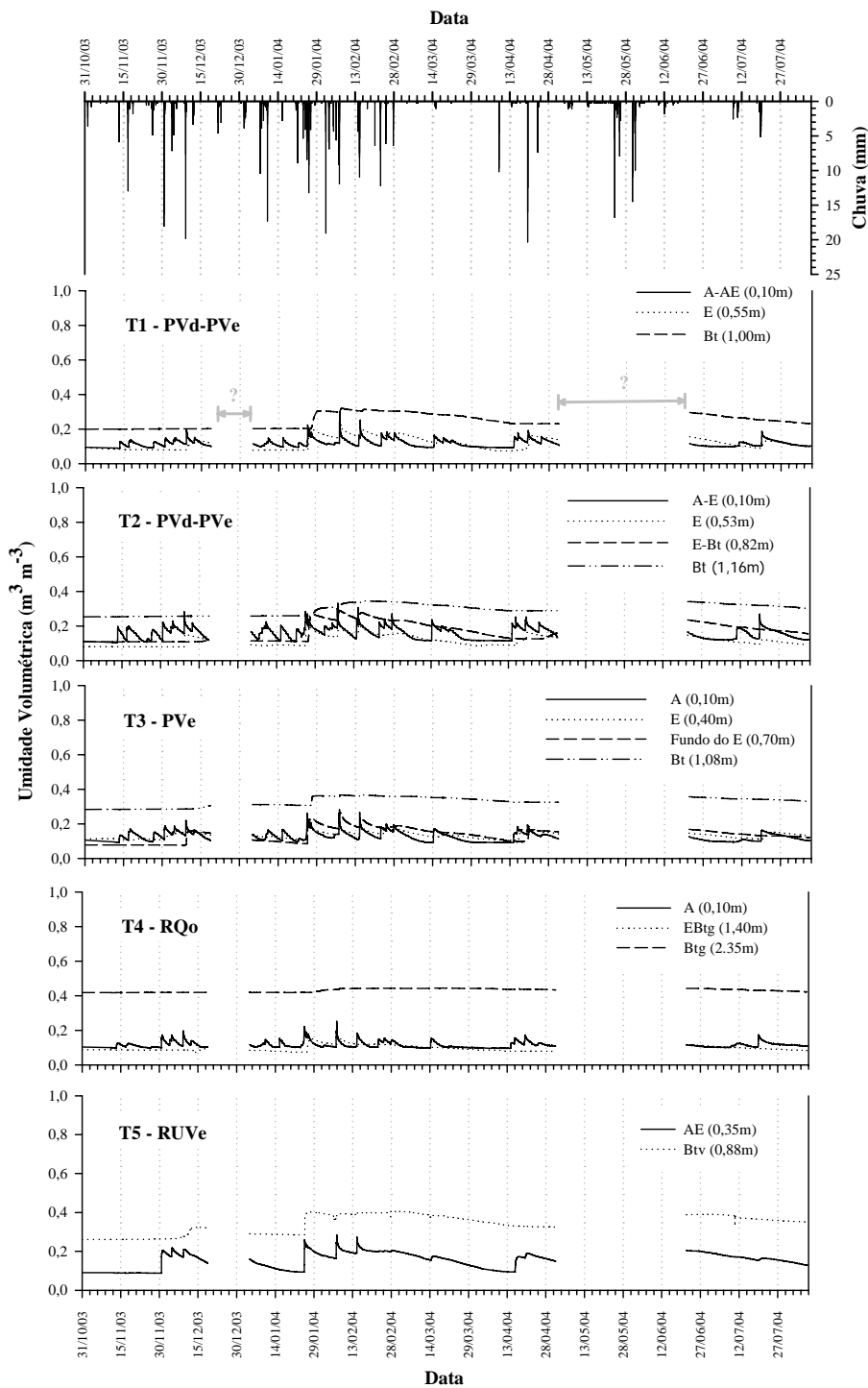


Figura 2.11. Dinâmica da umidade volumétrica em função da chuva ocorrente na Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual (E.E. Caetetus), considerando diferentes horizontes monitorados entre agosto/2003 e julho/2004.



### 3.2.4.3. Parcela Permanente de Floresta de Restinga (Parque Estadual da Ilha do Cardoso)

As descrições morfológicas dos solos da Parcela Permanente de Floresta de Restinga mostraram a presença dominante de Espodossolos Ferrocárbicos (Figura 2.12). Segundo EMBRAPA (1999), Espodossolos compreendem os solos minerais hidromórficos ou não, normalmente de textura arenosa, com horizonte espódico precedido de horizonte E álbico ou outros horizontes eluviais (OLIVEIRA et al., 1992). O horizonte B espódico é um horizonte subsuperficial, no qual materiais amorfos ativos, compostos de matéria orgânica e alumínio, com ou sem ferro, tenham precipitado. Ocorrem normalmente sob um horizonte eluvial que tenha cor de quartzo lavado, geralmente cinza a cinza claro (EMBRAPA, 1999; ESTADOS UNIDOS, 1999).

Os Espodossolos formam a classe pedológica predominante na parcela, sendo a podzolização o principal processo pedogenético na formação desses solos. A podzolização consiste, basicamente, na iluviação de compostos orgânicos e diferentes formas de ferro e alumínio.

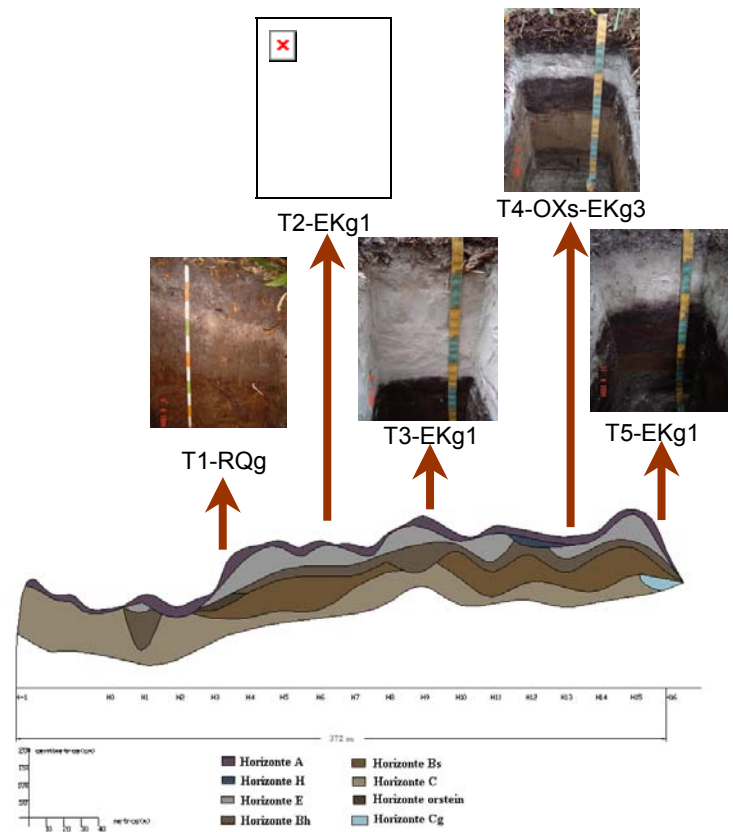
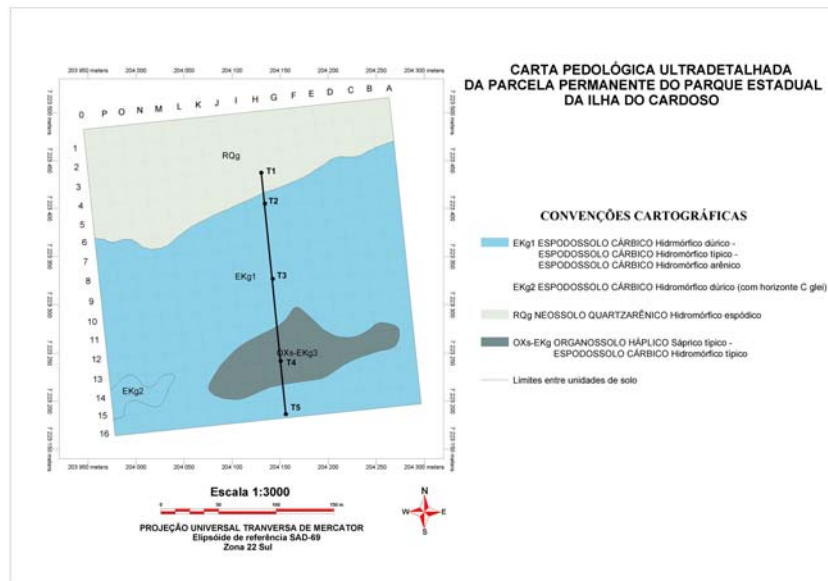


Figura 2.12: Mapa de solos da Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, com a localização da transeção estudada. Detalhe da distribuição dos solos na transeção estudada.



Os resultados das análises granulométricas mostraram que 100% das amostras coletadas possuem textura arenosa (Figura 2.13). Todas as amostras com exceção dos horizontes Ah e Bs/Cg da trincheira 04 e o horizonte Cg da trincheira 05, possuem mais de 90% de areia. A fração granulométrica que domina na maioria das amostras é a areia fina (0,106-0,25mm), sendo que 95.65% das amostras analisadas possuem mais de 60% de areia fina.

Nas trincheiras 01 e 02 observa-se uma grande homogeneidade entre as curvas de retenção dos diferentes horizontes (Figura 2.13). Em todos os horizontes analisados observa-se que existem altos valores de umidade nos potenciais mais baixos indicando que estes horizontes apresentam uma macroporosidade bem desenvolvida e conseqüentemente uma boa condução de água. Por outro lado, as curvas também mostram que à medida que o potencial matricial aumenta o solo se seca rapidamente, chegando a valores muito baixos de umidade nos potenciais mais altos (>30Kpa), caracterizando estes horizontes como apresentando baixa retenção de água em condições mais secas.

A trincheira 03 apresentou comportamento semelhante ao das trincheiras 01 e 02, com exceção dos horizontes mais profundos Bh e Bs, onde os valores da umidade nos potenciais mais altos (>30Kpa) foi superior aos demais horizontes no perfil, mostrando que estes perfis apresentam uma microporosidade melhor desenvolvida aumentando a retenção de água nestes horizontes (Figura 2.13). Os valores de umidade da trincheira 04, nos potenciais mais baixos, são altos em todos os horizontes e a medida que aumentam os potenciais, os valores diminuem de forma distinta. Os horizontes E albico e Bs apresentaram altos valores de umidade nos potenciais mais baixos mostrando também a presença de uma macroporosidade desenvolvida, e uma redução rápida nos seus valores de umidade em potenciais maiores que 30Kpa, demonstrando que estes horizontes apresentam uma baixa retenção de água. Os horizontes Ah e o Bs/Cg, apresentam um comportamento de menor perda de umidade em função do aumento dos potenciais, ou seja estes horizontes possuem uma capacidade de retenção de água maior e sua perda de umidade é atenuada mesmo possuindo uma porosidade bem desenvolvida. Em particular, o horizonte Ah apresenta a mais alta retenção de água de todos os horizontes da transeção estudada nos potenciais menores a 1500Kpa.

O comportamento dos horizontes da trincheira 05 mostra também um elevado valor de umidade nos potenciais mais baixos (<30Kpa), apresentado também uma macroporosidade desenvolvida (Figura 2.13). A partir deste potencial, começa uma diferenciação nos horizontes mais profundos (Bs duro orstein e Cg). O horizonte Bs duro orstein apresenta elevada retenção de água, em comparação aos horizontes mais superficiais, a partir do potencial de 3Kpa. Com comportamento semelhante aos horizontes Ah da trincheira 4, o horizonte Cg apresenta elevada retenção de água em todos os potenciais medidos. Os demais horizontes apresentam uma macroporosidade bem desenvolvida e conseqüentemente uma melhor condução de água e baixa retenção de água.





a)

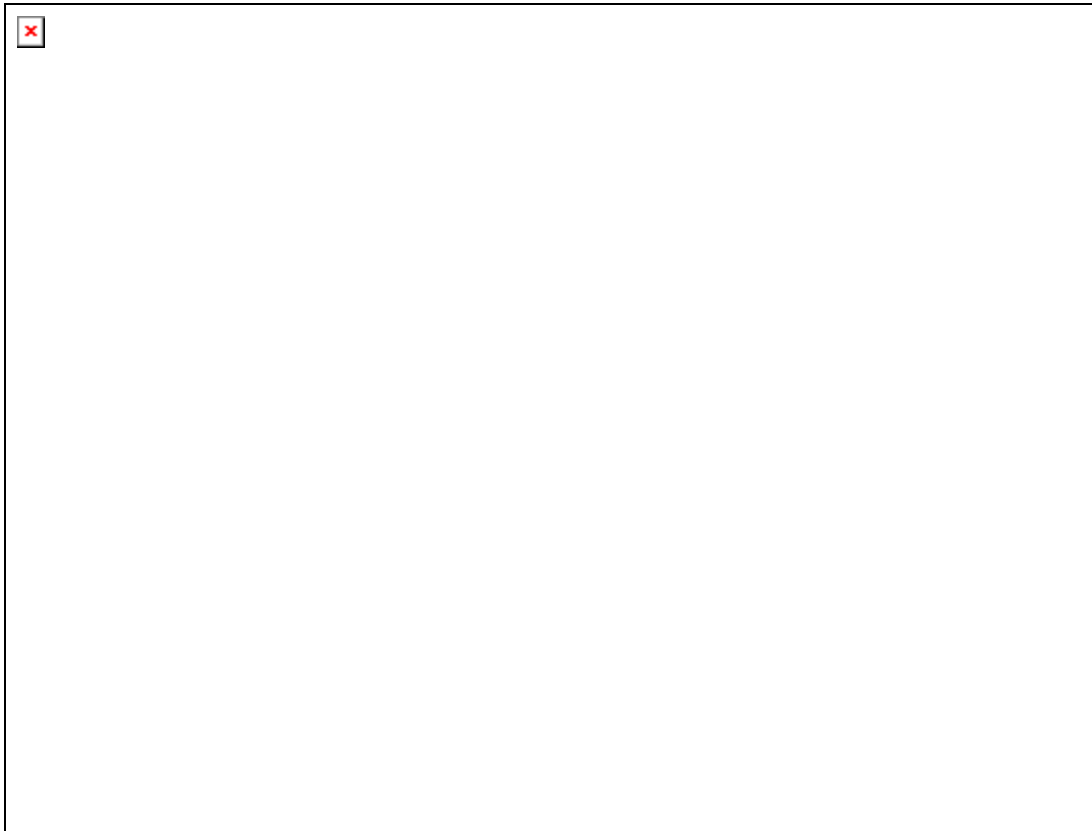


Figura 2.13 :. Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5.  
c) Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico, d) Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico hístico. Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).



b)



Figura 2.13 (cont.): Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. e) Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico dúbico. Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).



c)

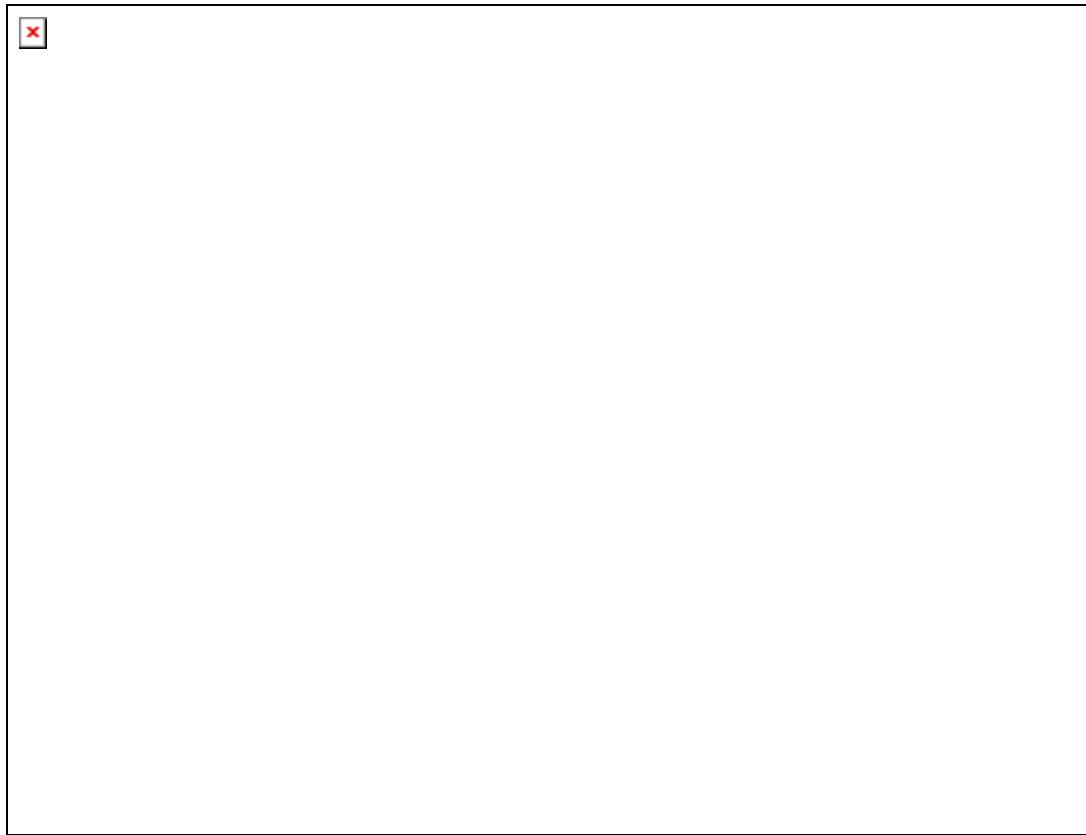


Figura 2.13 (cont.): Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. e) Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico dúrico. Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).





d)



Figura 2.13 (cont.): Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. e) Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico dúrico. Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).



e)



Figura 2.13 (cont.): Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. e) Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico dúrico. Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).



Os valores de densidade de partícula, densidade do solo e a porosidade total dos perfis são apresentados na Tabela 2.2. Observa-se que nestes solos a densidade do solo varia entre 1.44 a 1.59. Estes elevados valores de densidade podem ser explicados pelo elevado teor da fração areia presente nessas amostras. O horizonte A da trincheira 04 apresenta valor de densidade do solo baixa, devido à elevada quantidade de matéria orgânica presente nesse horizonte e os horizontes Bs da trincheira 03 e o horizonte Cg da trincheira 05 que também possuem valores de densidade mais baixos que os outros em função de um pequeno incremento de argila nestes horizontes.

Os valores de densidade de partícula variam entre 2.24 e 2.94. Estes valores também são altos em função da presença de quartzo nas amostras, o quartzo por ser uma partícula pesada, acaba influenciando no aumento da densidade.

Os dados de porosidade encontrada a partir da densidade de partículas e do solo são muito semelhantes aos valores de umidade do solo saturado observada nas curvas de retenção (Figura 2.13) indicando que todos os poros foram preenchidos por água ao realizar a determinação destas curvas.



Tabela 2.2. Densidade de Partículas, Densidade do Solo e Porosidade Total dos Perfis, Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).

		Densidade de partícula (kg m <sup>-3</sup> )	Densidade do Solo (kg m <sup>-3</sup> )	Porosidade Total (%)
Perfil 01 - Neossolo Quartzarênico Hidromórfico espódico				
A	0 - 20	2700	1580	41.5
E	20 - 32	2740	1540	43.9
Bh	32 - 66	2940	1490	49.3
Bs	66 - 126+	2630	1480	43.8
Perfil 02 - Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico				
A	0 - 15	2600	1530	41.1
A/E	15 - 25	2740	1510	44.8
Ealb	25 - 57	2670	1580	40.8
Bs	57 - 120+	2700	1590	41.2
Perfil 03 - Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico				
A	0 - 10	2250	1450	35.5
E alb	10 - 90	2740	1480	46.0
Bh	90 - 103	2670	1590	40.4
Bs	103 - 140+	2530	1290	49.0
Perfil 04 - Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico hístico				
Ah	0 - 27	2240	550	75.4
E alb	27 - 47	2740	1550	43.4
Bh	47 - 75	2860	1560	45.5
Bs	75 - 115	2700	1510	44.1
Bs/Cg	115 - 140+	2500	1530	38.8
Perfil 05 - Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico dúricos				
A	0 - 12	2470	1440	41.7
E alb	12 - 48	2700	1540	43.2
Bh	48 - 65	2470	1590	35.6
Bs orst	65 - 90	2500	1470	41.2
Bs	90 - 110	2600	1460	43.7
Cg	110 - 130+	2410	940	61.0



Os dados da condutividade hidráulica estão apresentados na Figura 2.14. Em função das dificuldades de medição deste parâmetro em função do elevado nível do lençol freático na época da realização desta medida, alguns horizontes não puderam ser avaliados. Apenas na trincheira 03, foi possível realizar as medições em todos os horizontes da trincheira, e nas outras, apenas os horizontes mais superficiais foram medidos. As profundidades foram selecionadas a partir da representatividade dos horizontes.

Os valores de condutividade hidráulica nos horizontes amostrados variaram entre  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$ . Segundo a classificação proposta por REYNOLDS & ELRICK (1986) os meios porosos que apresentam os potenciais entre  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  são de alta permeabilidade, o valor de Kfs de  $10^{-6}$  é classificado como um meio poroso de permeabilidade intermediária e o Kfs de  $10^{-7}$  como sendo um meio poroso de baixa permeabilidade. Desta forma, pode-se dizer, que nos horizontes analisados estavam representados todas as classes de permeabilidade apresentadas por REYNOLDS & ELRICK (1986).

Esta variabilidade é devida às diferentes características de condução e retenção de água descrita anteriormente onde foram descritos os atributos de retenção de água no solo. Desta forma, observa-se nos horizontes superficiais os valores mais altos de condutividade hidráulica em função da granulometria e tipo de estrutura que favorecem a condução de água. Nos horizontes Bh e Bs o comportamento deste atributo muda em função das mudanças nos atributos morfológicos devido ao processo dominante de podzolização.

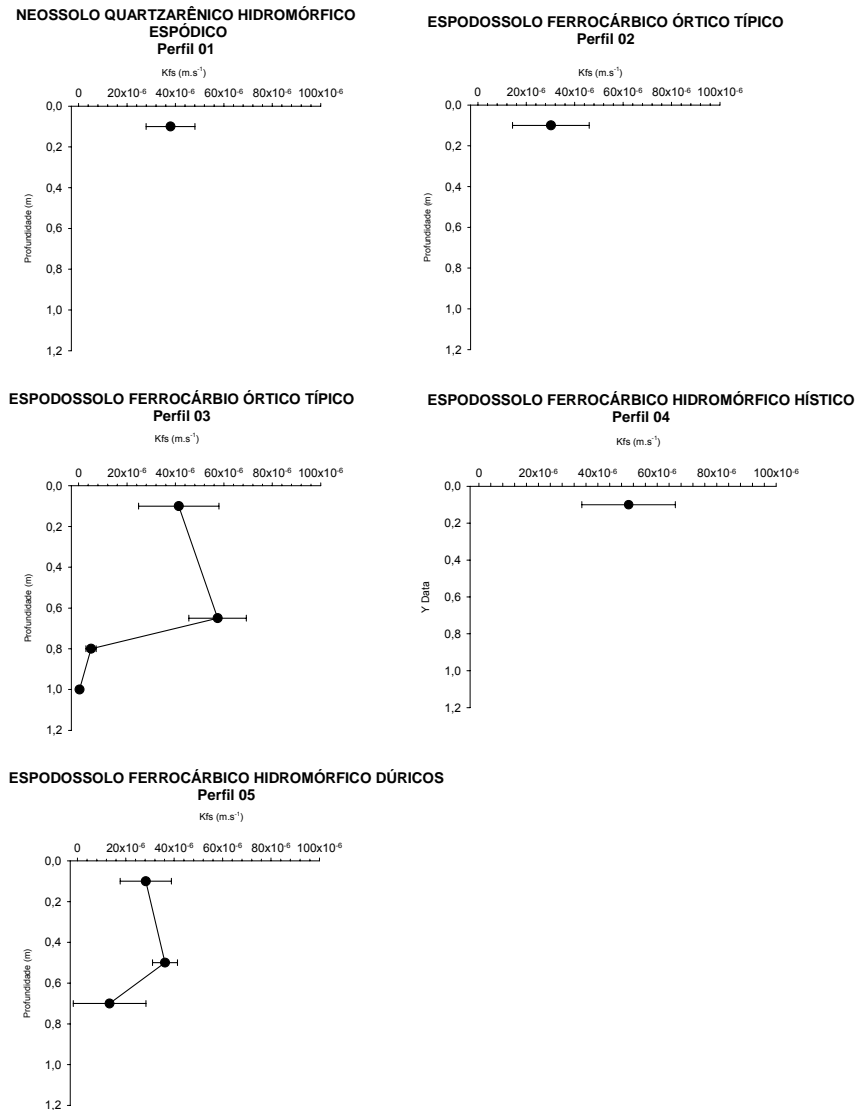


Figura 2.14: Condutividade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs) Média e desvio padrão dos horizontes amostrados. Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).

Os resultados das análises químicas (Tabela 2.3) mostram solos muito pobres em termos de fertilidade. Os solos estudados são ácidos com os valores de pH CaCl<sub>2</sub> e pH KCl 1N inferiores a 4 em quase todos os horizontes amostrados. Observaram-se valores de H + Al e Al muito altos e valores de Ca, Mg e K baixos classificando estes solos como álicos. O fósforo também apresenta valores baixos nestes solos. A presença de cheiro forte de enxofre observado nas descrições morfológicas é justificada pelo elevado teor de S encontrado principalmente nos horizontes mais profundos.

É interessante observar nestes dados químicos a evolução da matéria orgânica nos horizontes Bh e o teor de Fe nos horizontes Bs das trincheiras estudadas. Observa-se um incremento dos valores de matéria orgânica no horizonte Bh entre T1 e T5. Comportamento semelhante pode ser observado nos teores de Fe também entre as trincheiras T1 e T5.



Tabela 2.3. Análises Químicas dos Horizontes, Floresta de Restinga (P.E. da Ilha do Cardoso).

Amostras	pH	pH	pH	MO	Ca	Mg	K	H + Al	Al <sup>3+</sup>	SB	CTCe (t)	CTC (T)	V	m	S	Fe
Prof. em cm	H <sub>2</sub> O	KCl 1N	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	%	%	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>
Perfil 01 - Neossolo Quartzarênico Hidromórfico espódico																
T1 0-20	3,97	3,09	3,3	74,40	3,00	3,00	1,17	146,36	11,50	7,2	18,7	153,5	4,7	61,6	9,29	114,00
T1 20-32	4,31	3,36	3,4	17,67	2,00	1,00	2,57	18,75	4,40	5,6	10,0	24,3	22,9	44,1	7,17	296,00
T1 32-66	4,51	3,70	3,6	34,41	2,00	1,00	1,25	98,07	20,90	4,2	25,1	102,3	4,2	83,1	2,94	37,20
T1 66-126+	4,19	3,72	3,7	24,18	3,00	2,00	1,40	83,73	20,30	6,4	26,7	90,1	7,1	76,0	5,05	19,00
Perfil 02 - Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico																
T2 0-15	4,20	3,30	3,4	39,99	4,00	2,00	1,01	44,50	3,90	7,0	10,9	51,5	13,6	35,7	13,53	29,00
T2 15-25	4,16	3,32	3,3	15,81	2,00	1,00	1,48	12,97	3,30	4,5	7,8	17,5	25,7	42,4	3,64	100,00
T2 25-57	3,64	3,70	3,6	7,44	2,00	1,00	1,09	8,69	2,10	4,1	6,2	12,8	32,0	33,9	1,52	5,60
T2 57-120+	3,14	3,18	3,1	23,25	2,00	1,00	1,17	105,58	28,00	4,2	32,2	109,7	3,8	87,0	113,07	90,00
Perfil 03 - Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico																
T3 0-10	4,22	2,98	3,2	88,35	4,00	3,00	1,56	169,63	10,50	8,6	19,1	178,2	4,8	55,1	7,17	468,00
T3 10-90	5,12	3,82	3,6	7,44	3,00	1,00	2,18	7,11	1,40	6,2	7,6	13,3	46,5	18,5	2,23	5,40
T3 90-103	4,18	3,49	3,4	39,06	3,00	1,00	1,17	137,40	30,00	5,2	35,2	142,6	3,6	85,3	3,64	9,60
T3 103-140+	3,33	3,54	3,3	32,55	3,00	1,00	1,17	149,48	50,20	5,2	55,4	154,7	3,3	90,7	550,79	140,00
Perfil 04 - Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico hístico																
T4 0-27	3,79	2,87	3,0	108,81	4,00	3,00	1,72	213,88	12,30	8,7	21,0	222,6	3,9	58,5	22,00	29,00
T4 27-47	5,14	3,81	3,6	9,30	3,00	1,00	1,17	8,69	1,40	5,2	6,6	13,9	37,3	21,3	2,23	4,00
T4 47-75	3,50	3,38	3,3	46,50	4,00	1,00	0,94	162,63	29,90	5,9	35,8	168,6	3,5	83,4	12,82	6,60
T4 75-115	3,28	3,46	3,3	16,74	3,00	1,00	1,09	105,58	37,20	5,1	42,3	110,7	4,6	88,0	473,13	182,00
T4 115-140+	3,13	3,30	3,2	29,76	4,00	2,00	0,86	312,55	145,00	6,9	151,9	319,4	2,1	95,5	1871,0 1	362,00
Perfil 05 - Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico dúricos																
T5 0-12	4,24	3,23	3,4	41,85	4,00	3,00	2,26	43,11	6,60	9,3	15,9	52,4	17,7	41,6	17,06	40,40
T5 12-48	4,55	3,71	3,6	7,44	4,00	1,00	1,17	8,51	1,80	6,2	8,0	14,7	42,0	22,6	4,35	5,40
T5 48-65	3,51	3,37	3,3	45,57	4,00	1,00	1,09	184,55	43,60	6,1	49,7	190,6	3,2	87,7	32,59	16,60
T5 65-90	3,32	3,36	3,4	39,06	5,00	1,00	2,18	200,78	50,20	8,2	58,4	209,0	3,9	86,0	734,35 1518,0	83,20
T5 90-110	3,34	3,51	3,4	26,97	4,00	1,00	1,56	261,29	100,60	6,6	107,2	267,8	2,4	93,9	1	184,00
T5 110-130+	2,87	2,87	3,0	66,03	4,00	3,00	1,72	546,33	146,60	8,7	155,3	555,0	1,6	94,4	4514,9 8	614,00

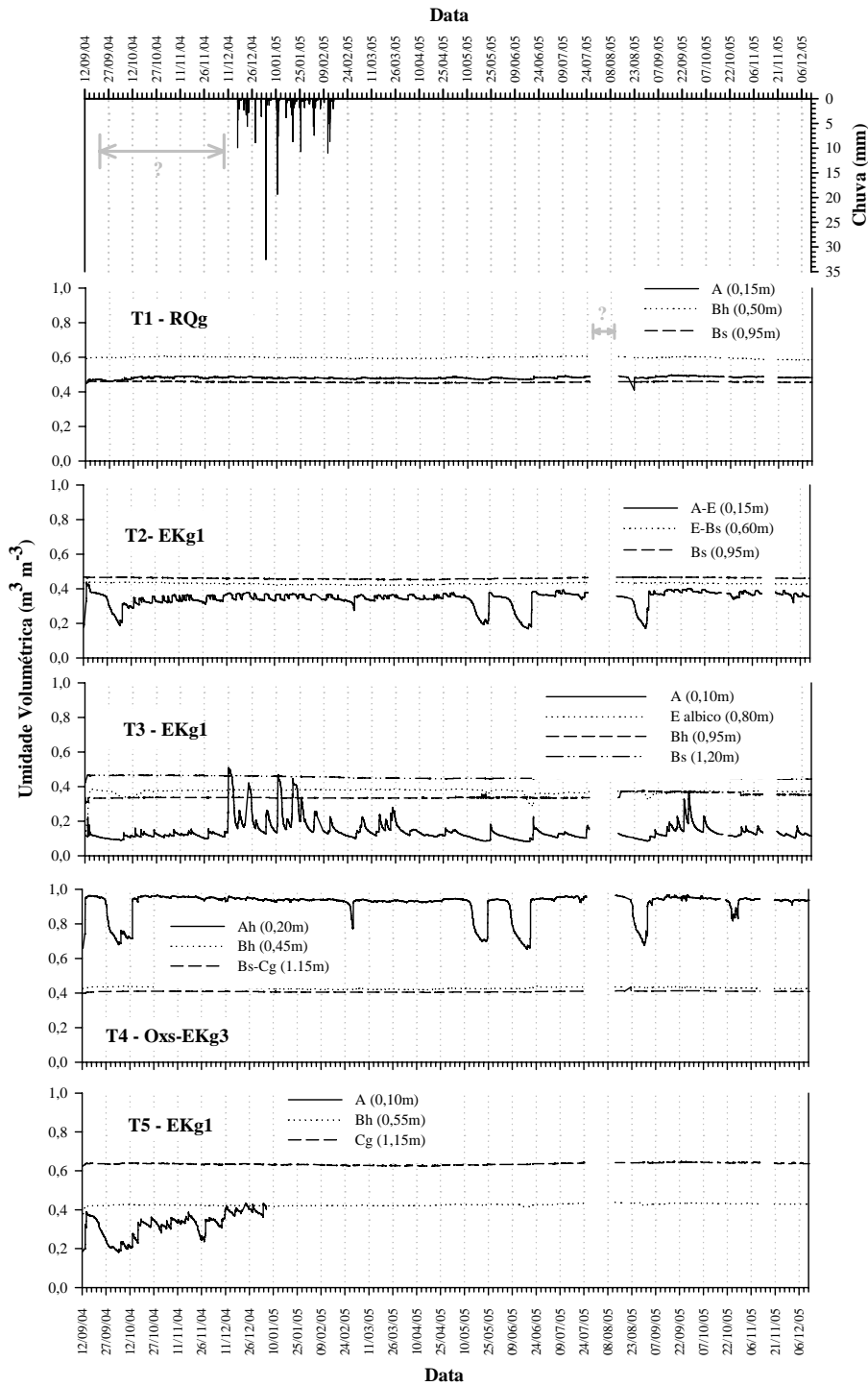


Figura 2.15. Dinâmica da umidade volumétrica em função da chuva da Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, considerando diferentes horizontes monitorados entre setembro/2004 e dezembro/2005.

A análise das variações da umidade do solo na transeção estudada no Parque Estadual da Ilha do Cardoso mostra um comportamento muito homogêneo deste atributo no tempo em quase





todos os horizontes monitorados. Com exceção dos horizontes A das trincheiras 2, 3, 4 e 5 que mostraram flutuações da umidade do solo ao longo do ano, o restante dos horizontes não mostraram nenhuma flutuação da umidade do solo neste mesmo período. Analisando a Figura 2.15 com um pouco mais de detalhe observa-se que as flutuações da umidade nos horizontes superficiais coincidem com os eventos chuvosos ou períodos onde houve vários dias contínuos sem chuva. A inexistência de flutuações da umidade do solo nos outros horizontes monitorados foi reflexo da proximidade do lençol freático à superfície do solo, que mantém estes horizontes permanentemente saturados. Isto é demonstrado pelas observações morfológicas de campo e pela análise do cruzamento destes dados do monitoramento hidrológico com os dados de retenção de água e porosidade total. Como resultado deste último cruzamento, pode-se observar que os valores aos quais a umidade do solo ficou constante durante o período monitorado coincidem com os valores de umidade saturada nas curvas de retenção de água (Figura 2.13) e porosidade total destes horizontes (Tabela 2.2). Isto significa que em todos estes perfis o nível do lençol freático é elevado o ano inteiro chegando praticamente até a superfície do solo.

#### *3.2.4.4. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual de Carlos Botelho*

Os solos da transeção estudada na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual de Carlos Botelho foram classificados como: T1: Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico típico; T2: Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico; e T3, T4 e T5: Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (Figura 2.16). São solos medianamente profundos a profundos, pouco desenvolvidos, bastante homogêneos e que apresentam atributos morfológicos (estrutura, textura e consistência) que favorecem a retenção de água. Apesar de algumas pequenas diferenças morfológicas entre as trincheiras T1 e T2 e as trincheiras T3, T4 e T5, os solos são muito semelhantes em todas as posições estudadas apesar das grandes diferenças encontradas na forma do relevo e declividade onde estas trincheiras estavam localizadas (Figura 2.16). Os solos apresentam textura argilosa com teores de argila variando entre 250 e 610 g.kg<sup>-1</sup>. Em quase todos os perfis observa-se um pequeno gradiente textural (incremento na quantidade de argila) entre os horizontes superficiais e subsuperficiais (Figura 2.17). Somente no perfil T2 que não se observa este fenômeno e isto pode ser explicado pela posição que este solo ocupa no relevo (encosta íngreme) que não permite um bom desenvolvimento deste solo.

A homogeneidade observada nos outros atributos destes solos e verificada também nas características de retenção destes solos. Estes solos apresentam boas características de retenção de água no solo e não se identificaram diferenças significativas neste atributo nos perfis estudados. Esta boa retenção é devido ao domínio de meso e microporos (poros de retenção)



sobre os macroporos (poros de condução) como pode ser inferido através das curvas de retenção ilustradas na Figura 2.17.

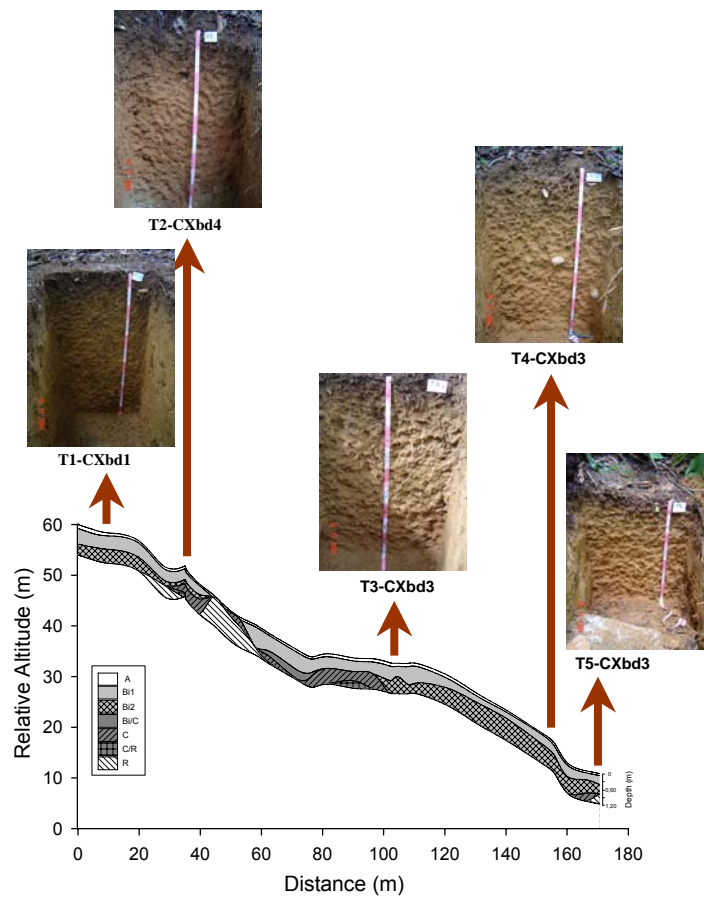
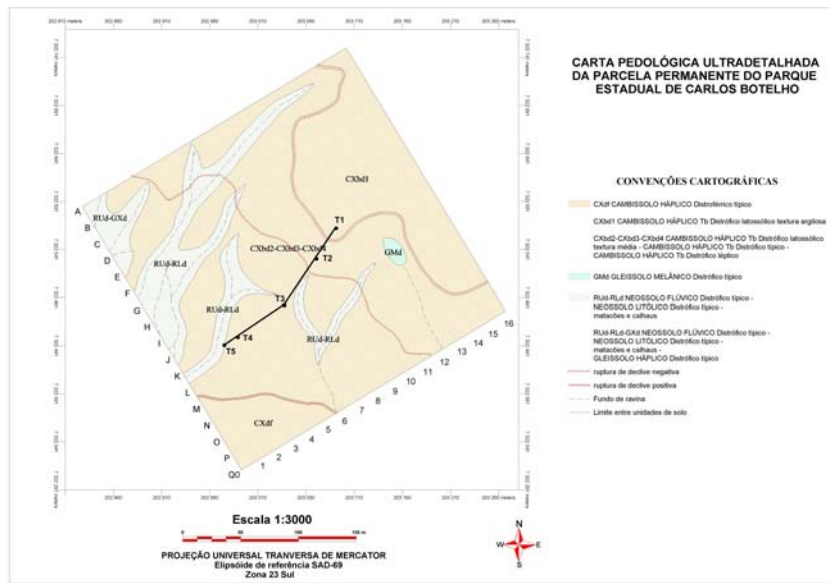


Figura 2. 16. Mapa de solos da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual de Carlos Botelho, com a localização da transeção estudada. Detalhe da distribuição dos solos na transeção estudada





a)



Figura 2.17: Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. a) Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico típico, b) Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico. Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho).



b)



Figura 2.17 (cont.): Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. c) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, d) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico. Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho).



c)

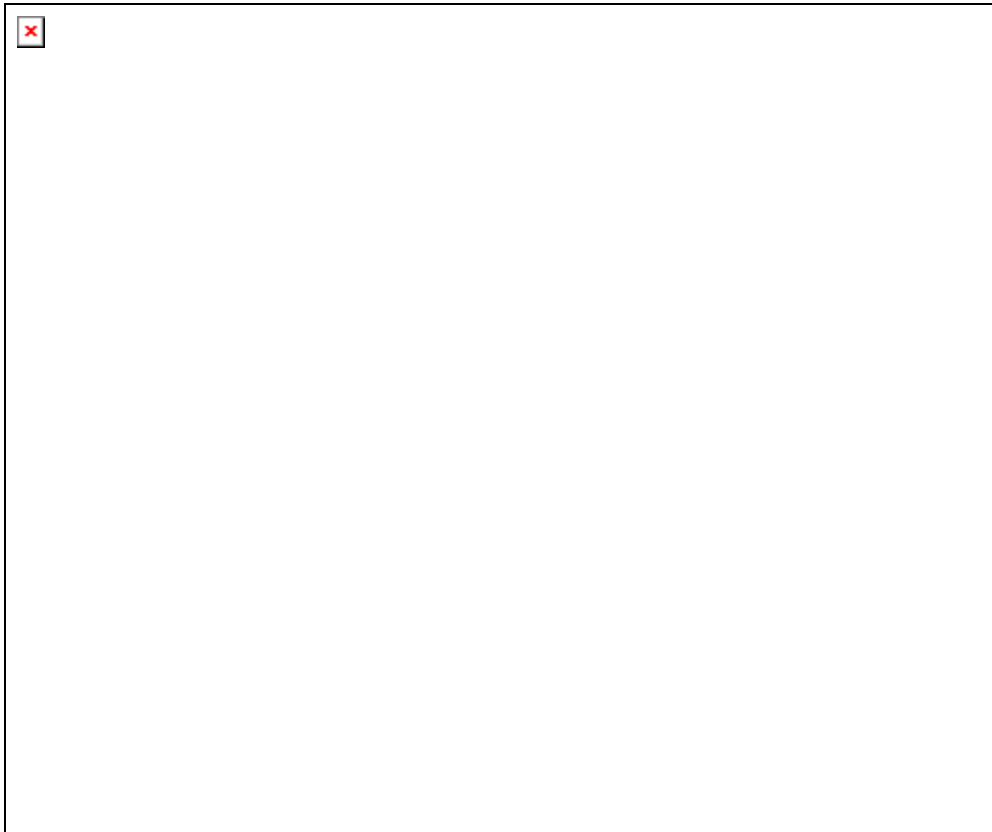


Figura 2.17 (cont.): Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. c) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, d) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico. Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho).



d)

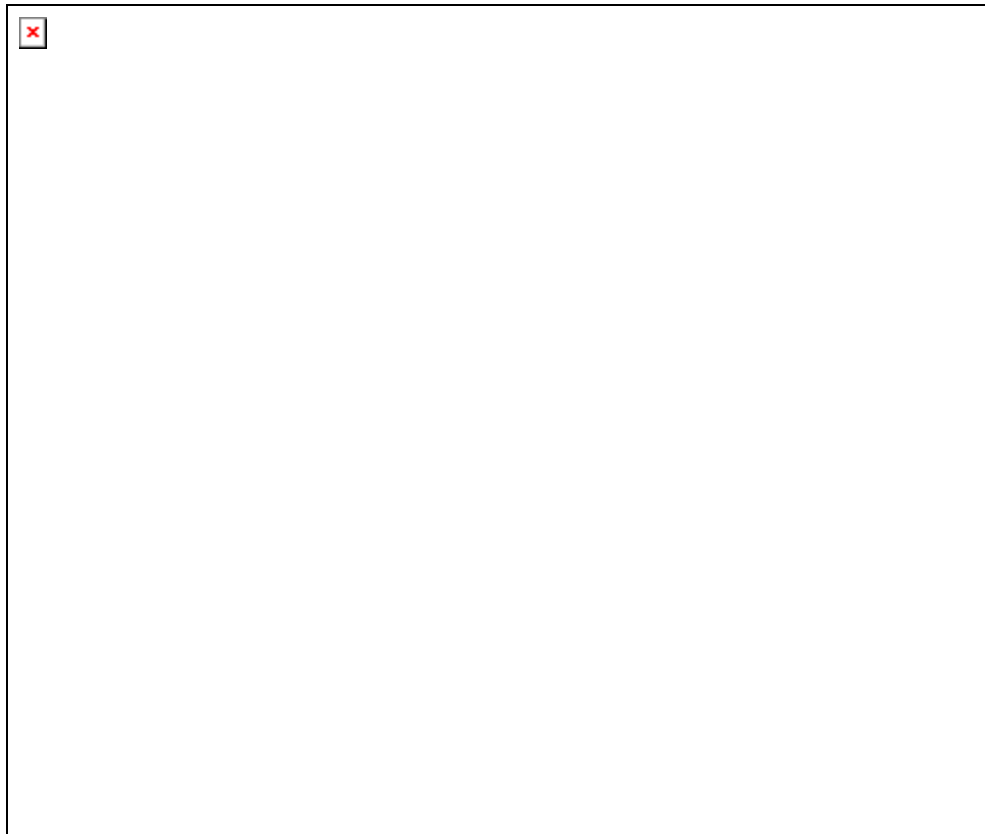


Figura 2.17 (cont.): Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. c) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, d) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico. Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho).





e)



Figura 2.17 (cont.): Granulometria e curvas de retenção das trincheiras T1, T2, T3, T4 e T5. e) Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico. Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho).

Os valores de densidade de partícula, densidade do solo e a porosidade total dos perfis da transeção desta parcela permanente são apresentados na Tabela 2.4. Observa-se que nestes solos a densidade do solo varia entre 980 a 1410 kg.m<sup>-3</sup>. Os valores mais baixos são encontrados nos horizontes de superfície e refletem a influência das grandes adições de matéria orgânica nesta camada pela serrapilheira. Por outro lado, os valores de densidade mais altos são encontrados nos horizontes subsuperficiais em função do incremento do teor de argila e a mudança de estrutura que nestes horizontes é em blocos subangulares médios diferindo da estrutura granular dos horizontes de superfície. Estes valores altos de densidade em subsuperfície explicam a diminuição da porosidade total destes horizontes como observado na Tabela 2.4. Os dados de porosidade total encontrada a partir da densidade de partículas e do solo são muito semelhantes aos valores de umidade do solo saturado observada nas curvas de retenção (Figura 2.17) indicando que todos os poros foram preenchidos por água ao realizar a determinação destas curvas.



Os valores de densidade de partícula variam entre 2300 e 2670 kg.m<sup>-3</sup>. Os valores da densidade de partículas encontram-se dentro dos valores normais encontrados em solos e reflete o domínio da fração argila na composição granulométrica destes solos.

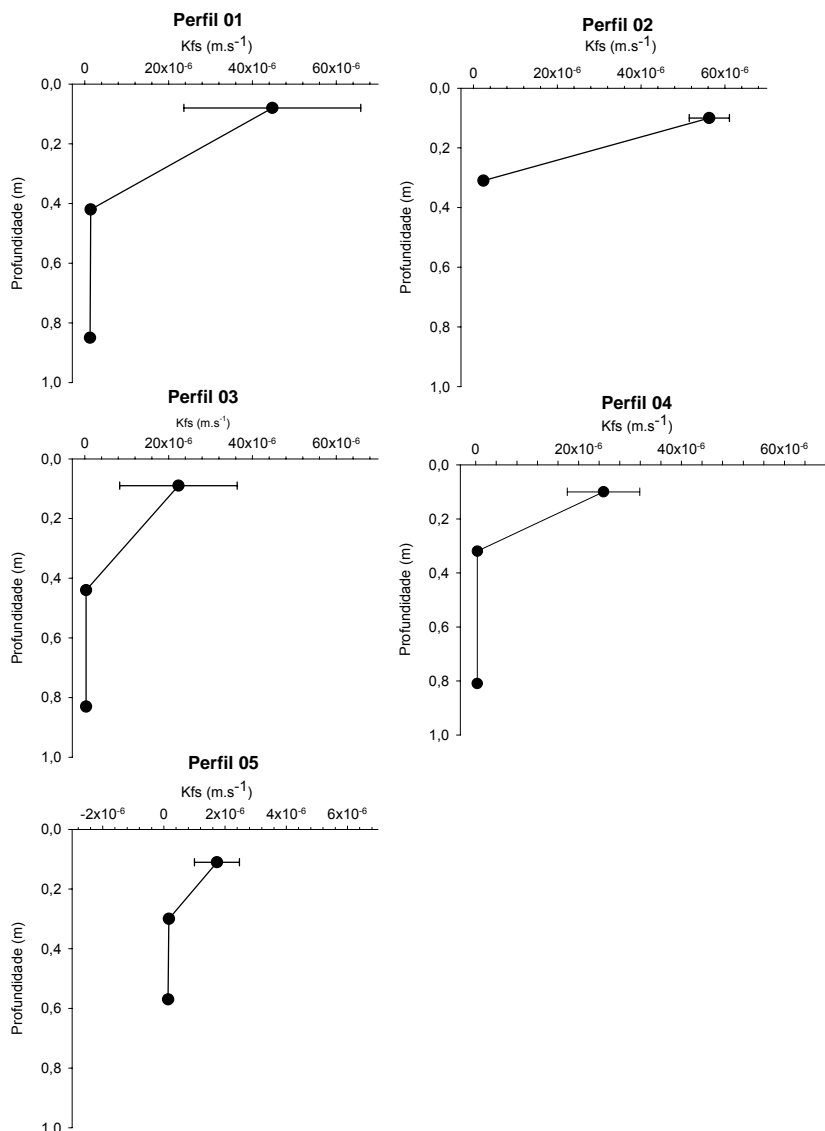
Tabela 2.4: Densidade de Partículas, Densidade do Solo e Porosidade Total dos Perfis. Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho).

	Densidade de partícula (kg m <sup>-3</sup> )	Densidade do Solo (kg m <sup>-3</sup> )	Porosidade Total (%)
<b>Perfil 01 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico típico</b>			
0 - 16	2440	980	59,8
16 - 70	2500	1380	44,9
70 - 110	2500	1410	43,7
<b>Perfil 02 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico</b>			
0 - 13	2300	940	59,0
13 - 51	2380	1200	49,4
51 - 70	24100	1200	50,2
<b>Perfil 03 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico</b>			
0 - 13	2500	1000	60,1
13 - 70	2670	1320	50,5
70 - 100	2670	1230	52,8
<b>Perfil 04 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico</b>			
0 - 13	2630	1000	61,9
13 - 50	2560	1050	59,0
50 - 112	2410	1120	53,7
<b>Perfil 05 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico</b>			
0 - 8	2300	1010	56,2
8 - 43	2500	1410	43,4
43 - 77	2670	1350	49,3

A condutividade hidráulica destes solos pode ser observada na Figura 2.18. Novamente como nos outros atributos físicos existe uma grande homogeneidade no comportamento da condução de água nos perfis estudados. Em todos os perfis monitorados ocorreram altos valores de condutividade hidráulica em superfície caindo abruptamente nos horizontes mais profundos. Este comportamento está muito ligado ao que já foi discutido anteriormente. Em superfície, em função da influência da matéria orgânica sobre a estruturação do solo que melhora a porosidade do solo (Figura 2.17 e Tabela 2.4), principalmente a macroporosidade, a condução de água nestes horizontes é alta. Em subsuperfície em função do incremento do teor de argila, a mudança de estrutura para blocos subangulares, a diminuição da porosidade total e o domínio de poros de tamanho menor a condutividade hidráulica diminui drasticamente favorecendo as propriedades de retenção já discutidas anteriormente.



Este comportamento dos solos, principalmente em subsuperfície, permite que estes solos permaneçam muito tempo com quantidades de água elevadas e em potenciais onde não há dificuldade para a absorção pelas raízes. Ao mesmo tempo facilitam a formação de lençóis freáticos suspensos e/ou a formação de enxurrada pela baixa infiltração e condução de água do solo, que podem provocar processos erosivos e/ou deslizamentos em regiões muito chuvosas como é o caso da região onde esta inserida a parcela permanente do Parque Estadual de Carlos Botelho. Este fenômeno se agrava quando estas áreas são desmatadas e é retirada a ação protetora de vegetação sobre a superfície do solo aumentando desta forma a quantidade de água



que chega ao solo e afetando negativamente os atributos físicos do solo.



Figura 2.18: Condutividade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs) Média e desvio padrão dos horizontes amostrados. Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho).

Os resultados das análises químicas (Tabela 2.5) mostram solos muito pobres em termos de fertilidade. Os solos estudados são ácidos com os valores de pH CaCl<sub>2</sub> e pH KCl 1N entorno de 4 em quase todos os horizontes amostrados. Observaram-se valores de H + Al e Al muito altos e valores de Ca, Mg e K baixos classificando estes solos como álicos. O fósforo também apresenta valores baixos nestes solos. É importante ressaltar os altos valores de matéria orgânica observados nos horizontes superficiais, que como explicado anteriormente afetam o desenvolvimento da estrutura e porosidade que ao mesmo tempo afetam as características de condução e retenção destes horizontes.



Tabela 2.5: Análises Químicas dos Horizontes da Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual de Carlos Botelho).

Amostras	pH	pH	pH	MO	P	Ca	Mg	K	S	H + Al	Al <sup>3+</sup>	SB	CTCe (t)	CTC (T)	V	M
	H <sub>2</sub> O	KCl 1N	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>	%	%
T1 0-16	3,87	3,93	3,9	34,41	5,25	5,00	2,00	2,34	15,64	2827,05	27,60	9,3	36,9	119,8	7,8	74,7
T1 16-70	4,54	4,21	4,2	13,95	1,75	4,00	1,00	1,56	68,59	53,23	17,70	6,6	24,3	59,8	11,0	73,0
T1 70-110+	4,60	4,21	4,2	11,16	1,75	3,00	1,00	1,72	70,71	54,36	17,80	5,7	23,5	60,1	9,5	75,7
T2 0-13	3,79	3,89	3,8	33,48	5,25	5,00	2,00	3,12	21,29	117,31	29,80	10,1	39,9	127,4	7,9	74,6
T2 13-51	4,51	4,13	4,1	14,88	1,75	5,00	2,00	1,95	33,29	59,77	19,20	9,0	28,2	68,7	13,0	68,2
T2 51-70	4,69	4,20	4,1	11,16	1,75	4,00	1,00	0,94	34,00	38,80	15,30	5,9	21,2	44,7	13,3	72,0
T3 0-13	3,96	3,82	3,8	46,50	9,10	5,00	3,00	1,40	24,12	119,81	30,00	9,4	39,4	129,2	7,3	76,1
T3 13-70	4,63	4,26	4,3	14,88	1,40	4,00	1,00	1,95	31,88	44,50	16,10	7,0	23,1	51,4	13,5	69,8
T3 70-100+	4,88	4,26	4,3	8,37	1,40	3,00	1,00	2,34	78,48	33,48	12,50	6,3	18,8	39,8	15,9	66,3
T4 0-13	3,96	4,00	3,9	45,57	8,75	10,00	5,00	3,20	12,11	83,73	22,10	18,2	40,3	101,9	17,9	54,8
T4 13-50	4,55	4,29	4,2	18,60	1,75	4,00	1,00	2,18	32,59	51,57	15,90	7,2	23,1	58,8	12,2	68,9
T4 50-112+	5,02	4,37	4,4	10,23	1,40	4,00	1,00	1,79	77,77	36,42	11,00	6,8	17,8	43,2	15,7	61,8
T5 0-08	4,84	4,42	4,5	44,64	7,00	18,00	6,00	2,50	14,23	46,90	3,60	26,5	30,1	73,4	36,1	12,0
T5 08-43	4,95	4,38	4,4	10,23	1,40	5,00	1,00	1,95	77,77	31,76	8,00	8,0	16,0	39,7	20,0	50,2
T5 43-77+	4,94	4,34	4,3	9,30	1,75	6,00	2,00	1,40	70,01	33,13	11,60	9,4	21,0	42,5	22,1	55,2

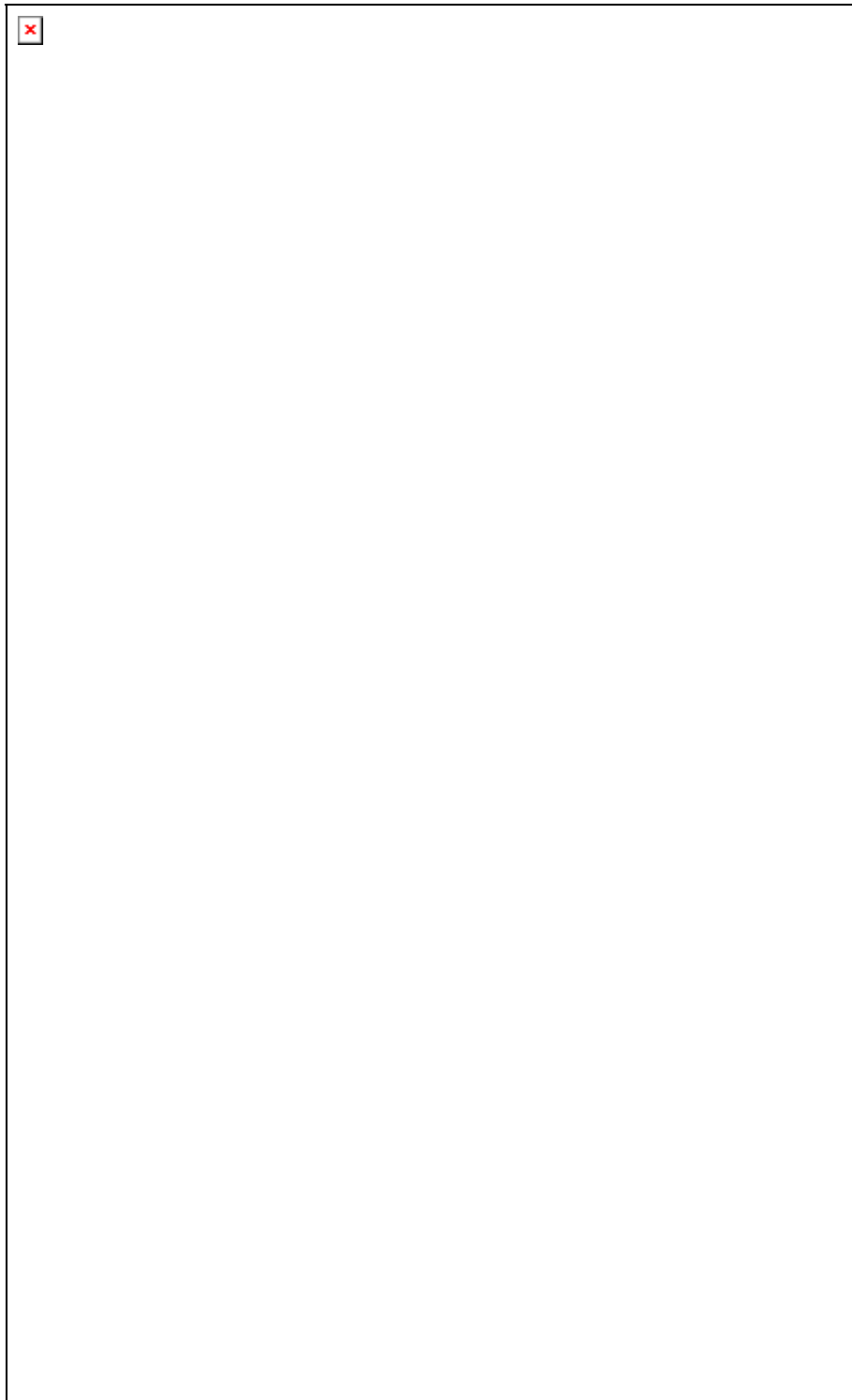


Figura 2.19: Dinâmica da umidade volumétrica em função da chuva da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual de Carlos Botelho, considerando diferentes horizontes monitorados entre novembro/2004 e novembro/2005.



Os resultados do monitoramento contínuo da umidade do solo são observados na Figura 2.19. O comportamento da água no solo não sofre flutuações durante o ano. Não se observam, como em outras áreas estudadas, diferenças sazonais na umidade do solo, esta se mantém praticamente constante o ano inteiro. Observam-se sim flutuações rápidas da umidade do solo, principalmente nos horizontes superficiais, que estão intimamente ligadas com os eventos chuvosos. Nos horizontes de subsuperfície também existem estas flutuações mais estas são de intensidade mais baixas e deslocadas no tempo.

Em todos os horizontes monitorados a umidade do solo flutua entre os valores de 0,4 e 0,5 cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup> com exceção do horizonte A dos perfis 1 e 2. Se comparamos estes valores de umidade com as curvas de retenção, poder-se-á observar que a água no solo esta sendo retida a potenciais muito baixos (entre 8 e 30 kPa) o que torna a água um elemento pouco restritivo para as plantas. Em contrapartida como o solo esta com muita água o ano inteiro qualquer adição de água extra (por exemplo, alguma chuva mais forte) pode provocar a rápida saturação destes solos que somado ao relevo muito movimentado pode provocar a instalação de fluxos laterais de água superficiais e subsuperficiais no solo que podem provocar graves problemas de erosão como comentado anteriormente.

### **3.3. Considerações finais**

Foram apresentadas as metodologias e os resultados do funcionamento físico-hídrico de quatro transeções representativas dos solos das Parcelas Permanentes, de 10,24ha cada, instaladas na Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica Caetetus), no Cerradão (Estação Ecológica de Assis), na Floresta de Restinga (Parque Estadual da Ilha do Cardoso) e na Floresta Ombrófila Densa (Parque Estadual Carlos Botelho). Constatou nos dados, diferenças explícitas no comportamento dos solos entre e dentro das transeções estudadas.

Dessa forma, se considerarmos o efeito dessa dinâmica físico-hídrica diferenciada do solo no componente vegetal dessas formações, e principalmente no funcionamento desse componente, e principalmente se associarmos esse efeito do funcionamento físico-hídrico do solo com as características climáticas das regiões onde estão alocados esses 40,96ha de Parcelas Permanentes, vai-se acumular conhecimento suficiente para entender e modelar os possíveis fatores definidores dessas formações e, portanto, responsáveis pelas diferenças florísticas, estruturais e de funcionamento constatadas entre essas formações florestais, como por ex. a menor diversidade e menor equibilidade do Cerradão, a simplificação silvigenica do Cerradão, com ausência de clareiras, o pequeno gradiente luminoso na estratificação do Cerradão, quando comparado ao gradiente da Floresta Estacional Semidecidual etc.

Podemos refletir que a maior seletividade parece ocorrer principalmente nos processos de germinação e estabelecimento das plântulas, que estariam mais sujeitas às condições de estresse hídrico no horizonte superficial. Todos os dados que foram coletados serão analisados isolados e



conjuntamente, usando análises de correlação e multivariadas, procurando confirmar estatisticamente essas associações entre os fatores definidores e aqueles mantenedores da diversidade vegetal específica dessas formações.

## Referências Bibliográficas

- BASHER, L.R. 1997. Is pedology dead and buried? *Australian Journal of Soil Research* 35: 979-994.
- BERTANI, D. F.; RODRIGUES, R. R.; BATISTA, J. L. F. & SHEPHERD, G. J. 2001. Análise Temporal da Heterogeneidade Florística e Estrutural em Uma Floresta Ribeirinha. *Revista Brasileira de Botânica*, v.24, n.1, p.11-23.
- BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F.-X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie: I – Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. *Cahiers ORSTOM Séries Pédologie*, Paris, v. 19, n. 4, p. 309-321. 1982.
- BOUMA, J. 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. In STEWART, B. A. (ed.) *Advances in Soil Science*, 9:177-213.
- BURROUGH, P. A. 1995. Spatial aspects of ecological data. In JONGMAN, R. H. G.; ter BRAAK, C. J. F. & van TONGEREN, O. F. R. (eds.). *Data analysis in community and landscape ecology*. Reino Unido, Cambridge University Press.
- CAMARGO, O.A. de; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: IAC, 1986. 94 p. (IAC. Boletim Técnico, 106).
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; COSCIONE, A.R.; ANDRADE, J.C. de. Determinação de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis em extrato de cloreto de potássio. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001, cap. 13, p. 213-224.
- CASTRO, S.S.; COOPER, M.; SANTOS, M.C.; VIDAL TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. *Tópicos em Ciência do Solo*, Viçosa, v. 3, p. 107-164, 2003.
- CLARK, D.B.; PALMER M.W.; CLARK, D.A. Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical rain forest trees. *Ecology*, Brooklyn, v. 80, n. 8. p. 2662-2675, dec.1999.
- COOPER, M. Influência das condições físico-hídricas nas transformações estruturais entre horizontes B latossólico e B textural sobre diabásio. 1999. 127 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, p. 191-192, 2000.
- ELRICK, D.E.; REYNOLDS, W.D.; TAN, K.A. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. *Ground Water Monitoring Review*, Worthington, v. 9, p. 184-193, 1989.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Serviço de Produção de Informação; Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Embrapa Solos, 1999. 412 p.





- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Natural Resources Conservation Service. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Second Edition. Washington, DC.1999. 869p.
- GANDOLFI, S., LEITÃO FILHO, H.F. & BEZERRA, C.L.F. 1995. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Revista Brasileira de Biologia* 55:753-767.
- GEE, G.W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C. (Ed.) *Methods of soil analysis: Part 4 - Physical methods*. 3rd ed. Madison: SSSA, 2002. p. 255-293. (SSSA. Book Series, 5).
- GLINKA, K. 1914. Dokutschajeff Kartographie der russischen Böden. In *Die Typen der Bodenbildung, ihre Klassifikation und geographische Verbreitung*, Gebrüder Borntraeger, Berlin, pp. 1-9.
- GOMES, J.B.V.; CURI, N.; MOTTA, P.E.F; KER, J.C.; MARQUES, J.J.G.S.M.; SCHULZE, D.G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 137-153, jan.-fev. 2004.
- HALLAIRE, V.; COINTEPAS, J.P. Caractérisation de la macroporosité d'un sol de verger par analyse d'image. *Agronomie*, Paris, v. 13, p. 155-164, 1993.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F.(Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. 1.reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; FAPESP, 2004. p. 249-269.
- KIEHL, E.J. *Manual de edafologia: Relações solo-planta*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 264 p.
- KIM, K.C.; BENSON, C.H. Water content reflectometer calibrations for final cover soils. *GeoEngineering Report*, Madison, n.02-12, nov. 2002. 111p.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: \_\_\_\_\_ (Ed.) *Methods of soil analysis: Part 1 - Physical and mineralogical methods*. 2nd ed. Madison: SSSA, 1986, cap. 26, p. 635-662. (SSSA. *Agronomy*, 9, part 1).
- LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 4.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83 p.
- LIBARDI, P.L. *Dinâmica da água no solo*. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ, USP, 1995. 497p.
- MEKARU, T.; UEHARA, G. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. . *Soil Science Society of America Proceedings*, Ann Arbor, v. 36, p. 296-300, 1972.
- MERMUT, A.R. *Introduction to soil micromorphology*. Saskatoon: University of Saskatchewan, Department of Soil Science, 1992. 115p.
- METZGER, J.P., BERNACCI, L.C. & GOLDENBERG, R. 1997. Pattern of tree species diversity in riparian forest fragments of different widths (SE Brazil). *Plant Ecology* 133: 135-152.
- MORAN, C.J.; KOPPI, A.J.; MURPHY, B.W.; McBRATNEY, A.B. Comparison of the macropore structure of a sandy loam surface soil horizon subjected to two tillage treatments. *Soil and Use Management*, Wallingford, v. 4, n. 3, p. 96-102, sep. 1988.
- MURPHY, C.P. *Thin section preparation of soils and sediments*. Berkhamsted: A.B. Academic Publishers, 1986. 149p.
- MURPHY, C.P.; BULLOCK, P.; TURNER, R.H. The measurement and characterization of voids in soil thin sections by image analysis. Part I. Principles and techniques. *Journal of Soil Science*, Oxford, v. 28, p. 498-508, 1977.



- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.T.K.; CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- OLIVEIRA, R.S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E.A.; PINTO, F.; KLINK, C.A.; NEPSTAD, D.C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. *Functional Ecology*, Oxford, v. 19, p. 574–581, 2005.
- p. 173-180.
- PAGLIAI, M.; LA MARCA, M.; LUCAMANTE, G. Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage. *Journal of Soil Science*, Oxford, v. 34, p. 391-403, 1983.
- PAGLIAI, M.; LA MARCA, M.; LUCAMANTE, G.; GENOVESE, L. Effects of zero and conventional tillage on the length and irregularity of elongated pores in a clay loam soil under viticulture. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 4, p. 433-444, 1984.
- PHILIPS, J.D.; GARES, P.A.; SLATTERY, M.C. Agricultural soil redistribution and landscape complexity. *Landscape Ecology*, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 197-211, apr. 1999.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001, cap. 10,
- QUESADA, C.A.; MIRANDA, A.C.; HODNETT, M.G.; SANTOS, A.J.B.; MIRANDA, H.S.; BREYER, L.M. Seasonal and depth variation of soil moisture in a burned open savanna (campo sujo) in central Brazil. *Ecological Applications*, Washington, v. 14, n. 4, Supplement, p. 33–41, 2004.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001, cap. 11, p. 189-199.
- REYNOLDS, W.D.; ELRICK, D.E. A method for simultaneous in situ measurement in the vadose zone field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the conductivity-pressure head relationship. *Ground Water Monitoring Review*, Worthington, v. 6, p. 84-95, 1986.
- RINGROSE-VOASE, A.J.; BULLOCK, P. The automatic recognition and measurement of soil pore types by image analysis and computer programs. *Journal of Soil Science*, Oxford, v. 35, p. 673-684, 1984.
- RODRIGUES, R. R. & GANDOLFI, S. 2004. Conceitos, Tendências e Ações para a Recuperação de Florestas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO H. F. (coords). 2004. *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. EDUSP/FAPESP, p. 235-248.
- RODRIGUES, R.R. & SHEPHERD, G.J. 2004. Fatores condicionadores de matas ciliares. In *Matas Ciliares: uma abordagem multidisciplinar* (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão-Filho, eds.). EDUSP, São Paulo (no prelo).
- RODRIGUES, R.R. Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes. Piracicaba: LERF, ESALQ, USP, set. 2003. Relatório Científico II (Período 01/10/2002 - 30/09/2003) do processo FAPESP 1999/09635-0. Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/relatorio2.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2004.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Ed.) *Recuperação de Áreas Degradadas*. Viçosa: Departamento de Solos, UFV; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 203-215.
- RUGGIERO, P.G.C.; BATALHA, M.A.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology*, Dordrecht, v. 160, p. 1-16, 2002.



- SABATIER, D.; GRIMALDI, M.; PRÉVOST, M.-F.; GUILLAUME, J.; GODRON, M.; DOSSO, M.; CURMI, P. The influence of soil cover organization on the floristic and structural heterogeneity of a Guianan rain forest. *Plant Ecology*, Dordrecht, v. 131, p. 81-108, 1997.
- SEYFRIED, M.S.; MURDOCK, M.D. Response of a new soil water sensor to variable soil, water content, and temperature. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 65, n. 1, p. 28-34, 2001.
- SZTUTMAN, M. & RODRIGUES, R.R. 2002. O mosaico vegetacional numa área de floresta contínua da planície litorânea, Parque Estadual da Campina do Encantado, Parquera-Açu, SP. *Revista Brasil. Bot.* 25 (2):161-176.
- TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. 1998. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 22:217-223.
- TERSTEEGE, H.; JETTEN, V.G.; POLAK, A.M.; WERGER, M.J.A. Tropical rain-forest types and soil factors in a watershed area in Guyana. *Journal of Vegetation Science*, Uppsala, v. 4, n. 5, p. 705-716, sep. 1993.
- VAN DIEPEN, C.A.; VAN KEULEN, H.; WOLF, J. & BERKHOUT, J. A. A. 1991. Land evaluation: from intuition to quantification. In STEWART, B. A. (ed.) *Advances in Soil Science*. Nova Iorque, Springer, pp. 139-204.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.
- VIEIRA, S.R. Permeâmetro: novo aliado na avaliação de manejo do solo. *O Agrônomo*, Campinas, v. 47-50, p. 32-33, 1995/1998.



## PARTE III – A VEGETAÇÃO

<b>1. FITOGEOGRAFIA .....</b>	<b>2</b>
1.1. PARQUE ESTADUAL DA ILHA DO CARDOSO.....	3
1.2. PARQUE ESTADUAL DE CARLOS BOTELHO .....	4
1.3. ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CAETETUS .....	4
1.4. ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ASSIS .....	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12
<b>2. FLORA.....</b>	<b>16</b>
2.1. PARQUE ESTADUAL DA ILHA DO CARDOSO.....	17
2.1.1. <i>Espécies Arbóreas amostradas em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso .....</i>	<i>17</i>
2.1.2. <i>Epífitos amostrados na Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso .....</i>	<i>21</i>
2.2. PARQUE ESTADUAL DE CARLOS BOTELHO .....	23
2.2.1. <i>Espécies Arbóreas amostradas em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana, no Parque Estadual de Carlos Botelho.....</i>	<i>23</i>
2.2.2. <i>Epífitos amostrados na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana, no Parque Estadual de Carlos Botelho .....</i>	<i>28</i>
2.2.3. <i>Lianas lenhosas amostradas na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana, no Parque Estadual de Carlos Botelho .....</i>	<i>31</i>
2.3. ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CAETETUS .....	2
2.3.1. <i>Espécies Arbóreas amostradas em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual, na Estação Ecológica de Caetetus .....</i>	<i>2</i>
2.3.2. <i>Epífitos amostrados na Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual, na Estação Ecológica de Caetetus.....</i>	<i>3</i>
2.3.3. <i>Lianas lenhosas de uma Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus.....</i>	<i>4</i>
2.4. ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ASSIS .....	2
2.4.1. <i>Espécies Arbóreas amostradas em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Cerradão, na Estação Ecológica de Assis.....</i>	<i>2</i>
2.4.2. <i>Epífitos amostrados em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Cerradão, na Estação Ecológica de Assis .....</i>	<i>4</i>
AGRADECIMENTOS:.....	5
<b>3. FITOSSOCIOLOGIA .....</b>	<b>55</b>
3.1. METODOLOGIA .....	55
3.2. RESULTADOS .....	56
3.2.1. <i>Parcela Permanente de Floresta de Restinga de Parque Estadual da Ilha do Cardoso</i>	<i>56</i>
3.2.2. <i>Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Submontana do Parque Estadual de Carlos Botelho .....</i>	<i>63</i>
3.2.3. <i>Parcela Permanente da Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus.....</i>	<i>70</i>
3.2.4. <i>Parcela Permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis .....</i>	<i>76</i>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81



# 1. Fitogeografia

Daniela Sampaio

Geraldo A.D.C. Franco

Giselda Durigan

Maria Teresa Zugliani

Natália Macedo Ivanauskas

No espaço geográfico do Estado de São Paulo restam hoje remanescentes florestais pertencentes a pelo menos quatro grandes tipos de vegetação (Eiten 1970): a Floresta da Restinga, a Floresta da Encosta da Serra do Mar, a Floresta Semidecídua do Planalto e o Cerradão. Isso se deve às características fisiográficas do Estado, que possibilitaram o encontro de vários fluxos vegetacionais, com diferentes rotas migratórias, oriundos das mais diversas formações florestais ocorrentes no seu entorno (Giulietti 1992, Prado & Gibbs 1993, Ivanauskas & Rodrigues 2000).

Estes tipos de vegetação, apesar dos vários níveis de inter-relação e sobreposição, apresentam flora e fauna próprias, e particularidades no processo de degradação e fragmentação. Cada uma destas unidades ocorre, aparentemente, num ambiente condicionado por fatores abióticos que determinam uma estrutura e composição florística particular.

A Floresta da Restinga ocupa uma região de depósitos arenosos relativamente recentes, e que recebem a influência fluvial e marinha (Ribeiro et al. 1994). Os solos arenosos ou pantanosos são ácidos e de baixa fertilidade, caracterizados pela movimentação e pelas flutuações sazonais do lençol freático (Giulietti 1992, Cesar & Monteiro 1995).

A Floresta de Encosta da Serra do Mar tem seu posicionamento ligado ao relevo, à umidade e à pluviosidade (Giulietti 1992). Para Camargo et al. (1972), o alto teor de umidade, o calor e a abundância de água são os responsáveis pelas folhas perenes desta formação. No entanto, vários autores apontam diferenças na composição das espécies e na estrutura florestal de acordo com a altitude. Estas diferenças são atribuídas a um gradiente climático, envolvendo fatores como temperatura, precipitação, umidade atmosférica, radiação solar e frequência de geadas (Camargo et al. 1972, Leitão-Filho 1982, Sanchez 2000), ou a variações no substrato relacionadas à profundidade e fertilidade do solo (Meira Neto et al. 1989, Leitão Filho et al. 1993).

Já a Floresta Semidecídua do Planalto diferencia-se da Floresta de Encosta da Serra do Mar principalmente por ocorrer em áreas de menor umidade e sujeita a invernos secos e mais frios, o que causaria a queda foliar característica (Leitão Filho 1982, Giulietti 1992). Esta floresta expande-se para a região de domínio do Cerrado, onde restringe-se às linhas de drenagem, e são popularmente conhecidas como Florestas de Galeria.



O Cerradão, da mesma forma que a Floresta Semidecídua do Planalto, ocorre em climas com uma marcada diferenciação entre os períodos chuvosos (6-7 meses) e secos (6-5 meses), sendo que os meses mais secos (junho a agosto) coincidem também com os mais frios. A vegetação está associada a esse clima sazonal e ao tipo de solo, que é composto principalmente por latossolos de baixa fertilidade, com pH ácido, abundância de alumínio e freqüente presença de laterita (Giulietti 1992).

Para Coral (1991), o gradiente fisionômico do Cerradão até a Floresta Estacional ocorre num curto espaço, sugerindo que fatores edáficos sejam responsáveis por essas mudanças. Aparentemente, a profundidade do solo, a porosidade e a baixa capacidade de retenção de água no solo seriam impedimentos ao desenvolvimento da Floresta Semidecídua em favor do Cerradão (Veloso 1948). A Floresta Semidecídua, por sua vez, estaria restrita a solos com maior teor de argila, umidade e saturação por bases trocáveis (Ruggiero 2000).

Em síntese, as formações florestais paulistas parecem ser determinadas pelo clima, especialmente a temperatura e a precipitação; pela água, através da umidade atmosférica e aquela disponível no solo; e pelo substrato sobre o qual se desenvolvem (fatores edáficos). Estes determinantes, por sua vez, são influenciados por fatores como altitude e relevo.

### **1.1. Parque Estadual da Ilha do Cardoso**

O trecho de restinga estudado pelo Projeto Parcelas Permanentes está alocado no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, município de Cananéia, litoral Sul do Estado de São Paulo.

O termo restinga é aplicado no sentido geomorfológico para designar uma região de planície litorânea formada por sedimentos de origem marinha, entretanto, este termo também é utilizado para nomear a vegetação que cresce sobre este tipo de solo.

O ecossistema de restinga está associado ao Bioma Mata Atlântica, e apresenta um conjunto bastante diversificado de vegetações, que reflete a influência das condições do solo (como os teores de matéria orgânica e de nutrientes, a salinidade, a mobilidade do substrato, a topografia e a profundidade do lençol freático) como fatores que determinam a fisionomia da vegetação que ocupa os diversos ambientes de restinga.

Do ponto de vista geológico, os ambientes de restinga são muito recentes, apresentando idade aproximada de 8 mil anos. Nos locais de formação mais recente, como nas dunas próximas ao mar, podem-se encontrar espécies pioneiras típicas da restinga herbácea que são capazes de colonizar o substrato que se encontra em movimento permanente, e também espécies que são adaptadas à maior incidência de luz no solo. Em locais de deposição mais antiga de sedimentos, o solo da restinga pode apresentar-se rico em matéria orgânica e com uma vegetação arbórea bem estruturada, tendo árvores que chegam a alcançar 12 a 30 metros de altura. Portanto, a



complexidade das formações vegetais na restinga, aumenta a partir da praia em direção ao interior da planície costeira.

## **1.2. Parque Estadual de Carlos Botelho**

A Floresta Ombrófila Densa ocorre no Estado de São Paulo em toda a Província Costeira, com penetrações mais para o interior em direção ao Planalto Atlântico, onde se encontra com a Floresta Estacional (Ivanauskas 2000). Veloso & Góes-Filho (1982) subdividiram a Floresta Ombrófila Densa em cinco formações, obedecendo a uma hierarquia topográfica e fisionômica, de acordo com as estruturas florestais que apresentavam: Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Montana, Submontana, Terras Baixas e Aluvial.

O PECB situa-se na Serra de Paranapiacaba, abaixo da latitude de 24°00' S e apresenta altitudes que variam de 30 a 1003m. Com essas características, podem ser encontradas no Parque a Floresta Ombrófila Densa Montana (400-1000m de altitude) e Submontana (30-400m de altitude). A parcela permanente de floresta atlântica, dentro do projeto temático "40ha de Parcelas Permanentes", encontra-se nesta última formação (cota de 300m).

Ambas as formações são florestas sujeitas à pluviosidade e umidade relativa do ar mais elevada quando comparada às florestas interioranas do Planalto Atlântico. Essa condição ambiental permite o desenvolvimento de uma floresta alta, com dossel de 25-30m de altura mas que, em função da topografia acidentada, não permite que as copas se toquem formando um dossel contínuo, permitindo assim a penetração da luz (Joly et al. 1991). A alta umidade relativa do ar e o porte da floresta permitem o desenvolvimento de uma rica flora de epífitas, contribuindo para a sua beleza cênica.

O primeiro trabalho sobre a vegetação do Parque foi realizado na década de 1960, com a finalidade de determinar o potencial madeireiro (Heinsdijk & Campos, 1967). Na década de 1980 tiveram início os estudos voltados para a composição florística e metodologias de avaliação da estrutura da comunidade arbórea (Negreiros 1983; Dias et.al. 1986, 1989, 1995 e 2000; Negreiros et al. 1990 e 1995; Custódio Filho et al. 1992; Dias 1993). Estudos recentes, além de dar continuidade ao desenvolvimento de técnicas de amostragem da floresta atlântica, visam determinar variações na flora e estrutura da comunidade florestal em diferentes faixas altitudinais (Dias 2005, Custódio Filho 2002 e Aguiar 2003).

## **1.3. Estação Ecológica de Caetetus**

A floresta existente na Estação Ecológica dos Caetetus constitui-se em um dos mais significativos remanescentes da grande floresta que revestia quase todo o interior do Estado de São Paulo, parte de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás, oeste do Paraná e Santa Catarina, estendendo-se até o Rio Grande do Sul, Paraguai e Argentina. Essa formação florestal



tem recebido várias denominações, como Floresta Latifoliada da Bacia do Paraná-Uruguaí (Veloso, 1962), Matas Sub-tropicais do Leste e Sul do Brasil (Hueck, 1972) e Mata Atlântica de Interior (Rizzini, 1979). Rizzini (1963) usa a denominação Floresta Mesófila Semidecídua. Leitão Filho (1982) classifica-a como mata de planalto ou Floresta Latifoliada Semicaducifólia e Eiten (1983) a considera como Floresta Atlântica, enquadrando-a em uma subdivisão descrita como Floresta Tropical Latifoliada Mesofítica Perenifólia de Terra Firme. No mapa de vegetação do Brasil, elaborado pelo IBGE (1988), a vegetação florestal dessa região corresponde à Floresta Estacional Semidecidual, considerada mais recentemente como uma das tipologias florestais da Mata Atlântica sensu lato (Joly et al. 1999; Oliveira Filho & Fontes 2000).

Essa floresta, provavelmente, é parte do ecossistema mais devastado no Brasil, por estar localizada nas regiões mais desenvolvidas e densamente povoadas e por, geralmente, associar-se a solos de fertilidade média a alta, os mais procurados para expansão da fronteira agropecuária. As espécies de madeiras nobres mais conhecidas e mais utilizadas no Brasil no início do século XX eram quase todas provenientes dessas florestas, incluindo o cedro, a peroba, a cabreúva, os ipês, o pau-marfim, o jequitibá, o guarantã, o amendoim e muitas outras.

A Estação Ecológica dos Caetetus guarda uma boa amostra do ecossistema original, reunindo populações dessas e de muitas outras espécies, umas mais outras menos conhecidas e valiosas, assegurando a sua preservação para fins científicos e para a produção de sementes e a multiplicação das espécies.

Embora essa Unidade de Conservação não tenha sido alvo de perturbações intensas nas últimas décadas, existem relatos de que os trechos de floresta situados nas partes mais altas do terreno foram alvo de exploração seletiva no passado, explicando a elevada concentração de espécies iniciais da sucessão nesses trechos de topo, além é claro dos efeitos de borda dessa floresta, devido à maior proximidade destes trechos com os limites da Estação. Por outro lado, os baixios apresentam-se mais conservados devido às dificuldades de acesso para exploração seletiva nestes trechos.

A vegetação dessa Unidade de Conservação constitui-se de um complexo mosaico de fisionomias vegetais, representadas por vegetação na condição ribeirinha, formações herbáceas e florestais nas áreas de nascentes e florestas nas encostas íngremes e nas áreas de interflúvio, fazendo limites com cerradões. Estas variações são associadas às condições ambientais (topográficas, edáficas e disponibilidade hídrica no solo) e também condicionadas por manchas em diferentes estádios sucessionais e efeitos de borda (Franco 2002). Este mosaico gera uma elevada diversidade beta, conforme mencionado por Durigan et al. (2000).

Através do mapeamento da vegetação realizado com base na fotointerpretação de fotografias aéreas verticais (utilizando-se dos elementos da imagem fotográfica como cor, tonalidade, textura, forma, dimensão e convergência de evidências), correlacionadas aos





parâmetros de campo, (porte, densidade e estrutura da vegetação), é possível distinguir 12 unidades fisionômicas apresentadas na Figura 1, diferenciadas através de porte, densidade, caracteres especiais, condições de preservação e condições ecológicas.

A vegetação que parece estar mais próxima do clímax, com aparente equilíbrio entre formas de vida, apresenta componente arbóreo denso, em ótimo estado de preservação. Apresenta alta densidade em todos os estratos, com pioneiras, lianas e bambus praticamente ausentes. No outro extremo encontra-se estrato arbóreo baixo e esparso, com alto índice de perturbação, predominando espécies pioneiras, lianas, touceiras esparsas de bambus, sub-bosque abundante e diversificado.

As áreas assoreadas encontram-se em fase ativa de acúmulo de sedimentos oriundos das cabeceiras dos rios, exteriores aos limites da Estação. Nessas áreas a vegetação se encontra em estágio inicial de sucessão, com muitas gramíneas altas (algumas exóticas) e muitas árvores mortas por soterramento da base.

Nas áreas com solo permanentemente úmido, às margens dos rios, onde são freqüentes palmitos, encontram-se também algumas espécies exclusivas, como *Calophyllum brasiliense*, *Talauma ovata*, *Dendropanax cuneatum* e *Alsophylla sternbergii*. Nos pontos mais altos do relevo, onde o solo é mais ácido, mais arenoso e menos fértil, verifica-se a ocorrência de algumas espécies de cerrado, como *Gochnatia polymorpha* e *Machaerium brasiliense*. Nas partes mais baixas do relevo, em solos mais férteis e menos ácidos, ocorrem algumas espécies indicadoras de solos férteis, como o pau d'alho (*Gallesia integrifolia*) e a flor roxa (*Bougainvillea glabra*).

A Estação apresenta uma faixa, de largura variável, com vegetação bastante perturbada, uma vez que sofre influência direta dos fatores antrópicos e climáticos das áreas de entorno (efeito de borda).

Nas faces norte e leste ocorre vegetação arbórea de pequeno porte, em estágio inicial de sucessão secundária, com predominância de jacarés (*Piptadenia gonoacantha*), capixinguis (*Croton floribundus*), tamanqueiras (*Aegiphyla sellowiana*) e grande proliferação de lianas e bambus (face oeste), que dificultam a sobrevivência e o desenvolvimento das árvores e o processo de regeneração natural das espécies arbóreas de estágios mais avançados de sucessão. Nas áreas com predomínio de bambus, após o florescimento simultâneo em 1995, todas as plantas adultas secaram, formando grandes clareiras, onde o processo de dinâmica de regeneração dos bambus e das espécies arbóreas deve ser avaliado.

Além do Projeto Parcelas Permanentes, outros trabalhos contemplando diversos aspectos da vegetação como composição e estrutura (Durigan et al. 2000, Franco 2002, Gorenstein 2002, Rocha 2003), dinâmica (Chagas 2006) e regeneração após impactos por incêndio (Durigan et al., em andamento) em diferentes trechos da Unidade de Conservação, têm produzido conhecimento de campo que, em associação com as informações obtidas por fotointerpretação, possibilita uma



compreensão relativamente ampla da variação das características da vegetação nos domínios da Estação Ecológica.

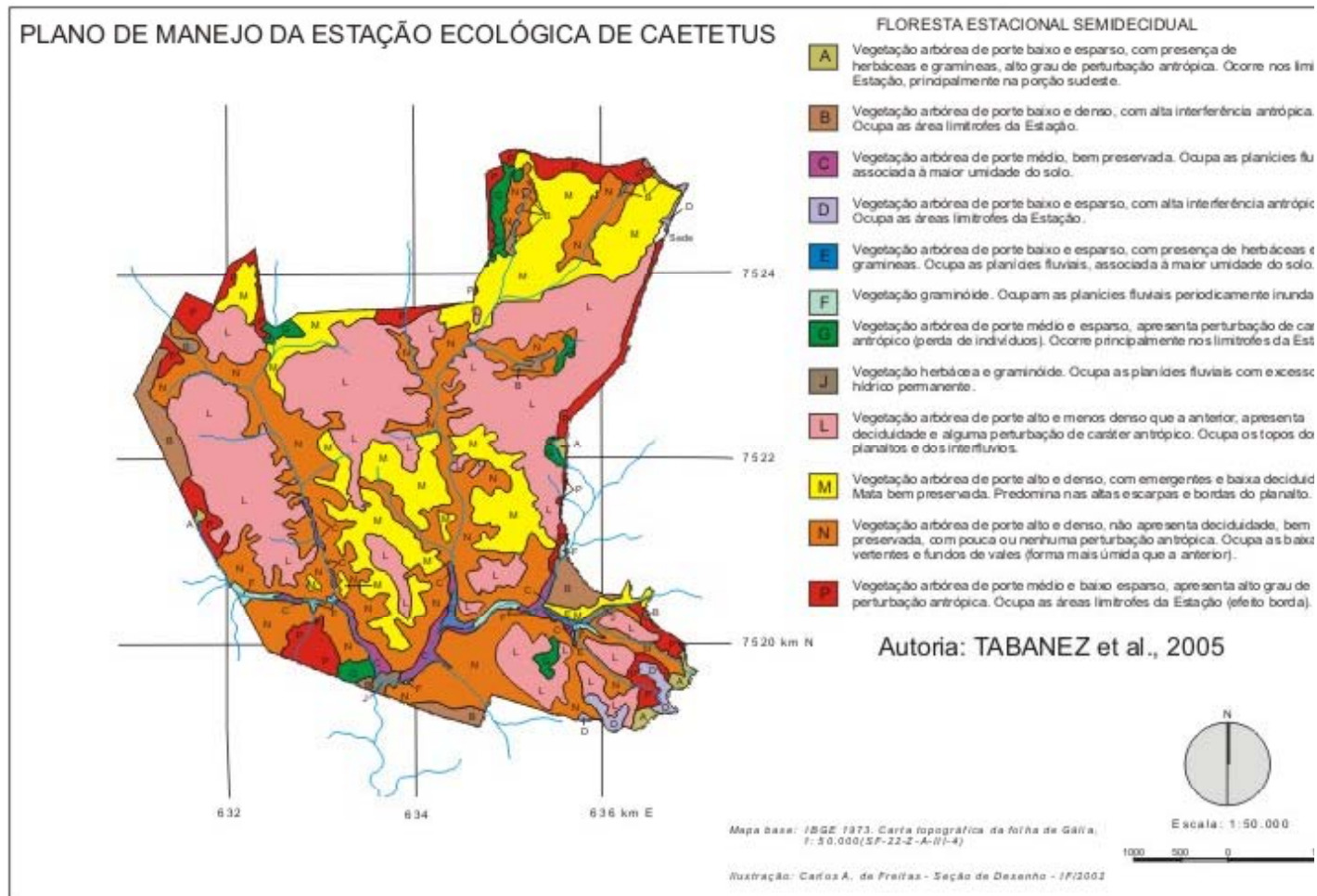


Figura 1. Tipos de vegetação existentes na Estação Ecológica de Caetetus, SP



## **1.4. Estação Ecológica de Assis**

Com base na análise das primeiras fotografias aéreas disponíveis do município de Assis, de 1962, constata-se que, naquela época, predominavam as fisionomias abertas de Cerrado na Estação Ecológica, sendo que a fisionomia florestal, com espécies arbóreas, ocupava a menor parte do terreno.

Uma vez protegida contra incêndios, a vegetação vem passando por um processo contínuo de adensamento, com aumento de cobertura e biomassa, comprovados por estudo da evolução da mata ciliar (Giampietro 2005), no interior da unidade. Além de registrar o aumento de biomassa, esse estudo constatou que vem aumentando o porte, diminuindo a densidade das árvores e aumentando a diversidade florística, com entrada, na comunidade, de espécies comuns em florestas estacionais da região.

Durante as atividades de projeto de pesquisa recente, visando à quantificação da biomassa de árvores do cerradão na Floresta Estadual de Assis (Melo et al., 2005), foi possível efetuar também a contagem de anéis de crescimento e, assim, estimar a idade das árvores arrancadas. Constatou-se que as árvores maiores, cujos diâmetros do tronco à altura do peito raramente atingem 40cm, têm ao redor de 40 anos de idade, sugerindo que a vegetação como um todo é muito jovem, certamente ainda em processo de regeneração, rumo a uma comunidade final difícil de ser prevista, quanto às características florísticas e estruturais.

Esse processo de adensamento já havia sido documentado em outro remanescente de cerrado bastante próximo, na Floresta Estadual de Assis (Durigan et al, 1987 e Durigan & Ratter, 2005), e em outras áreas no Estado de São Paulo (Ratter et al., 1988 e Goodland & Ferri, 1979). Ao que parece, mediante a proibição do uso do fogo em áreas de cerrado no Estado de São Paulo, há uma tendência generalizada de upgrade fisionômico, que deverá culminar com forte redução das áreas com fisionomias campestres e aumento das áreas de cerradão, além de transformações importantes na composição florística das zonas ecotonais entre o Cerradão e a Floresta Estacional Semidecidual (Ratter & Durigan, 2005).

Na Figura 2 são apresentadas as diferentes categorias de vegetação hoje existentes dentro dos novos limites da Estação, mapeadas com base em fotografias aéreas de 1994 e imagem de satélite de 2003, apoiadas em checagens de campo.

Na Estação Ecológica de Assis houve dois episódios de incêndios nos últimos 20 anos: queima, em agosto de 1995, de cerca de 50ha na parte central da face leste, hoje coberta por cerrado denso, e de cerca de 10ha, em outubro de 2004, na face noroeste.

A parcela permanente de cerradão, dentro do projeto temático “40ha de Parcelas Permanentes”, encontra-se na fisionomia descrita na Fig. 2 como Cerradão maduro, estrato arbóreo contínuo, com altura do dossel de 12m.



A vegetação dentro dos limites da Estação Ecológica de Assis vem sendo estudada há cerca de duas décadas, existindo uma coleção Botânica na Floresta Estadual de Assis que guarda os espécimes já coletados nesses fragmentos naturais. Desses estudos resultaram algumas publicações com abordagens distintas, além é claro da abordagem desse projeto temático “40ha de Parcelas Permanentes”, como Durigan & Leitão Filho (1995), que estudaram a composição e a estrutura do estrato arbóreo da mata ciliar, comparando-a com matas ciliares inseridas em domínio florestal na região, concluindo que, dentro do cerrado, a vegetação que acompanha os córregos tem praticamente o dobro da densidade, menor área basal, menor altura do dossel e menor riqueza e diversidade, em comparação com as matas ciliares em regiões florestais;

Durigan et al (1999) que realizaram inventário florístico na Estação Ecológica de Assis e relacionaram 486 espécies, sendo 219 arbóreas, 96 arbustivas, 47 subarbustivas, 64 herbáceas, 55 trepadeiras e cinco palmeiras. Os autores apresentam a época de florescimento e frutificação para a maioria das espécies. Mais recentemente, vem sendo realizado levantamento florístico direcionado para espécies herbáceas e arbustivas, com resultados preliminares já divulgados (Paulino et al., 2005). Esse levantamento tem apontado elevada riqueza florística, especialmente em áreas brejosas da unidade, com diversas espécies de famílias não amostradas antes, como Droseraceae, Eriocaulaceae e Mayacaceae, entre outras.

Segundo Ratter et al. (2003), a Estação Ecológica de Assis é a área de maior riqueza de espécies arbóreas entre as 376 áreas incluídas pelos autores no estudo fitogeográfico dos cerrados de todo o Brasil. Esta alta riqueza está, certamente, relacionada à condição ecotonal, em que elementos dos dois biomas (no caso, Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual) compartilham o espaço, embora aqueles autores tenham excluído das análises as espécies exclusivamente florestais.

Sabe-se hoje que a Estação Ecológica de Assis abriga espécies consideradas ameaçadas de extinção no estado de São Paulo, tais como: *Aiouea trinervis* Meisn., *Aspidosperma macrocarpon* Mart. (peroba-do-campo), *Bowdichia virgilioides* Kunth (sucupira-roxa) e *Dicksonia sellowiana* Hook (xaxim), que aumentam a significância da área para a conservação.

Além dos estudos florísticos, outros estudos têm sido desenvolvidos visando compreender, especialmente, os processos de recuperação da vegetação de cerrado mediante impactos distintos e ao longo do tempo. Nessa linha, Durigan et al. (1997) efetuaram análise comparativa da estrutura e composição florística entre a vegetação de cerradão e área em regeneração após 22 anos de cultivo com *Eucalyptus citriodora*, em uma das áreas recentemente incorporadas à Estação Ecológica. Trata-se de área com parcelas permanentes, que estão sendo objeto de estudos de dinâmica da comunidade após novas amostragens realizadas em 2001 e 2005.

Giampietro (2005) analisou as modificações estruturais e florísticas ocorridas em parcelas permanentes na mata ciliar em um período de 12 anos e, conforme já mencionado anteriormente,

verificou que estão ocorrendo rápidas transformações estruturais e florísticas, com tendência a aumento de diversidade e biomassa do estrato arbóreo.

Brando & Durigan (2004), ao estudarem o impacto da geada sobre a vegetação de cerrado, classificaram 57 espécies quanto à sua suscetibilidade e verificaram que cerca de um ano após o evento a vegetação praticamente recuperara sua estrutura anterior.

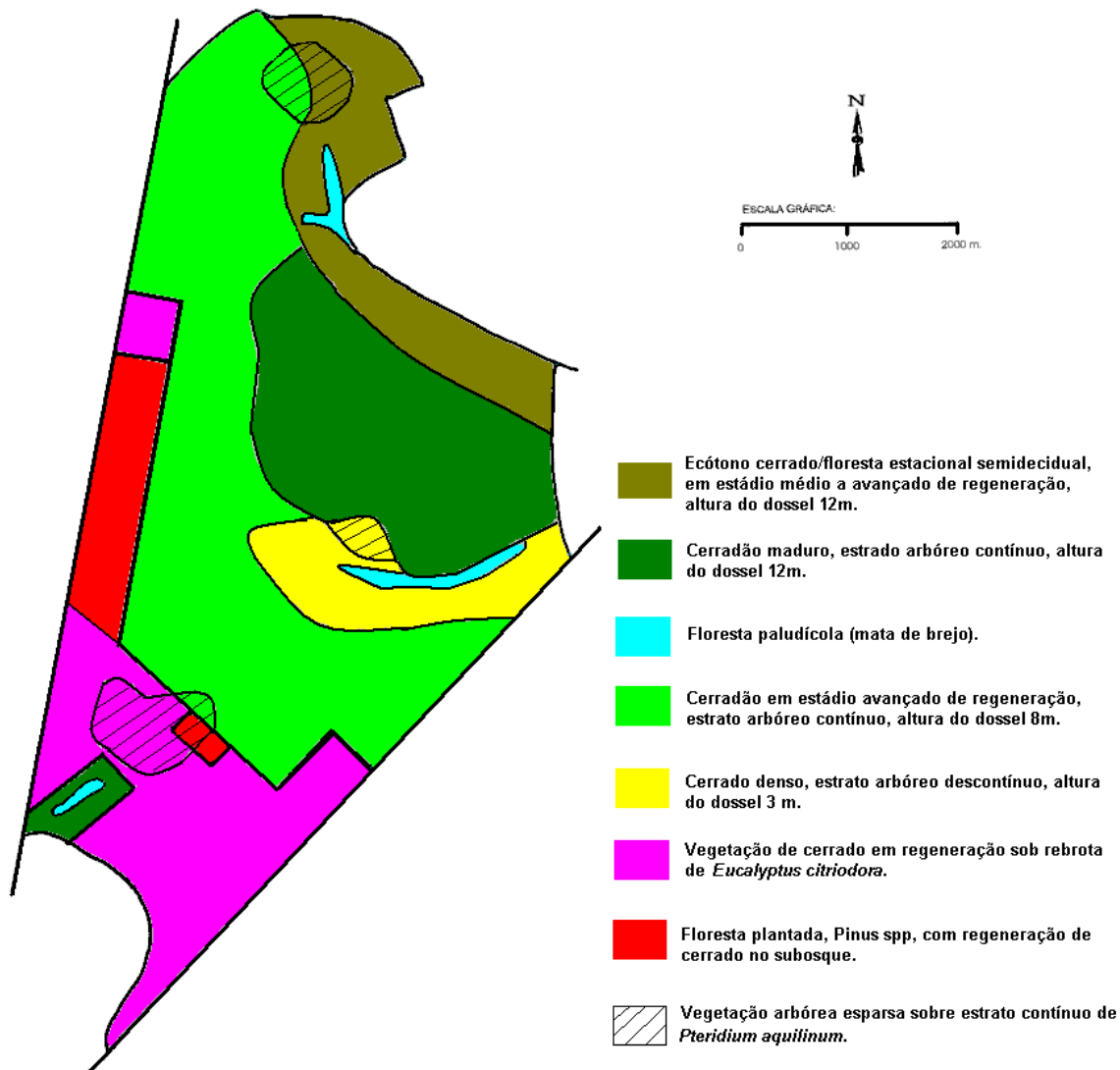


Figura 2. Tipos de vegetação existentes na Estação Ecológica de Assis, SP.



## **Referências bibliográficas**

- Aguiar, O.T. 2003. Comparação entre métodos de quadrantes e parcelas na caracterização da composição florística e fitossociológica de um trecho de Floresta Ombrófila Densa no "Parque Estadual de Carlos Botelho" – São Miguel Arcanjo, São Paulo. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 137p.
- Behling, H.1998. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99(2), 143.
- Bognola, I.A.; Prado, H.; Menk, J.R.F.; Joaquim, A.C. & Lepsch, I.F. 2003. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Assis. II. Memorial Descritivo. Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Boletim Científico 8, 54p.
- Brando, P. M. and Durigan, G. 2004. , Changes in cerrado vegetation after disturbance by frost (São Paulo State, Brazil), *Plant Ecology*, 175:205-215.
- Brannstrom, C. & Oliveira, A.M.S. (2000). Human modification of stream valleys in the western plateau of São Paulo, Brazil: implications for environmental narratives and management. *Land Degradation & Development*, 11:535-548.
- Camargo, M.N.; Klant, E. & Kauffman, J.H. 1987. Classificação dos solos usada em levantamento pedológico no Brasil. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 12(1):11-33.
- Chagas, R. K. 2006. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecídua num município de Gália São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, USP.
- Custódio Filho, A. 2002. A Floresta Ombrófila Densa em diferentes altitudes no Parque Estadual de Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- CUSTÓDIO FILHO, A.; FRANCO, G.A.D.C.; DIAS, A.C.; NEGREIROS, O.C. Composição florística do estrato arbóreo do Parque Estadual de Carlos Botelho, SP. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, vol. 4, n. 1, p. 184-191, 1992.
- Dean, W. 1996. A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira. São Paulo: companhia das Letras. 484p.
- Dias, A.C. ; Custódio Filho, A. ; Franco, G.A.D.C. 2000. Diversidade do componente arbóreo em um trecho de floresta secundária, Parque Estadual de Carlos Botelho, SP. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, vol. 12, n. 2, p. 127-153.
- Dias, A.C. ; Custódio Filho, A. ; Franco, G.A.D.C.; Couto, H.T.Z. 1995. Estrutura do componente arbóreo em um trecho de floresta secundária, Parque Estadual de Carlos Botelho, SP. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, vol. 7, n. 2, p. 125-155.
- DIAS, A.C. 1993. Estrutura e diversidade do componente arbóreo e a regeneração do palmito (*Euterpe edulis*) em um trecho de mata secundária, no Parque Estadual de Carlos Botelho, SP. 1993. 126f. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Dias, A.C. 2005. Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual de Carlos Botelho/SP-Brasil. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Dias, A.C.; Negreiros, O.C.; Veiga, A.A.; Couto, H.T.Z. 1986. Um cotejo entre métodos para levantamento fitossociológico no Núcleo Sete Barras do Parque Estadual de Carlos Botelho. *Boletim Técnico do IF 40A.*: 463-480.



- Dias, A.C.; Negreiros, O.C.; Veiga, A.A.; Couto, H.T.Z. 1989. Comparação entre métodos empregados na amostragem de vegetação desenvolvida em comunidade de floresta pluvial tropical. *Revista do Instituto Florestal, São Paulo*, vol. 1, n. 2, p. 93-119.
- Durigan, G. & Ratter, J.A. 2005. Notes on successional changes in cerrado and cerrado-forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. *Edinburgh Journal of Botany* (no prelo).
- Durigan, G., Contieri, W. A., Melo, A.C.G. Incêndio em floresta estacional semidecidual: avaliação de impacto e estudo dos processos de regeneração (em andamento).
- Durigan, G., Saraiva, I. R., Garrido, M. A. O., Garrido, L. M. A. G. & Peche Filho, A. (1987). Fitossociologia e evolução da densidade da vegetação de cerrado em Assis, SP. *Bol. Técn. Inst. Flor.* 41:59-78.
- Durigan, G.; Franco, G.A.D.C.; Pastore, J.A. & Aguiar, O.T. 1997. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. São Paulo, *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 9(1):71-85.
- Durigan, G.; Franco, G.A.D.C.; Saito, M.; Baitello, J.B. 2000. Fitossociologia de três estratos da vegetação arbórea em floresta primária na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 23 (4): 369-381.
- Durigan, G.; Garrido, M.A.O.; Max, J.C.M. & Tabanez, M.F. 1995. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Assis. Instituto Florestal, SMA. (documento não publicado)
- Eiten, G. 1983. Classificação da vegetação do Brasil. Brasília, DF: Conselho Nacional de Pesquisas - CNPq. 305
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos.
- Franco, G. A. D. C. 2002. Florística e fitossociologia de duas unidades do mosaico florestal da Estação Ecológica dos Caetetus – floresta estacional semidecidual, Gália – SP. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba
- Giampietro, R. 2005. Modificações na estrutura e composição florística de matas ciliares na região do Médio Paranapanema (1992-2004). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 118p.
- Goodland, R. & Ferri, M.G. (1979). *Ecologia do cerrado*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia e São Paulo: EDUSP. 193p.
- Gorenstein, M. R. 2002. Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional semidecidual. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz/USP.
- Heinsdijk, D.C. & Campos, J.C.C. 1967. Programa de manejo de florestas de produção estaduais. *Silvicultura em São Paulo*, v.6, p.365-405.
- Hueck, K. 1972. *As florestas da América do Sul*. Brasília, DF: Ed. UnB: Polígono. 466 p.
- IBGE. 1988. Mapa de vegetação do Brasil. Brasília, DF, 1988. Escala 1:50.000.
- IVANAUSKAS, N.M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R.R. Similaridade florística entre áreas de Floresta Atlântica no Estado de São Paulo. *Brazilian Journal of Ecology*, v. 1-2, p. 71-81, 2000.
- Joly, C.A.; Aidar, M.P.M.; Klink, C.A.; McGrath, D.G.; Moreira, A. G; Moutinho, P.; Nepstad, D.C.; Oliveira, A. A.; Pott, A.; Rodal, M.J.N. & Sampaio, E.V.S.B. 1999. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. *Ciência e Cultura* 51(5/6):331-348.





JOLY, C.A.; LEITÃO FILHO, H.F.; SILVA, S.M. O Patrimônio Florístico. In: CORTESÃO, J.; BIGARELLA, J.J.; JOLY, C.A.; LEITÃO FILHO, H.F.; SILVA, S.M.; COIMBRA FILHO, A.F.; CÂMARA, I.B. Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Ed. Index, 1991.

Leitão Filho, H. F. 1982. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas, Campos do Jordão. Anais... São Paulo: UNIPRESS, p. 197-206. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16-A, pt. 1, 1982, Edição especial).

Max, J.C. M. et al. 2002. Plano de Desenvolvimento Sustentável do Entorno da Estação Ecológica de Assis. Fundo Nacional do Meio Ambiente/ FloraVale/ Estação Experimental de Assis.

Max, J.C.M. et al. 2005. Plano de manejo da Floresta Estadual de Assis. IF Série Registros (no prelo).

Melo, A.C.G.; Watzlawick, L. F. & Giselda Durigan. 2005. Distribuição da biomassa entre os diferentes compartimentos das árvores do cerrado. In: Congresso Nacional de Botânica, 56, Curitiba, 09 a 14/10/2005, Resumos, CDRom.

NEGREIROS, O.C. 1983. Características fitossociológicas de uma floresta latifoliada pluviosa tropical visando ao manejo do palmito, *Euterpe edulis* Mart. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Negreiros, O.C.; Custódio Filho, A. ; Dias, A.C; Franco, G.A.D.C.; Couto, H.T.Z; Vieira, M.G.L.; Moura Neto, B.V. 1995. Análise estrutural de um trecho de floresta pluvial tropical - Parque Estadual de Carlos Botelho, Núcleo Sete Barras (SP, Brasil). Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.7, n. 1, p. 01-33.

Negreiros, O.C.; Dias, A.C.; Couto, H.T.Z. 1990. Ajuste de curvas de distribuição diamétrica em uma comunidade de floresta pluvial tropical, no Núcleo Sete Barras do Parque Estadual de Carlos Botelho/ São Paulo. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.2, n. 1, p. 95-114.

Oliveira Filho, A. T. & Fontes, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in south-eastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica* 32(4b): 793-810.

Paulino, J.V., Rossatto, D.R.; Pessine, E.; Toniato, M.T.Z.; Durigan, G. 2005. Levantamento preliminar da flora herbáceo-arbustiva da Estação Ecológica de Assis-SP e considerações sobre sua importância medicinal. In: 56º. Congresso Nacional de Botânica, Curitiba, 09 a 14 de outubro, Resumos, CDRom.

Ponçano, W.L.; Carneiro, C.D.R.; Bistrich, C.A.; Almeida, F.F.M. & Prandini, F.L. 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, v.1 (Publicação IPT 1183, Monografia, 5).

Ratter, J. A., Bridgewater, S. and Ribeiro, J. F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation. III. Comparison of the woody vegetation of 376 areas, *Edinb. J. Bot.* 60, 57-109.

Ratter, J.A., Leitão Filho, H. F., Argent, G., Gibbs, P.E., Semir, J., Shepherd, G. & Tamashiro, J. (1988). Floristic composition and community structure of a southern cerrado area in Brazil. *Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh* 45:137-151.

Rizzini, C. T. 1963. A flora do cerrado; análise florística das savanas centrais. In: FERRI, M. G. (Coord.). Simpósio sobre o cerrado. São Paulo: Edusp p. 127-177.

Rizzini, C. T. 1979. Tratado de fitogeografia do Brasil – aspectos sociológicos e florísticos. São Paulo: Edusp, Hucitec, 1979. v. 2, 374 p.

Rocha, F.T. 2003. Levantamento Florestal na Estação Ecológica dos Caetetus como subsídio para Laudos de Desapropriação Ambiental. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.

Veloso, H. P. 1962. Os grandes climas do Brasil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 60 (2). 175-193.



VELOSO, H.P. & GÓES-FILHO, L. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da vegetação Neotropical. Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL. 1982. 86p. (Série Vegetação)

Willis, E.O. & Oniki, Y. , 1981. Levantamento preliminary de aves em treze áreas do Estado de São Paulo. Ver. Brás. Biol. 41(1):121-135.



## 2. Flora

Vinícius C. Souza  
Alexandre Romariz Duarte  
Ana Paula Savassi Coutinho  
Daniela Sampaio  
Tiago Böer Breier  
Renata Giassi Udulutsch  
Juliana Gastaldello Rando  
Marcelo Antônio de Pinho Ferreira  
Alexandre Adalardo de Oliveira  
João Semir  
Giselda Durigan  
Ricardo Ribeiro Rodrigues

O levantamento das espécies arbóreas com circunferência na altura do peito (CAP) maior ou igual a 15 cm, ocorrentes nos 40,96ha de Parcelas Permanentes, alocadas nas quatro principais formações florestais do Estado de São Paulo (Floresta de Restinga do P.E. da Ilha do Cardoso; Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do P.E. de Carlos Botelho; Floresta Estacional Semidecidual da E.E. de Caetetus e Cerradão ou Savana Florestada da E.E. de Assis) está concluído.

O levantamento das árvores foi baseado no total de indivíduos amostrados nesses 40,96ha, ao passo que no caso das lianas foram sorteadas 50 do total de 256 subparcelas (de 400 m<sup>2</sup>) em cada uma das áreas amostradas, complementado por coletas aleatórias ao longo da área, sendo que para lianas foram amostradas as parcelas permanentes da Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do P.E. de Carlos Botelho e da Floresta Estacional Semidecidual da E.E. de Caetetus. Para os epífitos vasculares o levantamento florístico foi realizado nos quatro tipos florestais, enquanto o quantitativo em 30 sub-parcelas sorteadas das 256 amostradas, totalizando 1,2ha em cada área

A identificação taxonômica desses indivíduos ocorrentes nas parcelas permanentes foi baseada na bibliografia específica para cada grupo e na comparação com espécimes depositados no herbário ESA (Herbário da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz), que conta com um acervo bastante representativo das formações florestais do Estado de São Paulo e que teve nos últimos anos a maioria dos materiais das principais famílias com representantes arbóreos identificados e/ou checados por especialistas (p.ex. Leguminosae, Myrtaceae, Rubiaceae, Moraceae, Meliaceae, Melastomataceae, Lauraceae, Sapotaceae). Também foram feitas, em



alguns casos, comparações com materiais contidos em outros herbários do estado e fora dele, como os Herbários do Instituto de Botânica de São Paulo, do Instituto Florestal, e da UNICAMP (Instituto de Biologia). Os materiais férteis foram depositados no herbário ESA, com duplicatas enviadas ao herbário SPSF, assim como pelo menos um representante de cada espécie.

Paralelamente à identificação taxonômica das espécies em campo, foram obtidas imagens para a elaboração de guias de campo, para serem usados pelos próprios pesquisadores do projeto, inclusive nas remediações futuras e também em trabalhos realizados em outros remanescentes desses mesmos tipos florestais. Já se encontra publicado o Guia de Campo referente à Floresta de Restinga (Sampaio et al. 2005), mas há material suficiente para a publicação das espécies arbóreas das demais áreas, para as epífitas e para as lianas da Floresta Ombrófila Densa e da Floresta Estacional Semidecidual.

Além disso, várias dissertações de mestrado foram realizadas enfocando os levantamentos taxonômicos realizados nestas áreas de parcelas permanentes, incluindo os trabalhos de Duarte (2003), Sampaio (2004), Udulutsch (2004) e Savassi (2005). A tese de doutorado de Breier (2005), embora tenha um cunho ecológico, representou uma importante contribuição para o conhecimento das epífitas das áreas estudadas.

## **2.1. Parque Estadual da Ilha do Cardoso**

### **2.1.1. Espécies Arbóreas amostradas em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso**

Na parcela permanente de Floresta de Restinga, com 10,24ha de área amostrada, foram amostrados 15.527 indivíduos de árvores, distribuídos em 121 espécies, 86 gêneros e 43 famílias botânicas. Dentre essas, 117 foram identificadas até a categoria taxonômica de espécie e quatro até gênero. Também foram registradas 16 novas ocorrências de espécies para a área de estudo (Tabela 1).

As famílias de maior representatividade em número de espécies foram, Myrtaceae (25 espécies), Lauraceae (16 espécies), Myrsinaceae, Arecaceae e Euphorbiaceae (5 espécies cada) (Figura 1). Quando se considera a representatividade da família por número de indivíduos, esta seqüência se altera para Arecaceae (3.202 indivíduos), Myrtaceae (2.554), Lauraceae (1.166), Annonaceae (1.097), Rubiaceae (1.014) (Figura 2). A posição de destaque assumida por Arecaceae, deve-se à grande quantidade de indivíduos de palmito-juçara (*Euterpe edulis*) na área de estudo. Além de *Euterpe edulis* (Arecaceae), outras espécies com grande número de indivíduos na área são, *Xylopia langsdorffiana* (Annonaceae), *Amaioua intermedia* (Rubiaceae), *Schefflera angustissima* (Araliaceae), *Andira anthelmia* (Fabaceae), *Ocotea pulchella* (Lauraceae), *Ternstroemia brasiliensis* (Theaceae) e *Pera glabrata* (Euphorbiaceae) (Figura 3).



Tabela 1. Espécies arbóreas encontradas em uma parcela de 10,24ha em um trecho de restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia - SP (\*novas ocorrências para a área de estudo).

## ANACARDIACEAE

*Tapirira guianensis* Aubl.  
*Matayba guianensis* Aubl.

## ANNONACEAE

*Guatteria australis* A. St.-Hil.  
*Rollinia sericea* (R.E.Fr.) R.E.Fr.  
*Xylopia langsdorffiana* A. St.-Hil. & Tul.  
*Xylopia brasiliensis* (L.) Spreng.\*

## APOCYNACEAE

*Malouetia arborea* (Vell.) Miers \*

## AQUIFOLIACEAE

*Ilex amara* (Vell.) Loes.  
*Ilex theezans* Mart.  
*Ilex pseudobuxus* Reissek \*

## ARALIACEAE

*Schefflera angustissimum* Marchal

## ARECACEAE

*Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Burret  
*Bactris setosa* Mart.  
*Euterpe edulis* Mart.  
*Geonoma schottiana* Mart.  
*Syagrus romanzoffiana* (Cham. in Choris) Glassman

## ASTERACEAE

*Piptocarpha oblonga* Baker

## BIGNONIACEAE

*Jacaranda puberula* Cham.  
*Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC.  
*Tabebuia alba* (Cham.) Sandwith \*

## BORAGINACEAE

*Cordia superba* Cham. \*

## CECROPIACEAE

*Coussapoa microcarpa* (Schott) Rizzini  
*Cecropia glaziovii* Sneathl.

## CELASTRACEAE

*Maytenus robusta* Reissek

## CHLORANTHACEAE

*Hedyosmum brasiliense* Mart. ex. Miq.

## CHRYSOBALANACEAE

*Hirtella hebeclada* Moric. ex DC.

## CLETHRACEAE

*Clethra scabra* Pers.

## CLUSIACEAE

*Clusia criuva* Cambess.  
*Calophyllum brasiliensis* Cambess.  
*Garcinia gardneriana* (Planch. & Triana) D.Zappi

## CUNONIACEAE

*Weinmannia paulliniifolia* Pohl. ex Ser.

## ELAEOCARPACEAE

*Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth.

## ERYTHROXYLACEAE

*Erythroxylum amplifolium* (Mart.) O.E. Schulz

## EUPHORBIACEAE

*Alchornea triplinervia* (Spreng.) Mull. Arg.  
*Aparisthmum cordatum* (A. Juss.) Baill.  
*Croton sphaerogynus* Baill.  
*Pera glabrata* (Schott) Baill.  
*Maprounea guianensis* Aubl.

## FABACEAE

*Andira anthelmia* (Vell.) J. F. Macbr.  
*Hymenolobium janeirenses* Kuhlmann.  
*Ormosia arborea* (Vell.) Harms

## HUMIRIACEAE

*Humiriastrum dentatum* (Casar.) Cuatrec.

## LAURACEAE

*Aiouea saligna* Meisn.  
*Aniba viridis* Mez \*  
*Aniba firmula* (Nees & C. Mart.) Mez  
*Endlicheria paniculata* (Spreng.) J. F. Macbr.  
*Nectandra grandiflora* Nees  
*Nectandra membranacea* (Sw.) Griseb.  
*Nectandra oppositifolia* Ness  
*Ocotea aciphylla* (Ness) Mez  
*Ocotea dispersa* (Ness) Mez  
*Ocotea glaziovii* Mez  
*Ocotea pulchella* (Ness) Mez.  
*Ocotea pulchra* Vattino-Gil  
*Ocotea venulosa* Benth. & Hook.f. \*  
*Ocotea teleiandra* (Meisn.) Mez.  
*Ocotea* sp  
*Persea pyrifolia* (Don) Spreng.

## MALPIGHIACEAE

*Byrsonima ligustrifolia* A. Juss.

## MELASTOMACEAE

*Miconia cubatanensis* Hoehne  
*Miconia chartacea* Triana  
*Miconia saldanhaei* Cogn. \*  
*Tibouchina trichopoda* (DC.) Baill.

## MELIACEAE

*Cabrera canjerana* (Vell.) Mart.  
*Guarea macrophylla* Vahl.

## MIMOSACEAE

*Abarema langsdorffii* (Benth.) Barneby & J. W. Grimes  
*Abarema brachystachya* (DC.) Barneby & J. W. Grimes  
*Balizia pedicellaris* (DC.) Barneby & J. W. Grimes

## MONIMIACEAE

*Mollinedia schottiana* (Spreng.) Perkins  
*Mollinedia boracensis* Peixoto \*

## MORACEAE

*Ficus* sp

## MYRSINACEAE

*Cybianthus peruvianus* (A. DC.) Miq.  
*Rapanea umbellata* (Mart.) Mez  
*Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez



*Rapanea guyanensis* Aubl.

*Rapanea venosa* (A. DC.) Mez \*

## MYRTACEAE

*Blepharocalyx salicifolius* (H. B. K.) O. Berg.

*Calyptranthes concinna* DC.

*Eugenia neoglomerata* Sobral

*Eugenia stigmata* DC.

*Eugenia sulcata* Spring

*Eugenia umbelliflora* O. Berg.

*Gomidesia affinis* (Cambess.) D. Legrand

*Gomidesia fenzliana* O. Berg

*Gomidesia schaueriana* O. Berg

*Marlierea eugeniopsoies* (Legrand & Kausel) D. Legrand \*

*Marlierea racemosa* (Vell.) Kiaersk. \*

*Myrcia bicarinata* (O. Berg) D. Legrand

*Myrcia grandiflora* (O. Berg) D. Legrand

*Myrcia multiflora* (Lam.) DC.

*Myrcia racemosa* (O. Berg) Kiaersk

*Myrcia rostrata* DC.

*Myrcia glabra* (O. Berg) D. Legrand

*Myrcia insularis* Gardner

*Myrcia pubipetala* Miq.

*Myrcia* sp

*Myrceugenia myrcioides* (Cambess.) O. Berg

*Neomitranthes glomerata* (D. Legrand) D. Legrand

*Pimenta* cf. *pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum

*Psidium cattleianum* Sabine

*Siphoneugena guilfoyleiana* C. Proença

## NYCTAGINACEAE

*Guapira opposita* (Vell.) Reitz

## OCHNACEAE

*Ouratea parviflora* (DC.) Baill.

## OLACACEAE

*Heisteria silviani* Schwacke

*Ximenia americana* L.

## OLEACEAE

*Chionanthus filiformis* (Vell.) P. S. Green \*

## PODOCARPACEAE

*Podocarpus sellowii* Klotzsch

## RUBIACEAE

*Alibertia myrcifolia* (Spruce) K. Schum

*Amaioua intermedia* Mart.

*Posoqueria latifolia* (Ludge) Roem. & Schult.

*Psychotria* sp

## SAPINDACEAE

*Matayba guianensis* Aubl. \*

## SAPOTACEAE

*Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard

*Pouteria beaurepairei* (Glaziou & Raunk.) Baehni

*Ecclinusa ramiflora* Mart.

## SOLANACEAE

*Solanum cinnamomeum* Sendtn. \*

## STYRACACEAE

*Styrax glaber* Sw. \*

## SYMPLOCACEAE

*Symplocos laxiflora* Benth.

## THEACEAE

*Gordonia fruticosa* (Schrad) Kobuski

*Ternstroemia brasiliensis* Cambess.

## THYMELAEACEAE

*Daphnopsis racemosa* Taub.

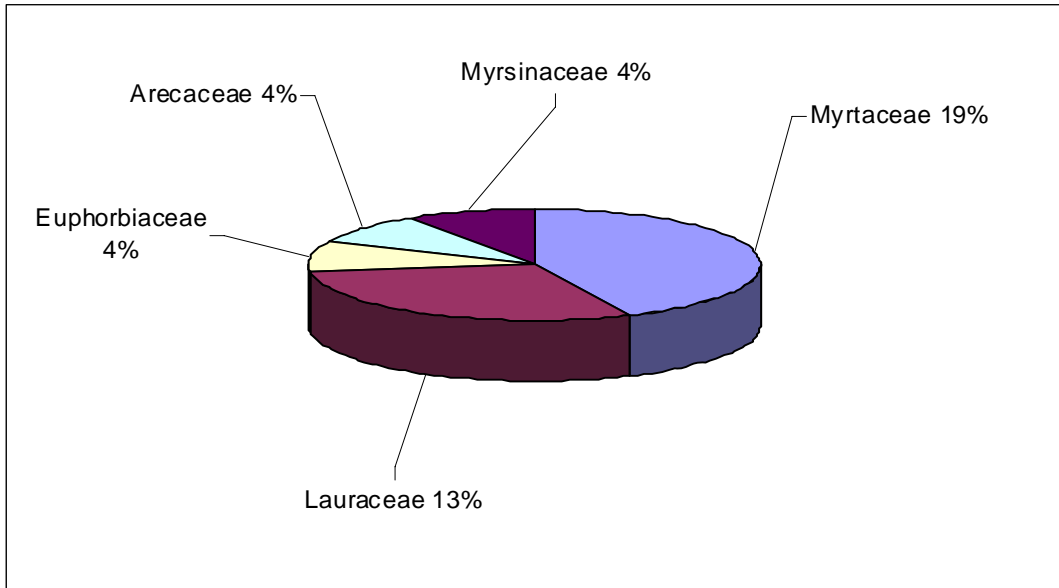


Figura 1 - Famílias mais representativas com relação à riqueza de espécies, nos 10,24ha da Parcela Permanente alocada na Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.

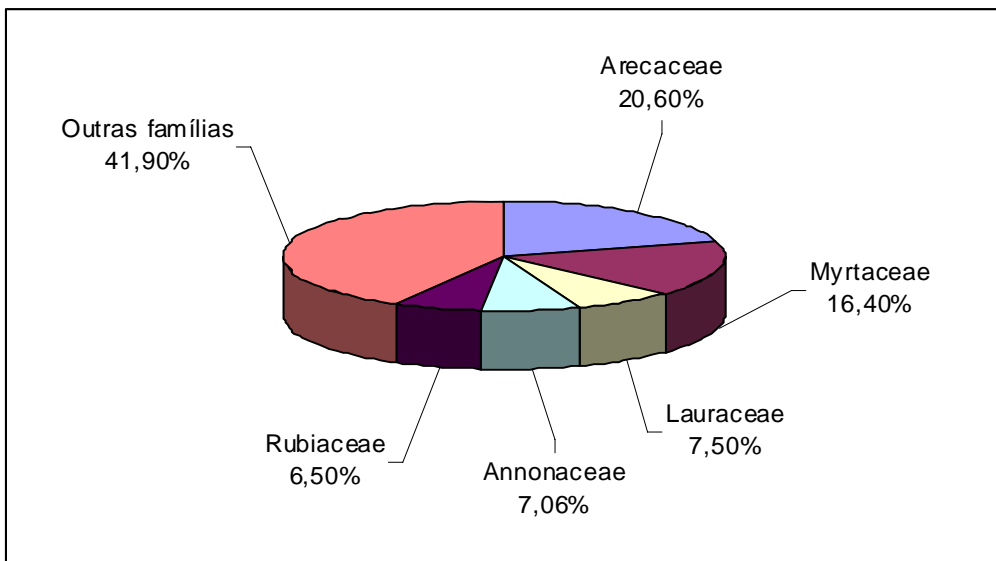


Figura 2 - Famílias mais representativas com relação ao número de indivíduos, nos 10,24ha da Parcela Permanente alocada na Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.

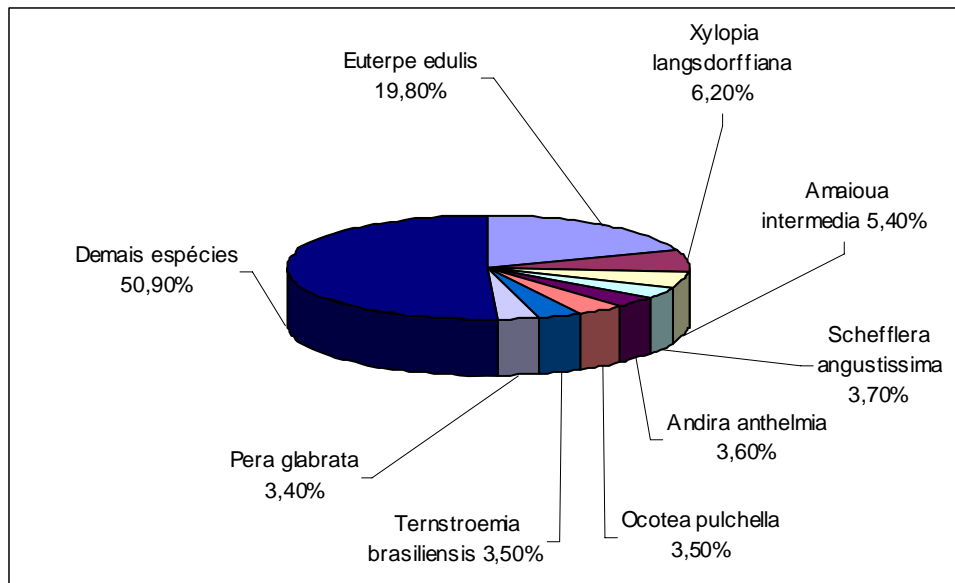


Figura 3 - Espécies mais representativas com relação ao número de indivíduos, nos 10,24ha da Parcela Permanente alocada na Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.

### 2.1.2. Epífitos amostrados na Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso

O inventário florístico dos epífitos, realizado em 1,2ha aleatórios do 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, revelou a ocorrência de 179 espécies, pertencentes a 84 gêneros e 33 famílias de epífitos vasculares. A família mais rica foi Orchidaceae (72 espécies), seguida por Bromeliaceae (33) e Polypodiaceae (11) e Araceae (11) (tabela 1.4.2.1).

Tabela 2.1.2.1. Listagem das espécies de epífitos ocorrentes em 1,2ha aleatórios do 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.

AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex theezans</i> Mart.	BASELLACEAE	<i>Anredera cordifolia</i> (Ten.) Steenis
ARACEAE	<i>Anthurium itanhaense</i> Engl. <i>Anthurium pentaphyllum</i> (Aubl.) G. Don <i>Anthurium scandens</i> (Aubl.) Engl. <i>Monstera adansonii</i> Schott <i>Philodendron</i> aff. <i>appendiculatum</i> Nadruz & Mayo <i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott <i>Philodendron corcovadense</i> Kunth <i>Philodendron crassinervium</i> Lindl. <i>Philodendron eximium</i> Schott <i>Philodendron loefgrenii</i> Engl. <i>Philodendron vargealtense</i> Sakuragui	BEGONIACEAE	<i>Begonia radicans</i> Vell.
ARALIACEAE	<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch.	BLECHNACEAE	<i>Blechnum binervatum</i> (Poir.) C.V. Morton & Lellinger
ARECACEAE	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	BROMELIACEAE	<i>Aechmea gamosepala</i> Wittmack <i>Aechmea nudicaulis</i> (L.) Griseb. <i>Aechmea pectinata</i> Baker <i>Billbergia amoena</i> (Lodd.) Lindl. <i>Billbergia zebrina</i> (Herb.) Lindl. <i>Catopsis sessiliflora</i> (Ruiz & Pav.) Mez <i>Edmundoa lindenii</i> (Regel) Leme <i>Neoregelia laevis</i> (Mez) L.B. Sm. <i>Nidularium innocentii</i> Lem. <i>Nidularium procerum</i> Lindm. <i>Quesnelia arvensis</i> (Vell.) Mez <i>Racinaea spiculosa</i> (Griseb.) M.A. Spencer & L.B. Sm.
ASPLENIACEAE	<i>Asplenium serratum</i> L.		
ASTERACEAE	<i>Piptocarpha oblonga</i> (Gardner) Baker		
			<i>Tillandsia dura</i> Baker <i>Tillandsia gardneri</i> Lindl.





	<i>Tillandsia geminiflora</i> Brongn.	<i>Catasetum rodigasianum</i> Rolfe
	<i>Tillandsia globosa</i> Wawra	<i>Catasetum trulla</i> Lindl.
	<i>Tillandsia stricta</i> Soland.	<i>Cattleya forbesii</i> Lindl.
	<i>Tillandsia tenuifolia</i> L.	<i>Cattleya guttata</i> Lindl.
	<i>Vriesea altodaserrae</i> L.B. Sm.	<i>Dichaea mosenii</i> Cogn.
	<i>Vriesea atra</i> Mez	<i>Dichaea pendula</i> (Aubl.) Cogn.
	<i>Vriesea carinata</i> Wawra	<i>Dichaea trulla</i> Rchb.f.
	<i>Vriesea ensiformis</i> (Vell.) Beer	<i>Elleanthus brasiliensis</i> Rchb.f.
Mez	<i>Vriesea erythroductylon</i> (E. Morren) E. Morren ex	<i>Encyclia fragrans</i> (Sw.) Lemée
	<i>Vriesea flammea</i> L.B. Sm.	<i>Encyclia glumacea</i> (Lindl.) Pabst
	<i>Vriesea friburgensis</i> Mez	<i>Encyclia patens</i> Hook.
	<i>Vriesea gigantea</i> Gaudich.	<i>Encyclia pygmaea</i> (Hook.) Dressler
	<i>Vriesea heterostachys</i> (Baker) L.B. Sm.	<i>Epidendrum latilabre</i> Lindl.
	<i>Vriesea incurvata</i> Gaudich.	<i>Epidendrum nocturnum</i> Jacq.
	<i>Vriesea inflata</i> (Wawra) Wawra	<i>Epidendrum ochrochlorum</i> Barb. Rodr.
	<i>Vriesea paludosa</i> L.B. Sm.	<i>Epidendrum paniculatum</i> Ruiz & Pav.
	<i>Vriesea platzmannii</i> E. Morren	<i>Epidendrum ramosum</i> Jacq.
	<i>Vriesea rodigasiana</i> E. Morren	<i>Epidendrum rigidum</i> Jacq.
	<i>Vriesea vagans</i> (L.B. Sm.) L.B. Sm.	<i>Epidendrum strobiliferum</i> Rchb.f.
CACTACEAE		<i>Epidendrum versicatum</i> Lindl.
	<i>Rhipsalis teres</i> (Vell.) Steud.	<i>Gongora bufonia</i> Lindl.
CECROPIACEAE		<i>Huntleya meleagris</i> Lindl.
	<i>Coussapoa microcarpa</i> (Schott) Rizzini	<i>Jacquiiniella globosa</i> (Jacq.) Schltr.
CELASTRACEAE		<i>Lockhartia lunifera</i> (Lindl.) Rchb.f.
	<i>Maytenus robusta</i> Reissek	<i>Maxillaria bradei</i> Schltr. ex Hoehne
CLUSIACEAE		<i>Maxillaria brasiliensis</i> Brieger & Illg.
	<i>Calophyllum brasiliensis</i> Cambess.	<i>Maxillaria desvauxiana</i> Rchb.f.
	<i>Clusia criuva</i> Cambess.	<i>Maxillaria jenischiana</i> (Rchb.f.) C. Schweinf.
CYCLANTHACEAE		<i>Maxillaria leucaimata</i> Barb. Rodr.
	<i>Thoracocarpus bissectus</i> (Vell.) Harling	<i>Maxillaria madida</i> Lindl.
DRYOPTERIDACEAE		<i>Maxillaria notylioglossa</i> Rchb.f.
	<i>Polybotrya cylindrica</i> Kaulf.	<i>Maxillaria ochroleuca</i> Lodd. ex Lindl.
GESNERIACEAE		<i>Maxillaria parviflora</i> (Poepp. & Endl.) Garay
	<i>Codonanthe devosiana</i> Lem.	<i>Maxillaria picta</i> Hook.
	<i>Codonanthe gracilis</i> (Mart.) Hanst.	<i>Maxillaria rigida</i> Barb. Rodr.
	<i>Nematanthus fritschii</i> Hoehne	<i>Maxillaria rufescens</i> Lindl.
GRAMMITIDACEAE		<i>Miltonia spectabilis</i> Lindl.
	<i>Cochlidium serrulatum</i> (Sw.) L.E. Bishop	<i>Myoxanthus exasperatus</i> (Lindl.) Luer
HYMENOPHYLLACEAE		<i>Octomeria gracilis</i> Barb. Rodr.
	<i>Hymenophyllum asplenioides</i> (Sw.) Sw.	<i>Octomeria grandiflora</i> Lindl.
	<i>Hymenophyllum hirsutum</i> (L.) Sw.	<i>Octomeria juncifolia</i> Barb. Rodr.
	<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.	<i>Octomeria linearifolia</i> Barb. Rodr.
	<i>Trichomanes cristatum</i> Kaulf.	<i>Octomeria margaretae</i> Pabst ex Toscano
	<i>Trichomanes polypodioides</i> L.	<i>Octomeria riograndensis</i> Schltr.
	<i>Trichomanes pyxidiferum</i> L.	<i>Octomeria serrana</i> Hoehne
LINDSAEACEAE		<i>Oncidium flexuosum</i> Sims
	<i>Lindsaea lancea</i> (L.) Bedd.	<i>Oncidium trulliferum</i> Lindl.
LOMARIOPSIDACEAE		<i>Pleurothallis deregularis</i> (Barb. Rodr.) Luer
	<i>Elaphoglossum crassinerve</i> Moore	<i>Pleurothallis fluminensis</i> Pabst
	<i>Elaphoglossum herminieri</i> (Bory ex Fée) T. Moore	<i>Pleurothallis marginalis</i> Rchb.f.
	<i>Elaphoglossum lingua</i> (Raddi) Brack.	<i>Pleurothallis obovata</i> Lindl.
	<i>Elaphoglossum macahense</i> (Fée) Rosenst.	<i>Pleurothallis punctatifolia</i> (Barb. Rodr.) Pabst
LORANTHACEAE		<i>Pleurothallis saundersiana</i> Rchb.f.
	<i>Struthanthus concinnus</i> Mart.	<i>Pleurothallis seriata</i> Lindl.
LYCOPODIACEAE		<i>Pleurothallis serpentula</i> Barb. Rodr.
	<i>Huperzia flexibilis</i> (Fée) B.Ollg.	<i>Polystachya caespitosa</i> Barb. Rodr.
	<i>Huperzia mandiocana</i> (Raddi) Trems.	<i>Polystachya estrellensis</i> Rchb.f.
MARCGRAVIACEAE		<i>Promenaea rollisonii</i> (Rchb.f.) Lindl.
	<i>Marcgravia polyantha</i> Delpino	<i>Reichenbachanthus emarginatus</i> Garay
	<i>Norantea brasiliensis</i> Choisy	<i>Scaphyglottis modesta</i> Rchb.f.
MELASTOMATACEAE		<i>Scaphyglottis</i> sp.
	<i>Clidemia blepharodes</i> DC.	<i>Stelis papaquerensis</i> Rchb.f.
MORACEAE		<i>Trigonidium obtusum</i> Lindl.
	<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	<i>Vanilla chamissonis</i> Klotzsch
MYRSINACEAE		<i>Xylobium colleyi</i> (Batem. ex Lindl.) Rolfe
	<i>Rapanea venosa</i> Mez	<i>Xylobium variegatum</i> (Ruiz & Pav.) Garay & Dunst.
NEPHROLEPIDACEAE		<i>Zygostates lunata</i> Lindl.
	<i>Nephrolepis rivularis</i> (Vahl) Mett. ex Krug	PIPERACEAE
ORCHIDACEAE		<i>Peperomia corcovadensis</i> Gardner
	<i>Bifrenaria harrisoniae</i> (Hook.) Rchb.f.	<i>Peperomia glabella</i> (Sw.) A. Dietr.
	<i>Brassavola tuberculata</i> Hook.	<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.
	<i>Bulbophyllum glutinosum</i> (Barb. Rodr.) Cogn.	<i>Peperomia pereskiaefolia</i> (Jacq.) Kunth
	<i>Bulbophyllum napellii</i> Lindl.	<i>Peperomia rupestris</i> Kunth
	<i>Campylocentrum parahybungense</i> (Barb. Rodr.) Rolfe	<i>Sarcorhachis obtusa</i> (Miq.) Trel.
		POLYPODIACEAE



*Campyloneurum acrocarpum* Fée  
*Campyloneurum nitidum* (Kaulf.) C. Presl.  
*Microgramma geminata* (Schrad.) Presl.  
*Microgramma percursa* (Cav.) de la Sota  
*Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota  
*Microgramma vacciniifolia* (Langsd. & Fisch.) Copel.  
*Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd.  
*Pleopeltis astrolepis* (Liebm.) E. Fourn.  
*Polypodium hirsutissimum* Raddi  
*Polypodium latipes* Langsd. & Fisch.

*Polypodium menisciifolium* Langsd. & Fisch.  
RUBIACEAE  
*Hillia illustris* (Vell.) K. Schum.  
VISCACEAE  
*Phoradendron crassifolium* (Pohl ex DC.) Eichler  
*Phoradendron piperoides* (Kunth) Trel.  
VITTARIACEAE  
*Hecistopteris pumila* (Spreng.) J. Sm.  
*Radiovittaria stipitata* (Kunze) E.H. Crane  
*Vittaria lineata* (L.) Sm.

## 2.2. Parque Estadual de Carlos Botelho

### 2.2.1. Espécies Arbóreas amostradas em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana, no Parque Estadual de Carlos Botelho

O levantamento das espécies arbóreas amostradas nos 10,24 ha da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana amostrou 11.458 indivíduos com 215 espécies (Tabela 2.2.2.1).

Com base no número de espécies, as famílias melhor representadas na área foram, em ordem decrescente: Myrtaceae, Leguminosae, Rubiaceae (estas duas últimas com 20 espécies) e Lauraceae (Figura 2.2.2.1). Estes dados corroboram os dados apresentados por Tabarelli & Mantovani (1999) para a Floresta Ombrófila Densa em Ubatuba, São Paulo. A partir da quinta família, em número de espécies, os dados da parcela permanente divergem da ordem colocada por aqueles autores, tendo sido encontradas, na seqüência, Euphorbiaceae, e Sapotaceae (com oito espécies), seguida de Meliaceae e Moraceae (com cinco espécies), ao passo que aqueles autores sugerem Melastomataceae, Euphorbiaceae e Sapotaceae. Melastomataceae, no presente trabalho, foi representada por apenas quatro espécies.

Quando se considera a representatividade da família por número de indivíduos amostrados na parcela permanente, esta seqüência se altera para: Myrtaceae, Arecaceae, Rubiaceae, Leguminosae e Cyatheaceae (Figura 2.2.2.2). A posição de destaque assumida por Arecaceae, que apresentou apenas duas espécies na área, deve-se à grande quantidade de indivíduos de palmito-juçara (*Euterpe edulis*). Além de *Euterpe edulis* (Arecaceae), outras espécies com grande número de indivíduos na área são *Guapira opposita* (Nyctaginaceae), *Alsophila sternbergii* (Cyatheaceae) e *Garcinia gardneriana* (Clusiaceae) (Figura 2.2.2.3). Deve ser destacado que tais dados se referem à situação da parcela em seu levantamento mais recente.

Tabarelli & Mantovani (1999) analisando os dados disponíveis sobre a riqueza da Floresta Ombrófila Densa no Estado de São Paulo e de outras áreas de florestas neotropicais, concluíram por enquadrar a floresta de São Paulo no nível de menor riqueza, a partir do critério de possuir menos de 200 espécies por hectare.

Os resultados obtidos pelo presente trabalho, entretanto, sugerem uma riqueza superior ao número proposto por aqueles autores. De qualquer forma, o número alcançado de 215 espécies



arbóreas não foi atingido por nenhum dos levantamentos fitossociológicos realizados anteriormente no Estado de São Paulo, o que pode ser devido a dois fatores: diferenças na metodologia ou diferença efetiva de riqueza por alguma particularidade da área analisada. Como nenhum outro trabalho anterior abrangeu uma área amostral tão grande (superior a 10 hectares) e não há evidências de que esta área tenha alguma particularidade, conclui-se que a amostragem de 10 hectares pode representar um instrumento mais eficiente - e talvez necessário - para evidenciar com maior precisão a biodiversidade na Mata Atlântica no Estado de São Paulo. Um cuidado maior no processo de identificação pode ser também mais um fator para explicar esta diferença, mas isto não pode ser objetivamente analisado.

Uma comparação com os dados obtidos a partir dos levantamentos anteriores realizados no Parque Estadual de Carlos Botelho, reforça estas colocações. Dias (1993) encontrou um número pouco inferior a 200 espécies, mas a precariedade das identificações admitida pelo próprio autor (mais da metade das Myrtaceae não foi identificada ao nível de espécie, por exemplo) dificulta uma comparação mais precisa. Custódio-Filho (2002) analisou a floresta em diferentes altitudes e, quando se comparada às amostragens feitas nas quotas de 200 e 400 m, encontram-se valores de 95 e 85 espécies respectivamente, permanecendo uma dificuldade metodológica de se estabelecer uma comparação mais precisa.

Tabela 2.2.1.1. Espécies amostradas na parcela do Parque Estadual de Carlos Botelho. Em **negrito** estão destacadas novidades em relação ao relatório anterior (novas ocorrências e alterações na identificação).

## ANACARDIACEAE

*Tapirira guianensis* Aubl.

## ANNONACEAE

*Guatteria australis* A. St.-Hil.  
*Rollinia sericea* (R. E. Fr.) R. E. Fr.  
*Rollinia sylvatica* (A. St.-Hil.) Mart.  
*Xylopia brasiliensis* (L.) Spreng.

## APOCYNACEAE

*Aspidosperma parvifolium* A. DC.  
*Malouetia arborea* (Vell.) Miers

## AQUIFOLIACEAE

*Ilex integerrima* (Vell.) Reissek

## ARALIACEAE

*Dendropanax cuneatum* (DC.) Decne. & Planch.

## ARECACEAE

*Astrocaryum aculeatissimum* (Schott.) Burret  
*Euterpe edulis* Mart.

## ASTERACEAE

*Piptocarpha macropoda* (DC.) Baker  
*Vernonia* sp.

## BIGNONIACEAE

*Jacaranda puberula* Cham.  
*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson

## BOMBACACEAE

*Quararibea turbinata* Poir.  
*Spirotheca passifloroides* Cuatrec.

## BORAGINACEAE

*Cordia sellowiana* Cham.  
*Cordia silvestris* Fresen.  
*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.

## BURSERACEAE

*Protium widgrenii* Engl.

## CAESALPINIACEAE

*Copaifera trapezifolia* Hayne  
*Hymenaea courbaril* L.  
*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake

## CANELLACEAE

*Capsicodendron dinisii* (Schwacke) Occhioni

## CARICACEAE

*Jacaratia spinosa* (Aubl.) A. DC.

## CECROPIACEAE

*Cecropia glaziouii* Sneathl.  
*Coussapoa microcarpa* (Schott) Rizzini  
*Pourouma acutifolia* Trécul

## CELASTRACEAE

*Maytenus aquifolium* Mart.  
*Maytenus communis* Reissek  
*Maytenus robusta* Reissek  
*Maytenus salicifolia* Reissek

## CHRYSOBALANACEAE

*Hirtella hebeclada* Moric. ex DC.  
*Parinari brasiliensis* (Schott.) Hook. f.

## CLUSIACEAE



*Garcinia gardneriana* (Planch. & Triana) D. Zappi

**COMBRETACEAE**

*Buchenavia kleinii* Exell

**CYATHEACEAE**

*Alsophila sternbergii* (Pohl) Conant.  
*Cyathea corcovadensis* Raddi  
*Cyathea hirsuta* Presl.  
*Cyathea phalerata* Mart.

**ELAEOCARPACEAE**

*Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth.  
*Sloanea monosperma* Vell.  
*Sloanea obtusifolia* (Moric.) K. Schum.

**ERYTHROXYLACEAE**

*Erythroxylum cuspidifolium* Mart.

**EUPHORBIACEAE**

*Alchornea glandulosa* Poepp.  
*Aparisthmum cordatum* (A. Juss.) Baill.  
*Croton macrobothrys* Baill.  
*Hyeronima alchorneoides* Allemão  
*Manihot grahamii* Hook.  
*Pera glabrata* (Schott.) Baill.  
*Sapium glandulatum* (Vell.) Pax  
*Tetrorchidium rubrivenium* Poepp.

**FABACEAE**

*Andira anthelmia* (Vell.) J. F. Macbr.  
*Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth.  
*Dahlstedtia pinnata* (Benth.) Malme  
*Dalbergia frutescens* (Vell.) Britton  
*Machaerium nycitans* (Vell.) Benth.  
*Myrocarpus frondosus* M. Allemão  
*Ormosia arborea* (Vell.) Harms  
*Platymiscium floribundum* Vogel  
*Pterocarpus rohrii* Vahl  
*Swartzia acutifolia* Vogel  
*Zollernia ilicifolia* (Brogn.) Vogel

**FLACOURTIACEAE**

*Casearia decandra* Jacq.  
*Casearia obliqua* Spreng.  
*Casearia sylvestris* Sw.

**HIPPOCRATEACEAE**

*Salacia elliptica* (Mart. ex Schult.) G. Don

**HUMIRIACEAE**

*Vantanea compacta* (Schnizl.) Cuatrec.

**ICACINACEAE**

*Citronella paniculata* (Mart.) Howard

**LAURACEAE**

*Cryptocarya moschata* Nees  
*Endlicheria paniculata* (Spreng.) J. F. Macbr.  
*Licaria armeniaca* (Nees) Kosterm.  
*Nectandra membranacea* (Sw.) Griseb.  
*Ocotea catharinensis* Mez  
*Ocotea dispersa* (Nees) Mez  
*Ocotea elegans* Mez  
*Ocotea silvestris* Vattimo-Gil  
*Ocotea teleiandra* (Meisn.) Mez

**LECYTHIDACEAE**

*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze

**LOGANIACEAE**

*Strychnos brasiliensis* (Spreng.) Mart.

**MAGNOLIACEAE**

*Talauma ovata* A. St.-Hil.

**MALPIGHIACEAE**

*Bunchosia fluminensis* Griseb.

**MELASTOMATACEAE**

*Meriania glabra*  
*Miconia cabucu* Hoehne  
*Miconia cubatanensis* Hoehne

*Mouriri chamissoana* Cogn.

**MELIACEAE**

*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.  
*Cedrela fissilis* Vell.  
*Guarea macrophylla* Vahl  
*Trichilia lepidota* Mart.  
*Trichilia pallens* C. DC.

**MIMOSACEAE**

*Inga edulis* Mart.  
*Inga lenticellata* Benth.  
*Inga marginata* Willd.  
*Inga praegnans* T. D. Penn.  
*Piptadenia paniculata* Benth.  
*Pseudopiptadenia warmingii* (Benth.) G. P. Lewis & M. P. Lima

**MONIMIACEAE**

*Mollinedia gilgiana* Perkins  
*Mollinedia micrantha* Perkins  
*Mollinedia schottiana* (Spreng.) Perkins  
*Mollinedia uleana* Perkins

**MORACEAE**

*Brosimum lactescens* (Sp. Moore) C. C. Berg  
*Ficus glabra* Vell.  
*Ficus luschnatiana* (Miq.) Miq.  
*Sorocea bonplandii* (Baill.) W. C. Burger et al.  
*Sorocea jureiana* Romaniuc

**MYRISTICACEAE**

*Virola bicuhyba* (Schott ex Spreng.) Warb.

**MYRSINACEAE**

*Ardisia martiana* Miq.  
*Rapanea hermogenesii* Jung-Mend. & Bernacci

**MYRTACEAE**

*Calycorectes australis* D. Legrand  
*Calyptanthes lanceolata* O. Berg  
*Campomanesia guaviroba* (DC.) Kiaersk.  
*Campomanesia* sp.  
*Eugenia bacopari* D. Legrand  
*Eugenia beaurepaireana* (Kiaersk.) D. Legrand  
*Eugenia bocainensis* Mattos  
*Eugenia bunchosifolia* Nied.  
*Eugenia burkartiana* (D. Legrand) D. Legrand  
*Eugenia cambucarana* Kiaersk.  
*Eugenia capitulifera* O. Berg  
*Eugenia cerasiflora* Miq.  
*Eugenia cereja* D. Legrand  
*Eugenia copacabanensis* Kiaersk.  
*Eugenia cuprea* (O. Berg) Nied.  
*Eugenia handroana* D. Legrand  
*Eugenia melanogyne* (D. Legrand) Sobral  
*Eugenia mosenii* (Kausel) Sobral  
*Eugenia multicostata* D. Legrand  
*Eugenia neoglomerata* Sobral  
*Eugenia neoverrucosa* Sobral  
*Eugenia oblongata* O. Berg  
*Eugenia platysema* O. Berg  
*Eugenia pruinosa* D. Legrand  
*Eugenia riedeliana* O. Berg  
*Eugenia schuechiana* O. Berg  
*Eugenia* sp1  
*Eugenia stictosepala* Kiaersk.  
*Eugenia subavenia* O. Berg  
*Eugenia xiriricana* Mattos  
*Gomidesia anacardifolia* (Gardner) O. Berg  
*Gomidesia flagellaris* D. Legrand  
*Gomidesia spectabilis* (DC.) O. Berg  
*Gomidesia tijucensis* (Kiaersk.) D. Legrand  
*Marlierea eugeniopsoides* (Legrand & Kausel) D. Legrand  
*Marlierea obscura* O. Berg  
*Marlierea suaveolens* Cambess.  
*Marlierea tomentosa* Cambess.  
*Myrceugenia kleinii* D. Legrand & Kausel  
*Myrceugenia myrcioides* (Cambess.) O. Berg  
*Myrceugenia pilotantha* (Kiaersk.) Landrum



*Myrcia aff. freyreissiana*  
*Myrcia pubipetala* Miq.  
*Myrcia tenuivenosa* Kiaersk.  
*Myrciaria floribunda* (Willd.) O. Berg  
*Myrciaria sp.*  
*Neomitranthes glomerata* (D. Legrand) D. Legrand  
*Plinia complanata* M. L. Kawasaki & B. Holst  
*Plinia pauciflora* M. L. Kawasaki & B. Holst

## NYCTAGINACEAE

*Guapira opposita* (Vell.) Reitz  
*Pisonia ambigua* Heimerl.

## OLACACEAE

*Heisteria silvianii* Schwacke  
*Tetrastylidium grandifolium* (Baill.) Sleumer  
*Ximenia americana* L.

## OLEACEAE

*Chionanthus filiformis* (Vell.) P. S. Green

## PHYTOLACCACEAE

*Phytolacca dioica* L.

## PIPERACEAE

*Piper gaudichaudianum* Kunth

## POLYGONACEAE

*Coccoloba alnifolia* Cas.  
*Coccoloba fastigiata* Meisn.  
*Coccoloba glaziovii* Lindau  
*Coccoloba warmingii* Meisn.

## PROTEACEAE

*Roupala brasiliensis* Klotz.

## QUIINACEAE

*Quiina glaziovii* Engl.

## ROSACEAE

*Prunus myrtifolia* (L.) Urb.

## RUBIACEAE

*Alibertia myrcifolia* (Spruce) K. Schum.  
*Alseis floribunda* Schott  
*Amaioua intermedia* Mart.  
*Bathysa australis* K. Schum.  
*Chomelia catharinae* (L. B. Sm. & Downs) Steyerem.  
*Chomelia sp.*  
*Coussarea contracta* (Walp.) Müll. Arg.  
*Faramea montevidensis* (Cham. & Schltld.) DC.

*Guettarda sp.*  
*Ixora heterodoxa* Müll. Arg.  
*Posoqueria acutifolia* Mart.  
*Psychotria mapoureooides* DC.  
*Psychotria pubigera* Schltld.  
*Psychotria suterella* Müll. Arg.  
*Psychotria umbellata* Vell.  
*Randia armata* (Sw.) DC.  
*Randia sp.*  
*Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll. Arg.  
*Rudgea recurva* Müll. Arg.  
*Simira corumbensis* (Standl.) Steyerem.

## RUTACEAE

*Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

## SABIACEAE

*Meliosma sellowii* Urb.

## SAPINDACEAE

*Allophylus petiolatus* Radlk.  
*Cupania oblongifolia* Mart.  
*Matayba guianensis* Aubl.  
*Matayba juglandifolia* (Camb.) Radlk.

## SAPOTACEAE

*Chrysophyllum flexuosum* Mart.  
*Chrysophyllum inornatum* Mart.  
*Chrysophyllum viride* Mart. & Eichler ex Miq.  
*Diploon cuspidatum* (Hoehne) Cronquist  
*Ecclinusa ramiflora* Mart.  
*Pouteria caimito* (Ruiz & Pavon) Radlk.  
*Pouteria psammophila* (Mart.) Radlk.  
*Pradosia lactescens* (Vell.) Radlk.

## SIMAROUBACEAE

*Picramnia ramiflora* Planch.

## SOLANACEAE

*Capsicum recurvatum* Witasek.  
*Cyphomandra divaricata* Sendt.  
*Solanum argenteum* Dunal  
*Solanum pseudoquina* A. St.-Hil.

## URTICACEAE

*Urera baccifera* (L.) Gaudich.

## VERBENACEAE

*Cytharexylum myrianthum* Cham.

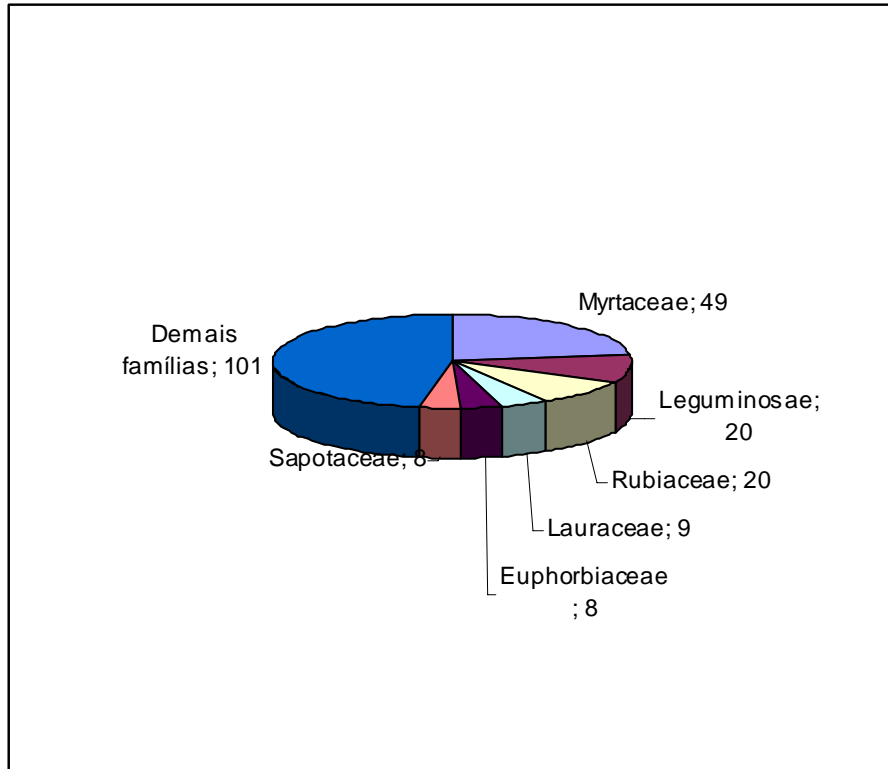


Figura 2.2.1.1. Famílias de maior riqueza nos 10,24ha da Parcela Permanente alocada na Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadual de Carlos Botelho. Após o nome da família está indicado o número de espécies encontradas.

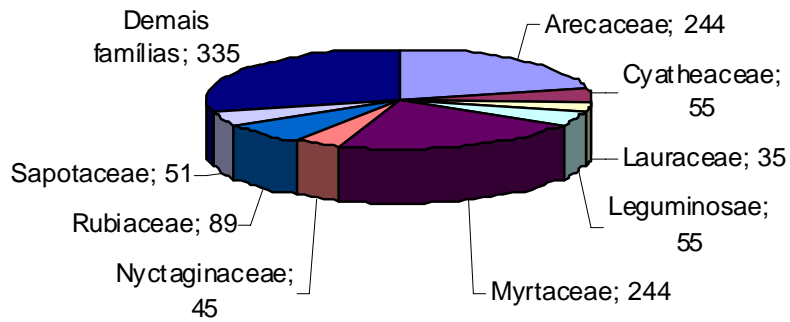


Figura 2.2.1.2. Famílias de maior densidade nos 10,24ha da Parcela Permanente alocada na Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadual de Carlos Botelho. O número indica densidade absoluta (número de indivíduos por hectare).

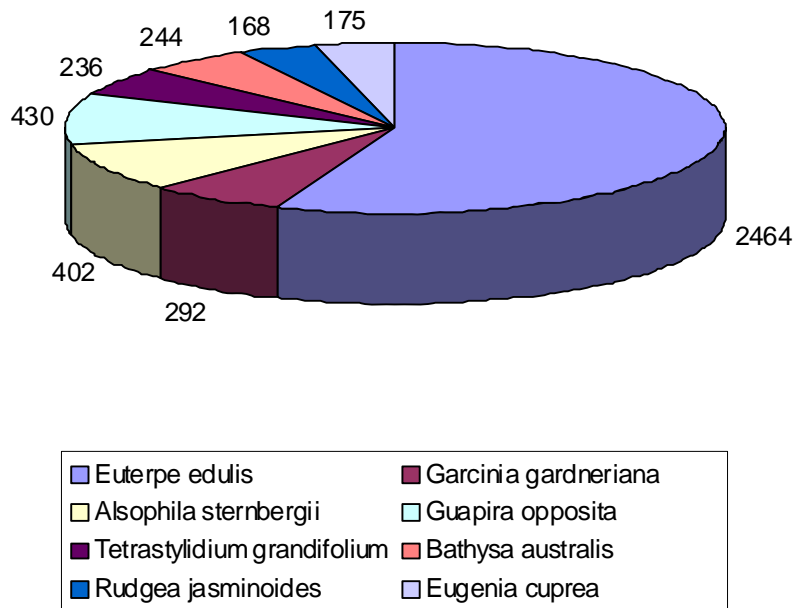


Figura 2.2.1.3. Espécies de maior densidade nos 10,24ha da Parcela Permanente alocada na Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadual de Carlos Botelho.

## 2.2.2. Epífitos amostrados na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana, no Parque Estadual de Carlos Botelho

O inventário florístico dos epífitos, realizado em 1,2ha aleatórios do 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta ombrófila densa Sub-Montana do Parque Estadual de Carlos Botelho, incluiu a análise de 1072 árvores, revelando a ocorrência de 161 espécies, pertencentes a 75 gêneros e 27 famílias de epífitos vasculares. A família mais rica foi Orchidaceae (42 espécies), seguida por Bromeliaceae (27), Polypodiaceae (14) e Araceae (13) (tabela 2.3.2.1).

Em 10,24ha de floresta atlântica de encosta, foram registrados 27 famílias, 73 gêneros e 155 espécies de epífitos vasculares. A família mais com maior riqueza de espécies foi Orchidaceae com 42 espécies, seguida por Bromeliaceae (23), Polypodiaceae (14), Araceae (13), Cactaceae (11) e as demais famílias com menos de 10 representantes cada (Tabela 1.3.2.1.). Algumas espécies registradas na parcela sempre apresentaram contato caule-solo e por isso foram consideradas lianas, principalmente as pteridófitas: *Trichomanes radicans* Sw., *Lomagramma guianensis* (Aubl.) C.Presl., *Lomariopsis marginata* (Schrad.) Kuhn, *Salpichaena volubilis* (Kaulf.) J.Sm. Outros estudos realizados em formações florestais ombrófilas do litoral do Brasil também indicam as famílias Orchidaceae, Bromeliaceae e Polypodiaceae como as mais ricas em espécies, respectivamente.

A forma de vida mais rica em espécies encontrados na parcela permanente foram os holoepífitos verdadeiros com 126 espécies. Outras formas de vida registradas foram os epífitos acidentais com quatro espécies: *Begonia fruticosa* (Klotzsch) A.DC., *Clidemia hirta* (L.) D.Don, *Olfersia cervina* (L.) Kunze e *Stigmatopteris caudata* (Raddi) C.Chr. Epífitos facultativos com



quatro espécies: *Asplenium auritum* Sw., *Begonia fruticosa* (Klotzsch) A.DC., *Clidemia blepharodes* DC. e *Fuchsia regia* (Vand. ex Vell.) Munz. Uma espécie de hemiparasita foi registrada: *Psittacanthus* sp. Seis espécies que habitualmente germinam no solo apresentaram com frequência contato é raiz-solo. Ou seja, a planta que possuía um contato caule-solo, como uma liana, após perder esta conexão envia uma raiz até o solo, sendo assim considerada hemiepífito secundário. Assim temos 11 espécies encontradas na parcela permanente e consideradas hemiepífitos secundário.

Espécies que germinam sobre as árvores e durante seu ciclo vital estabelecem contato com o solo são consideradas hemiepífitos primários. Assim na parcela permanente foram encontradas seis espécies (Tabela 1). *Schlegelia parviflora* (Oerest.) Monach. (Schlegeliaceae) e *Oreopanax capitatus* (Jacq.) Decne. & Planch. (Araliaceae) são espécies de hemiepífitos primários encontrados no Parque e não foram registrados na parcela permanente.

A síndrome de polinização mais comum foi entomofilia com 78 espécies polinizadas por insetos, se destaca a participação das famílias Orchidaceae, Araceae e Cactaceae com muitas espécies entomófilas. A ornitofilia também foi bastante freqüente, com 28 espécies sendo destacando a participação da família Bromeliaceae. Entre os epífitos anemófilos apenas a família Piperaceae. Espécies de plantas polinizadas por morcegos ou aves foram raras, totalizando quatro espécies. A importância dos animais como vetores de pólen na polinização de plantas epifíticas já foi salientada por Gentry & Dodson (1987).

O principal agente dispersor dos epífitos nessa Floresta Ombrófila Densa foi o vento, sendo com uso de diásporos diminutos: esporocoria com 79 espécies representada principalmente por orquídeas e pteridófitas, ou com uso de estruturas que permitem a flutuação nas correntes de ar: pogonocoria com 19 espécies representada principalmente por Bromélias da sub-família Tillandsioideae. A ornitocoria também foi bastante freqüente com 48 espécies representada principalmente por Araceae, Cactaceae e Bromeliaceae da sub-família Bromelioideae.

Tabela 2.2.2.1. Listagem das espécies de epífitos ocorrentes em 1,2ha da Parcela Permanente de Floresta ombrófila densa Sub-Montana do Parque Estadual de Carlos Botelho.

#### ARACEAE

*Anthurium langsdorffii* Schott  
*Anthurium pentaphyllum* (Aubl.) G. Don  
*Anthurium scandens* (Aubl.) Engl.  
*Monstera adansonii* Schott  
*Philodendron corcovadense* Kunth  
*Philodendron crassinervium* Lindl.  
*Philodendron eximium* Schott  
*Philodendron loefgrenii* Engl.  
*Philodendron martianum* Engl.  
*Philodendron obliquifolium* Engl.  
*Philodendron ochrostemon* Schott  
*Philodendron vargealtense* Sakuragui  
*Syngonium vellozianum* Schott

#### ASPLENIACEAE

*Asplenium auritum* Sw.  
*Asplenium mucronatum* C. Presl.  
*Asplenium pteropus* Kaulf.

*Asplenium scandicinum* Kaulf.

#### BEGONIACEAE

*Begonia fruticosa* (Klotzsch) A. DC.  
*Begonia herbacea* Vell.  
*Begonia radicans* Vell.

#### BLECHNACEAE

*Blechnum binervatum* (Poir.) C.V. Morton & Lellinger

#### BOMBACACEAE

*Spirotheca passifloroides* Cuatrec.

#### BROMELIACEAE

*Aechmea coelestis* (K. Koch) E. Morren  
*Aechmea gamosepala* Wittmack  
*Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb.  
*Aechmea ornata* Baker  
*Aechmea pectinata* Baker  
*Billbergia amoena* (Lodd.) Lindl.  
*Canistropsis billbergioides* (Schult.f.) Leme  
*Edmondoa lindenii* (Regel) Leme





- Neoregelia laevis* (Mez) L.B. Sm.  
*Nidularium krisgreeniae* Leme  
*Nidularium rutilans* E. Morren  
*Racinaea spiculosa* (Griseb.) M.A. Spencer & L.B.
- Sm.  
*Tillandsia globosa* Wawra  
*Tillandsia stricta* Soland.  
*Tillandsia tenuifolia* L.  
*Vriesea carinata* Wawra  
*Vriesea drepanocarpa* (Baker) Mez  
*Vriesea ensiformis* (Vell.) Beer  
*Vriesea erythrocladon* (E. Morren) E. Morren ex
- Mez  
*Vriesea friburgensis* Mez  
*Vriesea incurvata* Gaudich.  
*Vriesea inflata* (Wawra) Wawra  
*Vriesea longiscapa* Ule  
*Vriesea philippocoburgii* Wawra  
*Vriesea rodigasiana* E. Morren  
*Vriesea scalaris* E. Morren  
*Vriesea vagans* (L.B. Sm.) L.B. Sm.
- CACTACEAE  
*Hatiora salicornioides* (Haw.) Britton & Rose  
*Lepismium cruciforme* (Vell.) Miq.  
*Lepismium houlettianum* (Lem.) Barthlott  
*Rhipsalis campos-portoana* Loefgr.  
*Rhipsalis elliptica* G. Lindb. & K. Schum.  
*Rhipsalis grandiflora* Haw.  
*Rhipsalis pachyptera* Pfeiff.  
*Rhipsalis paradoxa* (Salm-Dyck ex Pfeiff.) Sam-Dyck  
*Rhipsalis pilocarpa* Loefgr.  
*Rhipsalis puniceodiscus* G. Lindb.  
*Rhipsalis teres* (Vell.) Steud.
- CECROPIACEAE  
*Coussapoa microcarpa* (Schott) Rizzini
- CLUSIACEAE  
*Clusia criuva* Cambess.
- CYCLANTHACEAE  
*Thoracocarpus bissectus* (Vell.) Harling
- DRYOPTERIDACEAE  
*Olfersia cervina* (L.) Kunze  
*Polybotrya cylindrica* Kaulf.  
*Stigmatopteris caudata* (Raddi) C. Chr.
- GESNERIACEAE  
*Codonanthe devosiana* Lem.  
*Codonanthe gracilis* (Mart.) Hanst.  
*Nematanthus gregarius* D.L. Denham  
*Nematanthus striatus* (Handro) Chautems  
*Nematanthus wettsteinii* (Fritsch) H.E. Moore
- HYMENOPHYLLACEAE  
*Trichomanes angustatum* Carmich.  
*Trichomanes* cf. *diaphanum* Kunth  
*Trichomanes* cf. *krausii* Hook. & Grev.  
*Trichomanes polypodioides* L.  
*Trichomanes pyxidiferum* L.
- LOMARIOPSIDACEAE  
*Elaphoglossum crassinerve* Moore  
*Elaphoglossum glabellum* J. Sm.  
*Elaphoglossum lingua* (Raddi) Brack.  
*Elaphoglossum ornatum* (Mett. ex Kuhn) H. Christ.
- LORANTHACEAE  
*Psittacanthus dichrous* Mart.
- LYCOPODIACEAE  
*Huperzia flexibilis* (Fée) B. Ollg.  
*Huperzia mandiocana* (Raddi) Trems.
- MARCGRAVIACEAE  
*Marcgravia polyantha* Delpino  
*Norantea brasiliensis* Choisy
- MELASTOMATACEAE  
*Bertolonia mosenii* Cogn.  
*Clidemia blepharodes* DC.  
*Clidemia hirta* (L.) D. Don  
*Pleiochiton ebracteatum* (L.) D. Don
- NEPHROLEPIDACEAE  
*Nephrolepis rivularis* (Vahl) Mett. ex Krug
- ONAGRACEAE  
*Fuchsia regia* (Vand. ex Vell.) Munz
- OPHIOGLOSSACEAE  
*Cheiroglossa palmata* (L.) C. Presl.
- ORCHIDACEAE  
*Bifrenaria harrisoniae* (Hook.) Rchb.f.  
*Cirrhaea dependens* Rchb.f.  
*Dichaea pendula* (Aubl.) Cogn.  
*Elleanthus brasiliensis* Rchb.f.  
*Encyclia fragrans* (Sw.) Lemée  
*Epidendrum armeniacum* Lindl.  
*Epidendrum elongatum* Jacq.  
*Epidendrum proligerum* Barb. Rodr.  
*Epidendrum ramosum* Jacq.  
*Gomesa recurva* Lodd.  
*Gongora bufonia* Lindl.  
*Huntleya meleagris* Lindl.  
*Isochilus linearis* (Jacq.) R. Br.  
*Lanium avicula* (Lindl.) Benth.  
*Leptotes bicolor* Lindl.  
*Maxillaria brasiliensis* Brieger & Illg.  
*Maxillaria leucaimata* Barb. Rodr.  
*Maxillaria ochroleuca* Lodd. ex Lindl.  
*Maxillaria parviflora* (Poepp. & Endl.) Garay  
*Maxillaria picta* Hook.  
*Maxillaria rigida* Barb. Rodr.  
*Octomeria gracilis* Barb. Rodr.  
*Octomeria juncifolia* Barb. Rodr.  
*Octomeria fimbriatum* Hoffmanns.  
*Oncidium flexuosum* Sims  
*Phymatidium falcifolium* Lindl.  
*Pleurothallis auriculata* Lindl.  
*Pleurothallis deregularis* (Barb. Rodr.) Luer  
*Pleurothallis hypnicola* Lindl.  
*Pleurothallis lineolata* (Barb. Rodr.) Cogn.  
*Pleurothallis marginalis* Rchb.f.  
*Pleurothallis obovata* Lindl.  
*Pleurothallis saundersiana* Rchb.f.  
*Pleurothallis trifida* Lindl.  
*Promenaea stapelioides* (Link & Otto) Lindl.  
*Reichenbachanthus emarginatus* Garay  
*Rodriguesia venusta* Rchb.f.  
*Scaphyglottis modesta* Rchb.f.  
*Stelis calotricha* Schltr.  
*Xylobium variegatum* (Ruiz & Pav.) Garay & Dunst.
- PIPERACEAE  
*Peperomia alata* Ruiz & Pav.  
*Peperomia catharinae* Miq.  
*Peperomia corcovadensis* Gardner  
*Peperomia obtusifolia* (L.) A. Dietr.  
*Peperomia pereskiaefolia* (Jacq.) Kunth  
*Peperomia rotundifolia* (L.) Kunth  
*Peperomia urocarpa* Fisch. & C. A. Mey.
- POLYPODIACEAE  
*Campyloneurum minus* Fée  
*Campyloneurum nitidum* (Kaulf.) C. Presl.  
*Campyloneurum rigidum* J. Sm.  
*Microgramma geminata* (Schrud.) Presl.  
*Microgramma percursa* (Cav.) de la Sota  
*Microgramma tecta* (Kaulf.) Alston  
*Microgramma vacciniifolia* (Langsd. & Fisch.) Copel.  
*Pecluma truncorum* (Lindm.) M.G. Price  
*Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd.  
*Pleopeltis astrolepis* (Liebm.) E. Fourn.  
*Polypodium catharinae* Langsd. & Fisch.  
*Polypodium chnoophorum* Kunze  
*Polypodium fraxinifolium* Jacq.  
*Polypodium hirsutissimum* Raddi
- RUBIACEAE  
*Hillia illustris* (Vell.) K. Schum.
- SOLANACEAE  
*Dyssochroma viridiflora* Miers.
- VITTARIACEAE  
*Polytaenium cajenense* (Desv.) Benedict  
*Radiovittaria stipitata* (Kunze) E.H. Crane



### 2.2.3. Lianas lenhosas amostradas na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana, no Parque Estadual de Carlos Botelho

Na área de 2ha amostrada nos 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana, no Parque Estadual de Carlos Botelho, foram levantadas 19 famílias, 40 gêneros e 49 espécies de lianas lenhosas (Tabela 2.2.3.1).

As famílias com maior número de representantes (Figura 2.2.3.1) foram Leguminosae, com 8 espécies, representando 16% do total amostrado, Apocynaceae e Hippocrateaceae, com 6 espécies cada (12%) e Bignoniaceae e Malpighiaceae, com 5 cada (10%). Essas famílias contribuem com 60% do total amostrado e estão corroborando os resultados obtidos no trabalho de Kim (1997), também desenvolvido na Mata Atlântica do Estado de São Paulo, principalmente se forem desconsideradas as lianas herbáceas, as quais foram incluídas no levantamento daquela autora.

Tabela 2.2.3.1. Listagem das espécies de lianas lenhosas ocorrentes nos 2ha dos 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana no Parque Estadual de Carlos Botelho.

APOCYNACEAE	FABOIDEAE
<i>Forsteronia</i> sp.	<i>Dahlstedtia pentaphylla</i> (Taub.) Burkart
<i>Mandevilla funiformis</i> (Vell.) K. Schum.	<i>Dahlstedtia pinnata</i> (Benth.) Malme
<i>Mandevilla urophylla</i> (Hook.) Woodson	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton
<i>Peltastes peltatus</i> (Vell.) Woodson	<i>Machaerium triste</i> Vogel
<i>Prestonia coalita</i> (Vell.) Woodson	<i>Mucuna urens</i> (L.) Medik.
<i>Secondatia densiflora</i> A. DC.	MIMOSOIDEAE
ARISTOLOCHACEAE	<i>Acacia lacerans</i> Benth.
<i>Aristolochia paulistana</i> Hoehne	LOGANIACEAE
ASTERACEAE	<i>Strychnos trinervis</i> (Vell.) Mart.
<i>Mikania hirsutissima</i> DC.	MALPIGHACEAE
BIGNONIACEAE	<i>Banisteriopsis argyrophylla</i> (A. Juss.) B. Gates
<i>Adenocalymma grandifolium</i> Mart. ex DC.	<i>Heteropterys intermedia</i> (Grisebach) A. Juss.
<i>Adenocalymma ternatum</i> (Vell.) Corr. Mélo ex	<i>Heteropterys nitida</i> (Lamarck) DC.
Bureau & K. Schum.	<i>Hiraea</i> sp.1
<i>Anemopaegma lanceolatum</i> (A. DC.) Bureau ex K.	<i>Hiraea</i> sp.2
Schum.	MENDONCIACEAE
<i>Parabignonia unguiculata</i> (Vell.) A.H. Gentry	<i>Mendoncia velloziana</i> Mart.
<i>Paragonia pyramidata</i> (Rich.) Bureau	MENISPERMACEAE
CACTACEAE	<i>Abuta seloana</i> Eichler
<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	<i>Cissampelos andromorpha</i> DC.
CONNARACEAE	PHYTOLACCACEAE
<i>Connarus rostratus</i> (Vell.) L. B. Sm.	<i>Sequiera floribunda</i> Benth.
DILLENIACEAE	POLYGONACEAE
<i>Davilla</i> sp.	<i>Coccoloba</i> cf. <i>parimensis</i> Benth.
<i>Dolioscarpus dentatus</i> (Aubl.) Standl.	RUBIACEAE
HIPPOCRATEACEAE	<i>Sabicea villosa</i> Willd. ex Roem. & Schult.
<i>Anthodon decussatum</i> Ruiz & Pav.	SAPINDACEAE
<i>Cheilochlinium cognatum</i> (Miers) A. C. Sm.	<i>Paullinia carpopodea</i> Cambess.
<i>Peritassa</i> sp.	<i>Paullinia meliifolia</i> Juss.
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G. Don	<i>Paullinia trigonia</i> Vell.
<i>Salacia mosenii</i> A. C. Sm.	<i>Serjania communis</i> Cambess.
<i>Tontelea</i> sp.	VIOLACEAE
LEGUMINOSAE	<i>Anchietea pyrifolia</i> (Mart.) G. Don
CAESALPINIOIDEAE	VITACEAE
<i>Bauhinia guianensis</i> Aubl.	<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C. E. Jarvis
<i>Bauhinia microstachya</i> (Raddi) J. F. Macbr.	

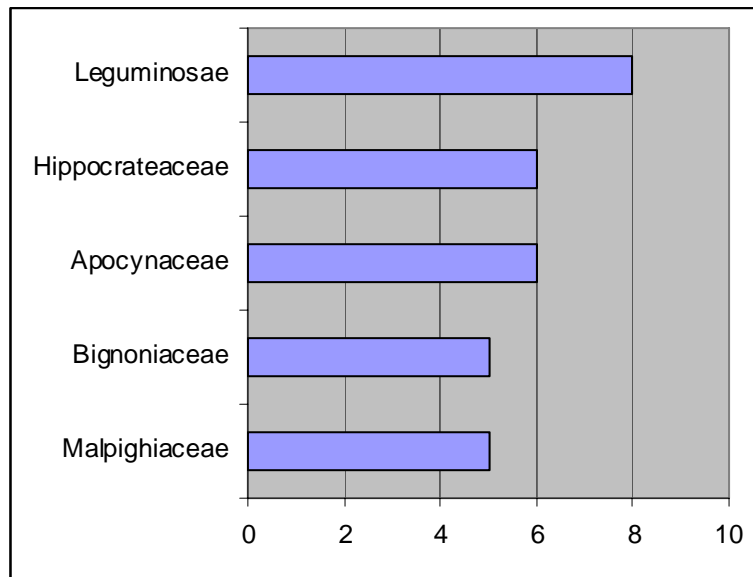


Figura 2.2.3.1. Famílias mais representativas, segundo o número de espécies de lianas lenhosas ocorrentes na área amostrada do Parque Estadual de Carlos Botelho.

## 2.3. Estação Ecológica de Caetetus

### 2.3.1. Espécies Arbóreas amostradas em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual, na Estação Ecológica de Caetetus

Na parcela permanente, de 10,24ha, de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus foram amostrados 10.627 indivíduos distribuídos em 233 espécies, 153 gêneros e 57 famílias botânicas (Tabela 2.3.1.1).

Uma grande parte das famílias (49%) é representada por apenas uma ou duas espécies. No entanto, algumas são bastante representativas com relação à riqueza de espécies, como é o caso de Myrtaceae com 22 espécies, Euphorbiaceae (17), Rutaceae (16), Fabaceae (12), Lauraceae (12), Mimosaceae e Meliaceae, com nove espécies cada. A família Fabaceae, somada com Caesalpiniaceae e Mimosaceae (Leguminosae) somou 29 espécies amostradas.

Tabela 2.3.1.1. Espécies arbóreas amostradas na Parcela Permanente de 10,24ha, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus, SP.

#### ANACARDIACEAE

*Astronium graveolens* Jacq.  
*Tapirira guianensis* Aubl.

#### ANNONACEAE

*Annona cacans* Warm.  
*Duguetia lanceolata* A. St.-Hil.  
*Rollinia exalbida* (Vell.) Mart.  
*Xylopia brasiliensis* (L.) Spreng.

#### APOCYNACEAE

*Aspidosperma cylindrocarpon* Müll. Arg.  
*Aspidosperma parvifolium* A. DC.

*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.  
*Rauvolfia sellowii* Müll. Arg.  
*Tabernaemontana hystrix* Steud.

#### ARALIACEAE

*Dendropanax cuneatum* (DC.) Decne. & Planch.  
*Didymopanax calvum* (Cham.) Decne. & Planch.  
*Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch.  
*Sciadodendron excelsum* Griseb.

#### ARECACEAE

*Euterpe edulis* Mart.  
*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.



- Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman
- ASTERACEAE  
*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera  
*Piptocarpha axillaris* (Less.) Baker  
*Piptocarpha sellowii* (Sch.Bip.) Baker  
*Vernonia diffusa* Less.
- BIGNONIACEAE  
*Jacaranda micrantha* Cham.  
*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.  
*Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo  
*Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl.  
*Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau
- BOMBACACEAE  
*Chorisia speciosa* A. St.-Hil.  
*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns
- BORAGINACEAE  
*Cordia ecalyculata* Vell.  
*Cordia sellowiana* Cham.  
*Cordia superba* Cham.  
*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.  
*Patagonula americana* L.
- BURSERACEAE  
*Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand
- CAESALPINIACEAE  
*Bauhinia longifolia* (Bong.) Steud.  
*Cassia ferruginea* Schrad. ex DC.  
*Copaifera langsdorffii* Desf.  
*Holocalyx balansae* Micheli  
*Hymenaea courbaril* L.  
*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.  
*Pterogyne nitens* Tul.  
*Senna pendula* (Willd.) H. S. Irwin & Barneby
- CARICACEAE  
*Jacaratia spinosa* A. DC.
- CECROPIACEAE  
*Cecropia glaziouii* Snethl.  
*Cecropia pachystachya* Trécul
- CELASTRACEAE  
*Maytenus aquifolium* Mart.  
*Maytenus robusta* Reissek  
*Maytenus* sp.
- CHLORANTHACEAE  
*Hedyosmum brasiliense* Mart. ex Miq.
- CLUSIACEAE  
*Calophyllum brasiliense* Cambess.
- COMBRETACEAE  
*Terminalia brasiliensis* (Cambess. ex A.St.-Hil.)
- Eichler
- ELAEOCARPACEAE  
*Sloanea monosperma* Vell.
- ERYTHROXYLACEAE  
*Erythroxylum deciduum* A. St.-Hil.
- EUPHORBIACEAE  
*Actinostemon conceptionis* (Chodat & Hassl.) Pax & K. Hoffm.  
*Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg.  
*Alchornea glandulosa* Poepp.  
*Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg.  
*Aparisthnum cordatum* (A. Juss.) Baill.  
*Croton floribundus* Spreng.  
*Croton urucurana* Baill.  
*Hyeronima alchorneoides* Allemão  
*Mabea fistulifera* Mart.  
*Maprounea guianensis* Aubl.  
*Margaritaria nobilis* L.f.  
*Micrandra elata* (Didr.) Müll. Arg.  
*Pachystroma longifolium* (Nees) I.M. Johnston  
*Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill.  
*Sapium glandulatum* (Vell.) Pax  
*Savia dictyocarpa* Müll. Arg.  
*Sebastiania commersoniana* (Baill.) Müll. Arg.
- FABACEAE  
*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth.  
*Dalbergia frutescens* (Vell.) Britton  
*Lonchocarpus cultratus* (Tul.) Malme  
*Machaerium brasiliense* Vogel  
*Machaerium hirtum* Raddi
- Machaerium nyctitans* (Vell.) Benth.  
*Machaerium stipitatum* Vogel  
*Myroxylon peruiferum* L.f.  
*Ormosia arborea* (Vell.) Harms  
*Platycyamus regnellii* Benth.  
*Platypodium elegans* Vogel  
*Sweetia fruticosa* (L.) Spreng.
- FLACOURTIACEAE  
*Casearia gossypiosperma* Briq.  
*Casearia obliqua* Spreng.  
*Casearia sylvestris* Sw.  
*Prockia crucis* P. Browne ex L.  
*Xylosma pseudosalzmanii* Sleumer
- ICACINACEAE  
*Citronella gongonha* (Miers.) Howard  
*Citronella paniculata* (Mart.) Howard
- LACISTEMACEAE  
*Lacistema hasslerianum* Chodat
- LAURACEAE  
*Endlicheria paniculata* (Spreng.) J. F. Macbr.  
*Nectandra cuspidata* Nees & Mart.  
*Nectandra lanceolata* Nees  
*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez  
*Nectandra oppositifolia* Nees & Mart.  
*Ocotea corymbosa* (Meisn.) Mez  
*Ocotea dyospyrifolia* (Meisn.) Mez  
*Ocotea indecora* Schott ex Meisn.  
*Ocotea silvestris* Vattimo-Gil  
*Ocotea velloziana* (Meisn.) Mez  
*Ocotea velutina* (Nees) Rohwer  
*Persea pyrifolia* (Don) Spreng.
- LECYTHIDACEAE  
*Cariniana estrellensis* (Raddi) O. Kuntze
- MAGNOLIACEAE  
*Talauma ovata* A. St.-Hil.
- MALPIGHIACEAE  
*Bunchosia pallescens* Scottsb.
- MALVACEAE  
*Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl.
- MELASTOMACEAE  
*Leandra* sp.  
*Miconia calvescens* DC.  
*Miconia discolor* DC.  
*Miconia hymenonervia* Cogn.  
*Miconia latecrenata* (DC.) Naud.  
*Miconia* sp.1  
*Miconia* sp.2
- MELIACEAE  
*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.  
*Cedrela fissilis* Vell.  
*Guarea guidonia* (L.) Sleumer  
*Guarea kunthiana* A. Juss.  
*Trichilia casaretti* C. DC.  
*Trichilia catigua* A. Juss.  
*Trichilia clausenii* C. DC.  
*Trichilia elegans* A. Juss.  
*Trichilia pallida* Sw.
- MIMOSACEAE  
*Acacia polyphylla* DC.  
*Albizia hasslerii* (Chodat) Burkart  
*Albizia polycephala* (Benth.) Killip  
*Calliandra foliolosa* Benth.  
*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong  
*Inga marginata* Willd.  
*Inga striata* Benth.  
*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan  
*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.
- MONIMIACEAE  
*Mollinedia widgrenii* A. DC.  
*Siparuna guianensis* Aubl.
- MORACEAE  
*Ficus enormis* (Mart. ex Miq.) Miq.  
*Ficus guaranitica* Chodat  
*Ficus insipida* Willd.  
*Ficus obtusifolia* H.B.K.  
*Ficus* sp.1  
*Ficus* sp.2



- Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud.  
*Sorocea bonplandii* (Baill.) W. C. Burger, Lanj. & Wess.Boer
- MYRSINACEAE  
*Ardisia* sp.  
*Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez  
*Rapanea umbellata* (Mart.) Mez  
*Rapanea* sp.
- MYRTACEAE  
*Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) O. Berg  
*Calyptanthes clusiaefolia* (Miq.) O. Berg  
*Calyptanthes concinna* DC.  
*Calyptanthes* sp.  
*Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg  
*Campomanesia rhombea* O. Berg  
*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg  
*Eugenia blastantha* (O. Berg) D. Legrand  
*Eugenia florida* DC.  
*Eugenia moraviana* O. Berg  
*Eugenia ramboi* D. Legrand  
*Eugenia* sp.1  
*Eugenia* sp.2  
*Myrcia bella* Cambess.  
*Myrcia fallax* (Rich.) DC.  
*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand  
*Myrciaria ciliolata* O. Berg  
*Myrciaria* sp.1  
*Myrciaria* sp.2  
*Neomitranthes glomerata* (D. Legrand) D. Legrand  
*Plinia rivularis* (Cambess.) Rotman  
*Syzygium cuminii* (L.) Skeels
- NYCTAGINACEAE  
*Bougainvillea glabra* Choisy  
*Guapira hirsuta* (Choisy) Lundell  
*Guapira opposita* (Vell.) Reitz  
*Pisonia ambigua* Heimerl
- OPILIACEAE  
*Agonandra englerii* Hoehne
- PHYTOLACCACEAE  
*Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms  
*Phytolacca dioica* L.  
*Seguiera floribunda* Benth.
- PIPERACEAE  
*Piper arboreum* Aubl.
- POLYGONACEAE  
*Ruprechtia* sp.
- PROTEACEAE  
*Roupala brasiliensis* Klotzsch
- RHAMNACEAE  
*Colubrina glandulosa* Perkins  
*Rhamnidium elaeocarpum* Reissek
- ROSACEAE  
*Prunus myrtifolia* (L.) Urb.
- RUBIACEAE  
*Amaioua intermedia* Mart.  
*Chomelia pohliana* Müll. Arg.  
*Coutarea hexandra* (Jacq.) K. Schum.  
*Ixora venulosa* Benth.  
*Randia armata* (Sw.) DC.
- Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll. Arg.
- RUTACEAE  
*Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.  
*Esenbeckia febrifuga* (A. St.-Hil.) A. Juss. ex Mart.  
*Esenbeckia grandiflora* Mart.  
*Esenbeckia leiocarpa* Engl.  
*Helietta apiculata* Benth.  
*Metrodorea nigra* A. St.-Hil.  
*Pilocarpus pauciflorus* A. St.-Hil.  
*Pilocarpus pennatifolius* Lem.  
*Zanthoxylum caribaeum* Lam.  
*Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.  
*Zanthoxylum petiolare* A. St.-Hil. & Tul.  
*Zanthoxylum pohlianum* Engl.  
*Zanthoxylum rhoifolium* Lam.  
*Zanthoxylum juniperinum* Poeppig  
*Zanthoxylum rugosum* A. St.-Hil. & Tul.  
*Zanthoxylum* sp.
- SAPINDACEAE  
*Allophylus edulis* (A. St.-Hil.) Radlk.  
*Cupania tenuivalvis* Radlk.  
*Cupania vernalis* Cambess.  
*Diatenopteryx sorbifolia* Radlk.  
*Matayba elaeagnoides* Radlk.
- SAPOTACEAE  
*Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl.  
*Chrysophyllum marginatum* (Hook. & Arn.) Radlk.  
*Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk.
- SIMAROUBACEAE  
*Picramnia warmingiana* Engl.
- SOLANACEAE  
*Cestrum calycinum* Willd.  
*Solanum argenteum* Dunal  
*Solanum mauritianum* Scop.  
*Solanum pseudoquina* A. St.-Hil.
- STERCULIACEAE  
*Guazuma ulmifolia* Lam.
- STYRACACEAE  
*Styrax acuminatus* Pohl  
*Styrax camporum* Pohl  
*Styrax pohlii* A. DC.
- SYMPLOCACEAE  
*Symplocos* sp.1  
*Symplocos* sp.2
- TILIACEAE  
*Christiana macrodon* Toledo  
*Heliocarpus americanus* L.  
*Luehea candicans* Mart.  
*Luehea divaricata* Mart.
- ULMACEAE  
*Trema micrantha* (L.) Blume
- URTICACEAE  
*Urera baccifera* (L.) Gaudich.
- VERBENACEAE  
*Aegiphila sellowiana* Cham.  
*Aloysia virgata* (Ruiz & Pav.) Juss.  
*Cytharexylum myrianthum* Cham.  
*Vitex montevidensis* Cham.

### 2.3.2. Epífitos amostrados na Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual, na Estação Ecológica de Caetetus

No inventário florístico dos epífitos realizado em 1,2ha aleatórios do 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual, que incluiu 1.287 árvores onde os epífitos foram amostrados, foram registradas 25 espécies, 17 gêneros e 9 famílias de epífitos vasculares.



A família mais rica foi Polypodiaceae, com seis espécies, seguida por Cactaceae e Piperaceae com quatro, Bromeliaceae e Orchidaceae com três, Aspleniaceae com duas e Araceae, Viscaceae e Vittariaceae com uma espécie cada (tabela 1.2.2.1).

O número de espécies de epífitos por forófito esteve positivamente relacionado com o DAP do forófito e com a altura total do forófito. O número de espécies de epífitos por parcela não esteve relacionado com a média do DAP das árvores da parcela, com a média da altura total das árvores por parcela ou com o número total de indivíduos arbóreos por parcela.

Análises multivariadas indicaram que os epífitos da floresta estacional não apresentaram um gradiente de distribuição vertical solo-dossel embora algumas espécies possuam preferências por determinados intervalos de altura. A espécie com maior frequência de distribuição horizontal foi *Peperomia circinnata* Link. A comunidade de epífitos apresentou como hábito mais freqüente o holoepífito. Dispersão anemocórica e polinização zoofílica foram as síndromes mais freqüentes.

Tabela 2.3.2. Listagem das espécies de epífitos ocorrentes em 1,2ha da Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus.

ARACEAE	<i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott	<i>Pleurothallis nemorosa</i> Barb. Rodr.
ASPLENIACEAE	<i>Asplenium auritum</i> Sw.	PIPERACEAE
	<i>Asplenium kunzeanum</i> Klotzsch ex Rosenst.	<i>Peperomia alata</i> Ruiz & Pav.
BROMELIACEAE		<i>Peperomia pereskiaefolia</i> (Jacq.) H.B.K.
	<i>Tillandsia tricholepis</i> Baker	<i>Peperomia circinnata</i> Link
	<i>Tillandsia loliacea</i> Mart. ex Schult.f.	<i>Peperomia tetraphylla</i> (G. Forst.) Hook. & Arn.
	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	POLYPODIACEAE
CACTACEAE		<i>Campyloneurum rigidum</i> J. Sm.
	<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) Haw.	<i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota
	<i>Lepismium cruciforme</i> (Vell.) Miq.	<i>Pecluma filicula</i> (Kaulf.) M. G. Price
	<i>Lepismium warmingianum</i> (Schumann) Barthlott	<i>Pleopeltis angusta</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
	<i>Rhipsalis cereuscula</i> Haw.	<i>Polypodium menisciifolium</i> Langsd. & Fisch.
ORCHIDACEAE		<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt
	<i>Miltonia flavescens</i> Lindl.	VISCACEAE
	<i>Ornithocephalus myrticola</i> Lindl.	<i>Phoradendron mucronatum</i> (DC.) Krug & Urb.
		VITTARIACEAE
		<i>Vittaria lineata</i> (L.) Sm.

### 2.3.3. Lianas lenhosas de uma Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus

O levantamento florístico realizado em 2ha dos 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus (E.E.C.) catalogou 76 espécies de lianas lenhosas, distribuídas por 52 gêneros e 19 famílias (Tabela 2.3.3).

As famílias com maior riqueza de espécies foram Bignoniaceae com 26 espécies, o que representa 34% do total amostrado, seguida por Sapindaceae, com 11 (14%), Apocynaceae e Malpighiaceae, com 7 cada (9%) e Leguminosae, com 6 espécies (8%) (Figura 2.3.3.1). Essas famílias com maior riqueza abrangem 74% das espécies, evidenciando que poucas são aquelas com um número maior de táxons, corroborando os dados citados nos estudos realizados em florestas estacionais semidecíduais do Estado de São Paulo (Rezende 1997, Morellato & Leitão-



Filho 1998, Hora 1999, Udulutsch 2001), que incluíram estas famílias, entre aquelas com maior riqueza de espécies de lianas.

Tabela 2.3.3. Listagem das espécies de lianas lenhosas ocorrentes na Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus.

AMARANTHACEAE	<i>Hebanthe paniculata</i> Mart.	<i>Tetrapterys phlomoides</i> (Sprengel) Nied.
APOCYNACEAE	<i>Condylocarpon isthmicum</i> (Vell.) A. DC. <i>Forsteronia australis</i> Müll. Arg. <i>Fosteronia pilosa</i> (Vell.) Müll. Arg. <i>Forsteronia pubescens</i> DC. <i>Prestonia coalita</i> (Vell.) Woodson <i>Prestonia tomentosa</i> R. Br. <i>Temnadenia violacea</i> (Vell.) Miers.	MENDONCIACEAE <i>Mendoncia velloziana</i> Mart.
BIGNONIACEAE	<i>Adenocalymma bracteatum</i> (Cham.) DC. <i>Adenocalymma marginatum</i> (Cham.) DC. <i>Adenocalymma paulistarum</i> Bureau & K. Schum. <i>Amphilophium paniculatum</i> (L.) Kunth <i>Anemopaegma chamberlaynii</i> (Sims) Bureau & K. Schum.	NYCTAGINACEAE <i>Bougainvillea glabra</i> Choisy <i>Pisonia aculeata</i> L.
Schum.	<i>Arrabidaea brachypoda</i> (A. DC.) Bureau <i>Arrabidaea chica</i> (Humb. & Bonpl.) B. Verl. <i>Arrabidaea conjugata</i> (Vell.) Mart. <i>Arrabidaea florida</i> A. DC. <i>Arrabidaea pulchella</i> Bureau <i>Arrabidaea pulchra</i> (Cham.) Sandwith <i>Arrabidaea samydoidea</i> (Cham.) Sandwith <i>Arrabidaea triplinervia</i> (Mart. ex DC.) Baill. ex Bureau	PHYTOLACCACEAE <i>Seguiera floribunda</i> Benth.
Bureau	<i>Clytostoma sciuripabulum</i> Bureau & K. Schum. <i>Cuspidaria convoluta</i> (Vell.) A. Gentry <i>Distictella elongata</i> (Vahl) Urb. <i>Fridericia speciosa</i> Mart. <i>Glaziovina bauhinioides</i> Bureau ex Baill. <i>Lundia obliqua</i> Sonder <i>Macfadyena mollis</i> (Sond.) Seem. <i>Macfadyena unguis-cati</i> (L.) A. H. Gentry <i>Mansoa difficilis</i> (Cham.) Bureau & K. Schum. <i>Pithecoctenium crucigerum</i> (L.) A. H. Gentry <i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers. <i>Stizophyllum perforatum</i> (Cham.) Miers <i>Tynanthus micranthus</i> Corr. Mélo ex K. Schum.	RHAMNACEAE <i>Gouania acalyphoides</i> Reissek
		SAPINDACEAE <i>Cardiospermum grandiflorum</i> Sw. <i>Paullinia rhomboidea</i> Radlk. <i>Serjania caracasana</i> (Jacq.) Willd. <i>Serjania fuscifolia</i> Radlk. <i>Serjania glabrata</i> Kunth <i>Serjania laruotheana</i> Cambess. <i>Serjania meridionalis</i> Cambess. <i>Serjania multiflora</i> Cambess. <i>Serjania pinnatifolia</i> Radlk. <i>Thinouia ventricosa</i> Radlk. <i>Urvillea laevis</i> Radlk.
		SOLANACEAE <i>Lycianthes australe</i> (Morton) A. T. Hunz & Barboza <i>Solanum hirtellum</i> (Spreng.) Hassl.
		STERCULIACEAE <i>Byttneria catalpifolia</i> Jacq.
		TRIGONIACEAE <i>Trigonia nivea</i> Cambess.
		ULMACEAE <i>Celtis iguanae</i> (Jacq.) Sarg.
		VERBENACEAE <i>Petrea volubilis</i> L.
		VITACEAE <i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C. E. Jarvis
CACTACEAE	<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	
DILLENIACEAE	<i>Davilla rugosa</i> Poir. <i>Dolioscarpus dentatus</i> (Aubl.) Standl. <i>Dolioscarpus</i> sp.	
HIPPOCRATEACEAE	<i>Anthodon decussatum</i> Ruiz & Pav. <i>Hippocratea volubilis</i> L.	
LEGUMINOSAE	CAESALPINIOIDEAE <i>Bauhinia microstachya</i> (Raddi) J. F. Macbr.	
	FABOIDEAE <i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton <i>Dioclea</i> cf. <i>virgata</i> (Rich.) Amshoff	
	MIMOSOIDEAE <i>Acacia molissima</i> Willd. <i>Acacia plumosa</i> Lowe <i>Acacia polyphylla</i> DC.	
MALPIGHIACEAE	<i>Banisteriopsis muricata</i> (Cav.) Cuatrec. <i>Banisteriopsis oxyclada</i> (A. Juss.) B. Gates <i>Dicella bracteosa</i> (A. Juss.) Griseb. <i>Heteropterys</i> sp. <i>Mascagnia cordifolia</i> (A. Juss.) Griseb. <i>Tetrapterys multiglandulosa</i> A. Juss.	

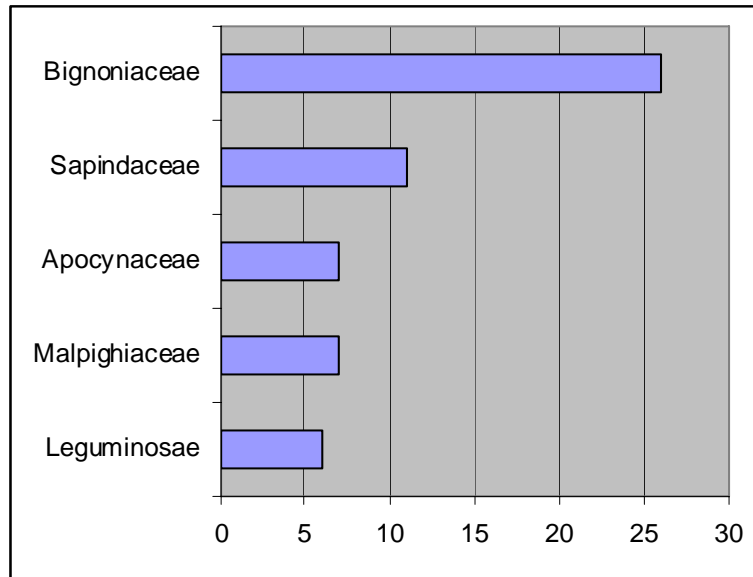


Figura 2.3.3.1. Famílias mais representativas, segundo o número de espécies de lianas lenhosas ocorrentes na área amostrada da Estação Ecológica de Caetetus

## 2.4. Estação Ecológica de Assis

### 2.4.1. Espécies Arbóreas amostradas em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Cerradão, na Estação Ecológica de Assis

Na parcela permanente da Estação Ecológica de Assis, com 10,24ha de área amostrada, foram amostrados 21.929 indivíduos com  $CAP \geq 15\text{cm}$ , distribuídos em 116 espécies, 84 gêneros e 44 famílias botânicas. Dentre essas, 112 foram identificadas até a categoria taxonômica de espécie e quatro até gênero. Também foram registradas 16 novas ocorrências de espécies para a área de estudo (Tabela 2.4.1.1).

A maior parte das famílias é representada por apenas uma ou duas espécies (64%). No entanto, algumas são bastante representativas com relação à riqueza de espécies, como é o caso de Myrtaceae com 16 espécies, Fabaceae (7), Lauraceae (6) e Euphorbiaceae, Mimosaceae e Vochysiaceae, com cinco espécies cada (Figura 2.4.1.1).

Quando se considera o número de indivíduos em cada família, a seqüência se altera para Caesalpiniaceae (3.941 indivíduos), Vochysiaceae (2.569) e Myrtaceae (2.313) (Figura 2.4.1.2). A posição de destaque de Caesalpiniaceae, representada por apenas três espécies na área, deve-se à quantidade de indivíduos de *Copaifera langsdorffii* (Copaíba ou Pau d'óleo), representando 18% do total de indivíduos amostrados. O mesmo pôde ser observado para Vochysiaceae, com *Vochysia tucanorum* (Tucaneiro ou Pau de tucano) como a segunda espécie mais freqüente. Por





outro lado, a posição assumida por Myrtaceae deve-se primeiramente à riqueza de espécies ocorrentes na área e em segundo lugar à quantidade de indivíduos de *Myrcia guianensis* e *Myrcia multiflora*. Além destas espécies, outras também se destacam pela quantidade de indivíduos tais como *Xylopia aromatica* (Annonaceae), *Ocotea corymbosa* (Lauraceae) e *Machaerium acutifolium* (Fabaceae) (Figura 2.4.1.3).

Tabela 2.4.1.1. Espécies arbóreas amostradas na Parcela Permanente de 10,24ha, em um trecho de cerradão da Estação Ecológica de Assis, SP (\* novas ocorrências para a área de estudo).

ANACARDIACEAE	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl. <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.		
ANNONACEAE	<i>Annona crassiflora</i> Mart. <i>Duguetia lanceolata</i> A. St.–Hil. <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.		
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.		
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex brasiliensis</i> (Spreng.) Loes. <i>Ilex paraguariensis</i> A. St.–Hil.		
ARALIACEAE	<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schtdl.) Frodin & Fiaschi		
ARECACEAE	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman		
ASTERACEAE	<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera <i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker		
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia</i> sp.		
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns		
BURSERACEAE	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand		
CAESALPINIACEAE	<i>Bauhinia</i> cf. <i>brevipes</i> Vogel <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.		
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.		
CELASTRACEAE	<i>Maytenus robusta</i> Reissek <i>Plenckia populnea</i> Reissek		
CHRYSOBALANACEAE	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f. <i>Licania humilis</i> Cham. & Schtdl.		
CLETHRACEAE	<i>Clethra scabra</i> Pers.		
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.		
COMBRETACEAE	<i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess. ex A.St.–Hil.) Eichler		
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O. E. Schulz <i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.–Hil. <i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.*		
EUPHORBIACEAE	<i>Actinostemon communis</i> (Müll. Arg.) Pax <i>Croton floribundus</i> Spreng. <i>Mabea fistulifera</i> Mart. <i>Maprounea guianensis</i> Aubl.		
			<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.
		FABACEAE	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel <i>Machaerium brasiliense</i> Vogel <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms <i>Platypodium elegans</i> Vogel
		FLACOURTIACEAE	<i>Casearia decandra</i> Jacq. <i>Casearia lasiophylla</i> Eichler <i>Casearia sylvestris</i> Sw.
		LAURACEAE	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J. F. Macbr. <i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart. <i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.* <i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez <i>Ocotea velloziana</i> (Meisn.) Mez <i>Persea pyrifolia</i> (Don) Spreng.
		LOGANIACEAE	<i>Strychnos pseudoquina</i> A. St.–Hil.* <i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.
		LYTHRACEAE	<i>Lafoensia pacari</i> A. St.–Hil.
		MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss. <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth <i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.*
		MELASTOMATACEAE	<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin <i>Miconia sellowiana</i> Naudin <i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.
		MELIACEAE	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart. <i>Trichilia pallida</i> Sw.
		MIMOSACEAE	<i>Acacia polyphylla</i> DC. <i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg. <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J. F. Macbr. <i>Plathymeria reticulata</i> Benth. <i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.
		MONIMIACEAE	<i>Mollinedia widgrenii</i> A. DC.* <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.
		MORACEAE	<i>Ficus guaranítica</i> Chodat <i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul <i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W. C. Burger, Lanj. & Wess.Boer
		MYRSINACEAE	<i>Rapanea lancifolia</i> (Mart.) Mez <i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez
		MYRTACEAE	<i>Calyptanthes clusiaefolia</i> (Miq.) O. Berg



<i>Eugenia aurata</i> O. Berg	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Mull. Arg.
<i>Eugenia moraviana</i> O. Berg*	<i>Faramea montevidensis</i> (Cham. & Schldl.) DC.*
<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	<i>Ixora brevifolia</i> Benth.*
<i>Eugenia</i> sp.1	RUTACEAE
<i>Eugenia</i> sp.2	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.*
<i>Gomidesia affinis</i> (Cambess.) D. Legrand	SAPINDACEAE
<i>Myrcia bella</i> Cambess.	<i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk.*
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.*	SAPOTACEAE
<i>Myrcia linguaeformis</i> (O.Berg) N.J.E.Silveira*	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	STYRACACEAE
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	<i>Styrax camporum</i> Pohl
<i>Myrcia venulosa</i> DC.	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.
<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West. ex Willd.) O. Berg*	SYMPLOCACEAE
<i>Psidium</i> sp.	<i>Symplocos mosenii</i> Brand.*
NYCTAGINACEAE	<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth.
<i>Guapira graciliflora</i> (Schmidt) Lundell	THYMELAEACEAE
<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell*	<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	TILIACEAE
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	VOCHYSIACEAE
OCHNACEAE	<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.
PROTEACEAE	<i>Qualea multiflora</i> Mart.
<i>Roupala montana</i> Aubl.	<i>Qualea parviflora</i> Mart.
ROSACEAE	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	
RUBIACEAE	
<i>Amaioua intermedia</i> Mart.*	

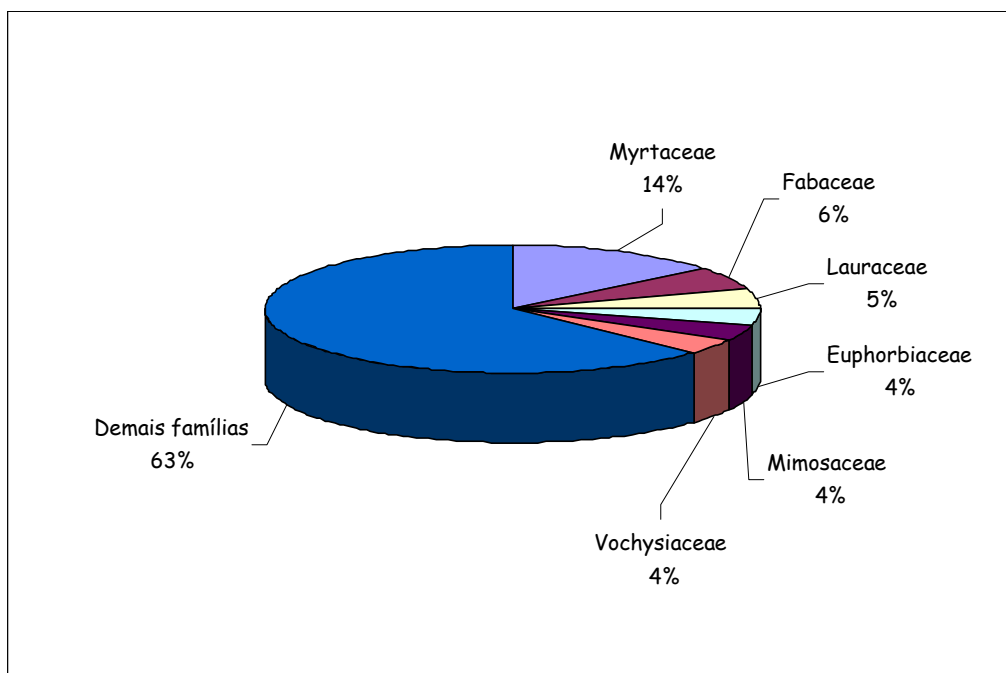


Figura 2.4.1.1. Famílias mais representativas com relação à riqueza de espécies (10,24ha de Cerradão da Parcela Permanente alocada na E.E. de Assis).

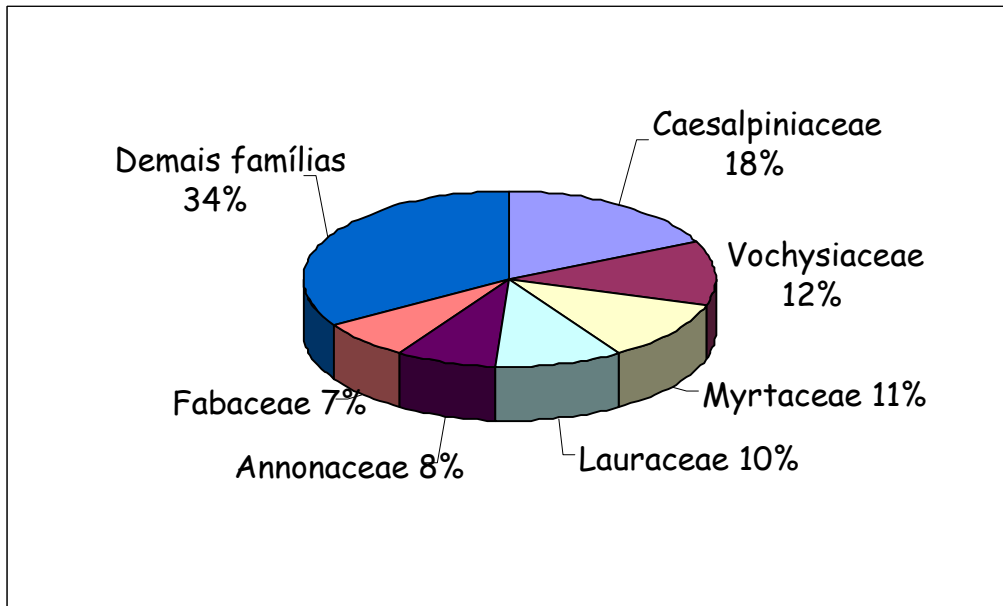


Figura 2.4.1.2. Famílias mais representativas com relação ao número de indivíduos (10,24ha de Cerradão da Parcela Permanente alocada na E.E. de Assis).

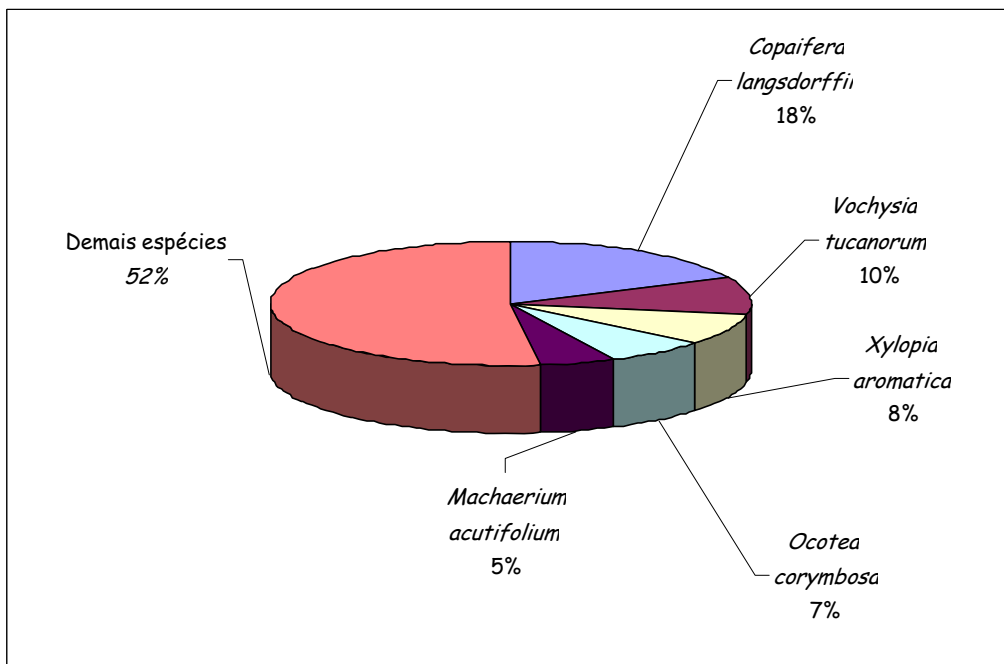


Figura 2.4.1.3. Espécies mais representativas com relação ao número de indivíduos (10,24ha de Cerradão da Parcela Permanente alocada na E.E. de Assis)



## 2.4.2. Epífitos amostrados em 10,24ha de uma Parcela Permanente de Cerradão, na Estação Ecológica de Assis

O inventário florístico dos epífitos, realizado nas 50 subparcelas (2ha) da parcela permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis, incluiu a análise de 2.510 árvores, revelando a ocorrência de 16 espécies de epífitos vasculares, pertencentes a 11 gêneros e cinco famílias. A família mais rica foi Polypodiaceae, com sete espécies, seguida por Bromeliaceae com quatro, Orchidaceae com três e Viscaceae e Vittariaceae com uma espécie cada (tabela 2.1.2.1).

O número de espécies de epífitos por forófito mostrou relação significativa e negativa com a altura total do forófito, mas não com o DAP do forófito. O número de espécies de epífitos por parcela não esteve relacionado com a média do DAP das árvores da parcela, com a média da altura total das árvores ou com o número de indivíduos arbóreos por parcela.

Os epífitos ocorreram preferencialmente nos intervalos de altura a partir do solo até 1m e de 1 até 2m na distribuição vertical. Quanto à co-ocorrência, as espécies epífiticas apresentaram um padrão aleatório. Na comunidade de epífitos do cerradão, o hábito mais freqüente foi o holoepifitismo; a dispersão anemocória e a polinização zoofílica foram as síndromes mais freqüentes.

Tabela 2.4.2.1. Listagem das espécies de epífitos amostrados na Parcela Permanente de 10,24ha, em um trecho de cerradão da Estação Ecológica de Assis, SP.

---

### BROMELIACEAE

*Acanthostachys strobilacea* (Schult.f.) Klotzsch

*Billbergia zebrina* (Herb.) Lindl.

*Tillandsia pohliana* Mez

*Tillandsia recurvata* (L.) L.

### ORCHIDACEAE

*Catasetum fimbriatum* (E. Morren) Lindl. & Paxton

*Epidendrum elongatum* Jacq.

*Rodriguesia decora* Rchb.f.

### POLYPODIACEAE

*Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota

*Microgramma vacciniifolia* (Langsd. & Fisch.) Copel.

*Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd.

*Polypodium astrolepis* (Liebm.) E. Fourn.

*Polypodium catharinae* Langsd. & Fisch.

*Polypodium hirsutissimum* Raddi

*Polypodium latipes* Langsd. & Fisch.

### VISCACEAE

*Phoradendron falcifrons* (Hook. & Arn.) Eichler

### VITTARIACEAE

*Vittaria lineata* (L.) Sm.

---



### ***Agradecimentos:***

Especificamente em relação a este capítulo os autores gostariam de manifestar seus agradecimentos a todos aqueles que auxiliaram na identificação taxonômica, em particular a Ângela B. Martins, Fábio de Barros, Fiorella F. Mazine, Inês Cordeiro, Jefferson Prado, João B. Baitello, João Renato Stehmann, José Eduardo L. S. Ribeiro, José Rubens Pirani, Júlio Lombardi, Luís Carlos Bernacci, Luíza S. Kinoshita, Marcos Sobral, Marcus Nadruz, Maria Cândida H. Mamede, Maria das Graças L. Wanderley, Maria Sílvia Ferrucci, Milton Groppo Jr., Osny Aguiar, Pedro Fiaschi, Renato Goldenberg, Rodrigo B. Singer, Sigrid J. Mendaçolli e Vinícius A. O. Dittrich.



### 3. Fitossociologia

Alexandre Adalardo de Oliveira

Anselmo Nogueira

Camila de Toledo Castanho,

Carolina Mathias Noreira

Daniela Sampaio

Geraldo A. Daher Corrêa Franco

João Luiz Ferreira Batista

Juliana Ortega

Marcos Sandrini

Maria Teresa Zugliani Toniato

Natália Macedo Ivanauskas

Ricardo Ribeiro Rodrigues

Tiago Egydio Barreto

Vinicius Castro Souza

#### 3.1. Metodologia

Cada uma das quatro Parcelas Permanentes, de 10,24ha, foi subdividida em 256 subparcelas de 20x20m (400m<sup>2</sup>). Nestas parcelas foram amostrados todos os indivíduos com perímetro à altura do peito (PAP) maior ou igual a 15 cm, exceto para os indivíduos que perfilharam acima do solo e abaixo da altura do peito (1,30 m). Para estes, foi adotado o seguinte critério: o indivíduo foi incluído quando pelo menos uma das ramificações obedecia ao critério de inclusão, sendo então anotado o PAP de todas as ramificações para o cálculo da área basal. Para cada indivíduo amostrado foram anotados valores de PAP, a altura estimada (distância do ápice da copa ao solo, numa linha perpendicular a este), a espécie e observações de campo.

Coletou-se material botânico de cada indivíduo amostrado para identificação, que foi realizada por meio de bibliografia adequada e comparação com exsiccatas existentes em herbários. Espécimes pertencentes às famílias de taxonomia complexa e as indeterminadas foram enviados para confirmação e/ou identificação por especialistas. Os espécimes foram agrupados em famílias de acordo com o sistema de Cronquist (1988). Após a identificação, o material foi incorporado ao Herbário ESA, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.

Para a obtenção dos parâmetros fitossociológicos foram utilizados os registros da 2ª medição (2005) e foi utilizado o software estatístico R-package. Para cada espécie foram calculados os valores absolutos e relativos de densidade, dominância e frequência, além dos índices de valor de cobertura (IVC) e de importância (IVI). As definições destes parâmetros e as



fórmulas para os cálculos estão descritas em Müller-Dombois & Elleberg (1974) e Martins (1993). Também foram calculados os índices de diversidade de Shannon e equabilidade.

## 3.2. Resultados

### 3.2.1. Parcela Permanente de Floresta de Restinga de Parque Estadual da Ilha do Cardoso

Na parcela de 10,24ha de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso foram realizados dois censos nos quais foram registrados 15517 indivíduos arbustivos/arbóreos distribuídos em 43 famílias e 114 espécies. Em termos de área basal total isto representa 293,5 m<sup>2</sup> para a parcela toda (10,24ha), ou uma média de 28,7 m<sup>2</sup> por hectare. Dos indivíduos registrados, 465 (2,9%) estavam mortos ou desapareceram no segundo censo.

Os dados apresentados a seguir são referentes aos indivíduos vivos registrados no segundo censo. A média de indivíduos amostrados por subparcela de 20x20m foi de 60,6 ± 11,0 (média ± desvio padrão), com um coeficiente de variação de 18%. Os pequenos valores de amplitude de variação indicam que, com relação ao parâmetro densidade, esta floresta é bastante homogênea. O valor de área basal médio (28,7 m<sup>2</sup> por hectare) é próximo ao encontrado em outro trecho menor de Floresta de Restinga amostrado no próprio PEIC (Sugiyama, 1998) e em outros estudos em Florestas de Restinga (ver tabela em Assis et al. 2004) e similar ao encontrado na parcela permanente de Floresta Ombrófila Densa do P.E. de Carlos Botelho (item 3.2.2).

Dados gerados com sub-amostras da Parcela Permanente estimaram área basal média de mais de 65 m<sup>2</sup>/ha e cerca de 7170 indivíduos/ha, se incluído árvores com DAP maior ou igual a 1cm, sendo a compatibilidade no critério de inclusão decisivo para comparação dos dados gerados em estudos com Parcelas Permanentes. Apesar do perfilhamento ser uma situação bastante comum nas florestas de restinga (Silva *et al.*, 1993; Assumpção e Nascimento, 2000; Sugiyama, 1998; Carvalhaes, 1997), 89% dos indivíduos apresentaram apenas um fuste e 10,2% apresentam entre 2-4 fustes. Apenas um indivíduo, identificado como *Marlieria racemosa* (Myrtaceae), apresentou 10 fustes, sendo esse o maior número de perfilhamentos ocorrido.

O dossel praticamente contínuo apresentou altura entre 12 e 15 metros, dando destaque à indivíduos emergentes de *Tapirira guianensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Ocotea pulchella*, *Balizia pedicellares*, *Abarema langsdorfii* e *Manilkara subcericeae*. No dossel e subdossel destacam-se indivíduos de *Euterpe edulis*, *Amaioua intermedia*, *Schefflera angustissima*, *Andira antheimia*, *Ternstroemia brasiliensis*, *Pera glabrata* e *Myrcia racemosa*.



Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Parcela Permanente da Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – Cananéia. Dados do censo de 2005. Espécies ordenadas em seqüência decrescente de IVC. N=número de indivíduos; DoR=dominância relativa (%); DeR=densidade relativa (%); FR=frequência relativa (%); IVI=índice de valor de importância; IVC=índice de valor de cobertura.

Espécies	Ni	DeR	FR	DoR	IVE	IVC
<i>Euterpe edulis</i>	3074	19,811	4,064	4,776	28,650	24,586
<i>Calophyllum brasiliense</i>	419	2,700	2,980	15,582	21,263	18,283
<i>Ocotea pulchella</i>	553	3,564	2,980	11,961	18,505	15,525
<i>Tapirira guianensis</i>	511	3,293	3,171	6,636	13,100	9,929
<i>Xylopia langsdorffiana</i>	958	6,174	3,554	2,376	12,103	8,550
<i>Amaioua intermedia</i>	843	5,433	3,522	3,012	11,967	8,445
<i>Balizia pedicellaris</i>	167	1,076	1,865	7,301	10,242	8,378
<i>Schefflera angustissima</i>	588	3,789	3,442	3,358	10,589	7,147
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	555	3,577	2,263	3,033	8,873	6,610
<i>Pera glabrata</i>	533	3,435	3,203	2,648	9,286	6,083
<i>Andira anthelmia</i>	569	3,667	3,442	2,388	9,497	6,055
<i>Manilkara subsericea</i>	228	1,469	1,849	3,391	6,709	4,860
<i>Calyptanthes concinna</i>	334	2,152	2,327	2,194	6,673	4,347
<i>Myrcia racemosa</i>	454	2,926	2,821	0,950	6,696	3,876
<i>Ocotea aciphylla</i>	272	1,753	2,040	2,119	5,911	3,872
<i>Pouteria beaurepairei</i>	258	1,663	2,438	1,884	5,985	3,546
<i>Psidium cattleyanum</i>	243	1,566	2,263	1,876	5,705	3,442
<i>Ilex theezans</i>	189	1,218	1,355	2,196	4,769	3,414
<i>Eugenia sulcata</i>	189	1,218	1,896	2,131	5,246	3,349
<i>Byrsonima ligustrifolia</i>	223	1,437	1,705	1,088	4,230	2,525
<i>Miconia cubatanensis</i>	278	1,792	1,944	0,414	4,150	2,206
<i>Gomidesia fenziiana</i>	142	0,915	1,116	1,264	3,295	2,179
<i>Garcinia gardneriana</i>	253	1,630	1,992	0,523	4,146	2,154
<i>Marlierea racemosa</i>	198	1,276	1,275	0,433	2,984	1,709
<i>Gomidesia schaueriana</i>	117	0,754	1,386	0,910	3,051	1,664
<i>Aparisthmium cordatum</i>	211	1,360	1,514	0,277	3,150	1,636
<i>Matayba guianensis</i>	95	0,612	1,163	0,970	2,745	1,582
<i>Maytenus robusta</i>	163	1,050	1,562	0,405	3,017	1,455
<i>Myrcia multiflora</i>	115	0,741	1,131	0,707	2,580	1,448
<i>Myrcia sp.</i>	149	0,960	1,514	0,411	2,885	1,371
<i>Clusia criuva</i>	102	0,657	1,100	0,686	2,442	1,343
<i>Heisteria silvianii</i>	116	0,748	1,163	0,583	2,493	1,330
<i>Ormosia arborea</i>	96	0,619	1,227	0,694	2,539	1,312
<i>Myrcia glabra</i>	69	0,445	0,876	0,770	2,091	1,214
<i>Myrcia bicarinata</i>	96	0,619	0,749	0,521	1,889	1,140
<i>Pimenta cf. pseudocaryophyllus</i>	64	0,412	0,813	0,646	1,871	1,058
<i>Eugenia umbelliflora</i>	69	0,445	0,813	0,492	1,750	0,937
<i>Guatteria australis</i>	108	0,696	1,243	0,179	2,118	0,875
<i>Alchornea triplinervia</i>	52	0,335	0,701	0,504	1,540	0,839
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>	79	0,509	0,797	0,266	1,572	0,775
<i>Posoqueria latifolia</i>	77	0,496	0,940	0,275	1,711	0,771
<i>Jacaranda puberula</i>	58	0,374	0,765	0,393	1,532	0,767
<i>Siphoneugena guilfoyleiana</i>	56	0,361	0,669	0,397	1,427	0,758
<i>Alibertia myrciifolia</i>	93	0,599	1,084	0,119	1,802	0,718
<i>Aiouea saligna</i>	43	0,277	0,574	0,419	1,270	0,697
<i>Myrcia grandiflora</i>	63	0,406	0,781	0,282	1,469	0,688
<i>Ilex amara</i>	74	0,477	0,892	0,169	1,539	0,646
<i>Aniba viridis</i>	63	0,406	0,717	0,218	1,341	0,624





Espécies	Ni	DeR	FR	DoR	IVE	IVC
<i>Rapanea umbellata</i>	59	0,380	0,653	0,202	1,236	0,582
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	53	0,342	0,653	0,241	1,235	0,582
<i>Erythroxylum amplifolium</i>	64	0,412	0,494	0,160	1,067	0,573
<i>Ocotea pulchra</i>	49	0,316	0,574	0,252	1,142	0,568
<i>Podocarpus sellowii</i>	26	0,168	0,335	0,365	0,868	0,533
<i>Endlicheria paniculata</i>	55	0,354	0,685	0,169	1,209	0,524
<i>Ocotea venulosa</i>	45	0,290	0,558	0,220	1,067	0,510
<i>Nectandra oppositifolia</i>	33	0,213	0,398	0,273	0,884	0,486
<i>Humiriastrum dentatum</i>	42	0,271	0,574	0,206	1,051	0,477
<i>Coussapoa microcarpa</i>	34	0,219	0,494	0,238	0,951	0,457
<i>Gomidesia affinis</i>	54	0,348	0,749	0,099	1,196	0,447
<i>Xylopiia brasiliensis</i>	25	0,161	0,367	0,247	0,775	0,408
<i>Rapanea venosa</i>	37	0,238	0,430	0,155	0,824	0,393
<i>Clethra scabra</i>	26	0,168	0,398	0,202	0,768	0,370
<i>Eugenia stigmata</i>	41	0,264	0,558	0,083	0,905	0,348
<i>Gordonia fruticosa</i>	16	0,103	0,239	0,202	0,545	0,306
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	26	0,168	0,303	0,132	0,602	0,299
<i>Tabebuia alba</i>	31	0,200	0,414	0,066	0,680	0,265
<i>Ocotea dispersa</i>	31	0,200	0,398	0,052	0,650	0,252
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	19	0,122	0,303	0,126	0,551	0,248
<i>Eugenia neoglomerata</i>	20	0,129	0,303	0,118	0,549	0,247
<i>Mollinedia schottiana</i>	22	0,142	0,239	0,088	0,469	0,230
<i>Hirtella hebeclada</i>	22	0,142	0,223	0,086	0,451	0,227
<i>Geonoma schottiana</i>	26	0,168	0,239	0,058	0,464	0,225
<i>Abarema langsdorffii</i>	14	0,090	0,191	0,112	0,394	0,203
<i>Chionanthus filiformis</i>	14	0,090	0,207	0,090	0,387	0,180
<i>Nectandra grandiflora</i>	19	0,122	0,271	0,053	0,446	0,175
<i>Cybianthus peruvianus</i>	21	0,135	0,255	0,024	0,414	0,159
<i>Hymenolobium janeirense</i>	17	0,110	0,255	0,049	0,414	0,159
<i>Guarea macrophylla</i>	18	0,116	0,223	0,027	0,366	0,143
<i>Hedyosmum brasiliense</i>	17	0,110	0,223	0,030	0,363	0,140
<i>Myrcia rostrata</i>	15	0,097	0,239	0,033	0,369	0,130
<i>Ficus sp.</i>	10	0,064	0,143	0,058	0,265	0,122
<i>Mollinedia boracensis</i>	14	0,090	0,207	0,026	0,323	0,116
<i>Tabebuia cassinoides</i>	11	0,071	0,127	0,042	0,240	0,113
<i>Sloanea guianensis</i>	8	0,052	0,127	0,055	0,234	0,107
<i>Maprounea guianensis</i>	8	0,052	0,127	0,055	0,234	0,106
<i>Cabrlea canjerana</i>	10	0,064	0,143	0,036	0,244	0,100
<i>Guapira opposita</i>	12	0,077	0,175	0,021	0,273	0,098
<i>Rapanea guianensis</i>	6	0,039	0,096	0,059	0,193	0,098
<i>Cecropia pachystachya</i>	9	0,058	0,112	0,037	0,206	0,095
<i>Daphnopsis racemosa</i>	11	0,071	0,175	0,021	0,267	0,092
<i>Styrax glaber</i>	8	0,052	0,127	0,037	0,216	0,088
<i>Neomitranthes glomerata</i>	7	0,045	0,112	0,038	0,195	0,083
<i>Miconia chartacea</i>	7	0,045	0,096	0,008	0,149	0,053
<i>Abarema brachystachya</i>	6	0,039	0,096	0,012	0,146	0,051
<i>Cordia sellowiana</i>	3	0,019	0,048	0,028	0,095	0,047
<i>Myrcia insularis</i>	3	0,019	0,048	0,027	0,094	0,046
<i>Tibouchina trichopoda</i>	6	0,039	0,064	0,007	0,109	0,045
<i>Ilex pseudobuxus</i>	5	0,032	0,080	0,007	0,119	0,040
<i>Rollinia sericea</i>	4	0,026	0,064	0,013	0,102	0,039
<i>Persea cf. pyrifolia</i>	4	0,026	0,064	0,005	0,095	0,031
<i>Miconia saldanhaei</i>	4	0,026	0,064	0,004	0,094	0,030



Espécies	Ni	DeR	FR	DoR	IVE	IVC
<i>Ouratea parviflora</i>	4	0,026	0,048	0,004	0,077	0,029
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	3	0,019	0,048	0,010	0,077	0,029
<i>Myrcia pubipetala</i>	1	0,006	0,016	0,022	0,044	0,028
<i>Malouetia arborea</i>	2	0,013	0,032	0,008	0,053	0,021
<i>Ximenia americana</i>	1	0,006	0,016	0,011	0,034	0,018
<i>Solanum cinnamomeum</i>	1	0,006	0,016	0,009	0,032	0,016
<i>Bactris setosa</i>	2	0,013	0,032	0,003	0,047	0,016
<i>Ecclinusa ramiflora</i>	1	0,006	0,016	0,002	0,025	0,009
<i>Piptocarpha oblonga</i>	1	0,006	0,016	0,001	0,024	0,008
<i>Symplocos laxiflora</i>	1	0,006	0,016	0,001	0,024	0,008
<i>Croton sphaerogynus</i>	1	0,006	0,016	0,001	0,023	0,008
<i>Psychotria sp.</i>	1	0,006	0,016	0,001	0,023	0,007
<i>Ocotea sp.</i>	1	0,006	0,016	0,001	0,023	0,007

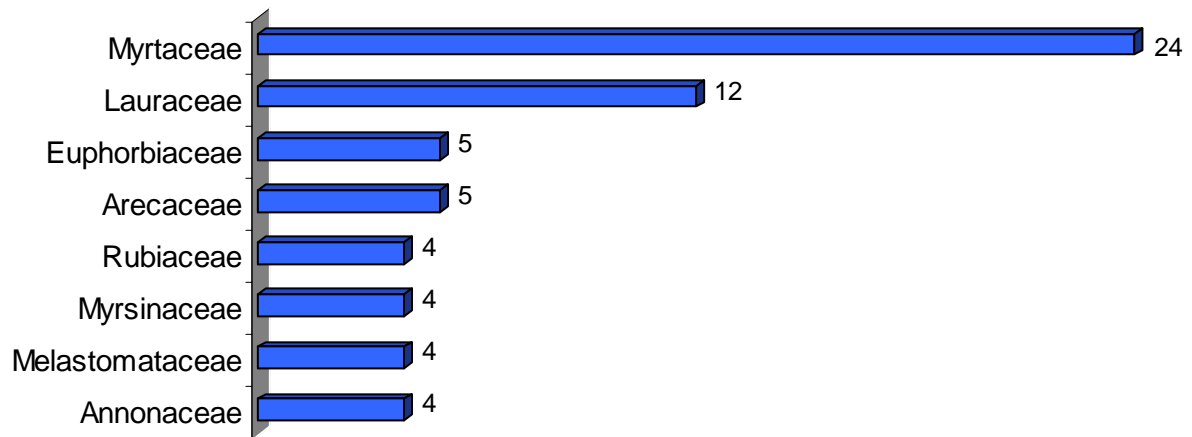


Figura 1. Famílias de maior riqueza no levantamento fitossociológico de parcela permanente de 10 ha de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia-SP. Dados de 2005.

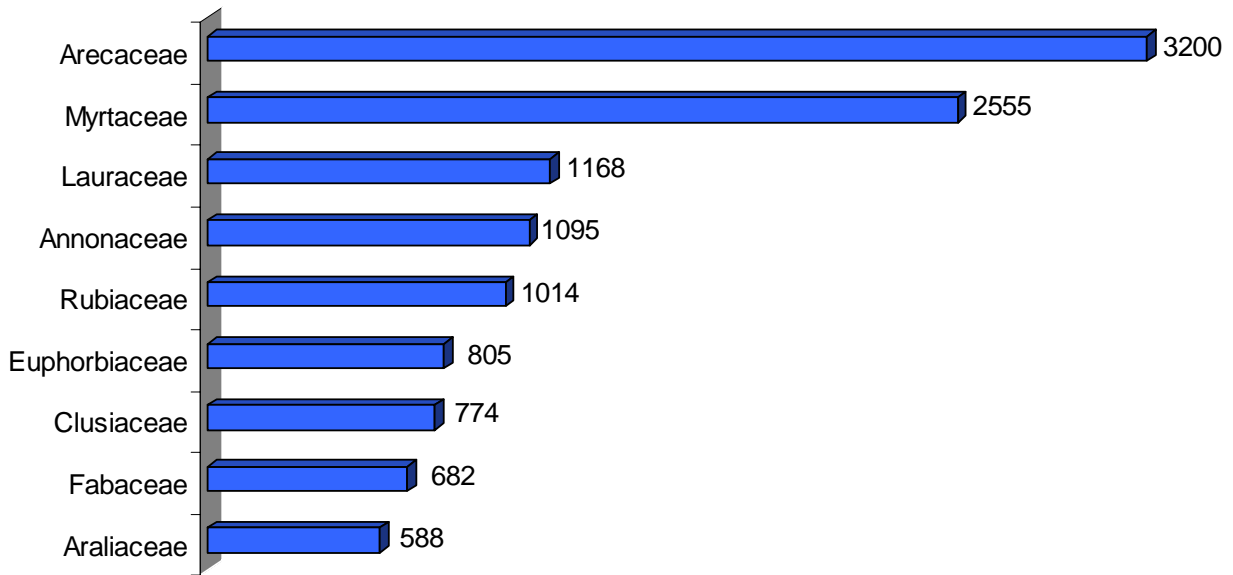


Figura 2. Famílias de maior densidade no levantamento fitossociológico de parcela permanente de 10 ha da Floresta de Restinga do Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia-SP . Dados de 2005.

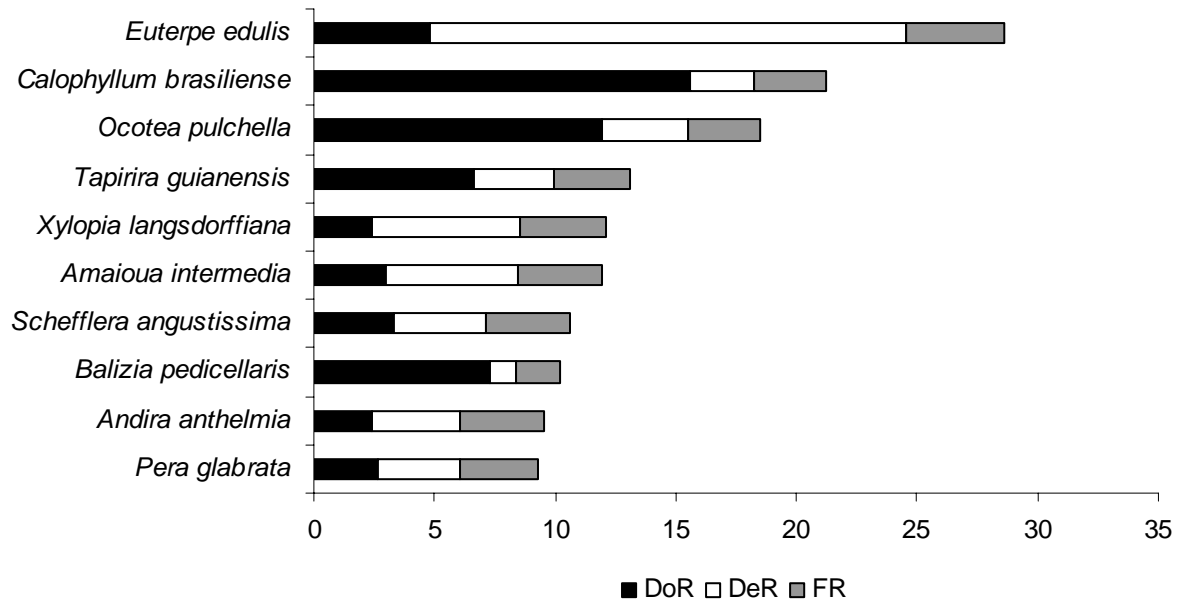


Figura 3. Espécies de maior valor de importância no levantamento fitossociológico de parcela permanente de 10 ha da Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia-SP. Dados de 2005. DoR – Dominância relativa, DeR – Densidade Relativa, FR – Frequência relativa.

Ao reunir 21% do total de espécies registradas para a Parcela Permanente (10,24ha) de Floresta de Restinga, Myrtaceae destacou-se como a família mais diversificada (Figura 01). Apesar de contribuir com a metade do número de espécies de Myrtaceae, Lauraceae também foi notável ao apresentar 11% das espécies amostradas. Nas demais famílias este valor não ultrapassou 5% (Figura 01). A grande riqueza de Myrtaceae em Florestas de Restinga já foi extensivamente registrada em outros trabalhos, como: Sugiyama (1998) em outro trecho da Ilha do Cardoso, SP; Carvalhaes (1997) em Iguape, SP; Silva *et al* (1993) na Ilha do Mel, PR; Assis *et al* (2004) em Guarapari, ES; Assumpção e Nascimento (2000) em São João da Barra, RJ e Trindade (1991, *apud* Assis *et al*, 2004) em Natal, RN.

Além da grande riqueza de espécies Myrtaceae também apresenta grande número de indivíduos, aproximadamente 17% dos indivíduos registrados na Parcela Permanente (Figura 2). Estes resultados estão de acordo com a constatação de Araújo e Henrique (1984 *apud* Silva *et al*, 1993) de que Myrtaceae é a família que melhor caracteriza a flora das restingas do Brasil. No entanto, em número de indivíduos, a família mais importante é Arecaceae, com aproximadamente 21% do total de indivíduos registrados (Figura 02). A alta densidade de indivíduos de Arecaceae está vinculada à densidade de uma única espécie, *Euterpe edulis* (*palmito juçara*), que sozinha representa 20% dos indivíduos encontrados na parcela. Além de muito densa, esta espécie apresenta altos valores de frequência absoluta, sendo encontrada em 255 das 256 subparcelas amostradas. Os altos valores de densidade contribuíram fortemente para que *Euterpe edulis* configurasse a espécie com maior valor de importância na parcela (Figura 03).



Simulações utilizando estimadores não parâmetros de riqueza para subamostras da parcela indicam que predições, quanto ao número de espécies na parcela, são bastante confiáveis a partir de amostras de 1ha de Floresta de Restinga, enquanto para outros tipos florestais amostras maiores são necessárias (figura 4).

O índice de Shannon calculado para a parcela foi de 3,67 nats e equabilidade de 0,79. Esses valores estabilizam, em média, a partir de amostras maiores que dois hectares e alcançam 97% desse valor em amostras de apenas um hectare, demonstrando que é possível estimar a diversidade para essa formação florestal a partir de áreas menores (Oliveira, 2005), ou mesmo compará-los com outros estudos com amostras de diferentes tamanhos. Estudos em florestas de restinga no Brasil têm mostrado que esse sistema apresenta diversidade variando entre 2,51 a 3,73 nats, indicando que a restinga estudada está entre as mais diversas já amostradas (Assis et al. 2004; Fabris, 1995).

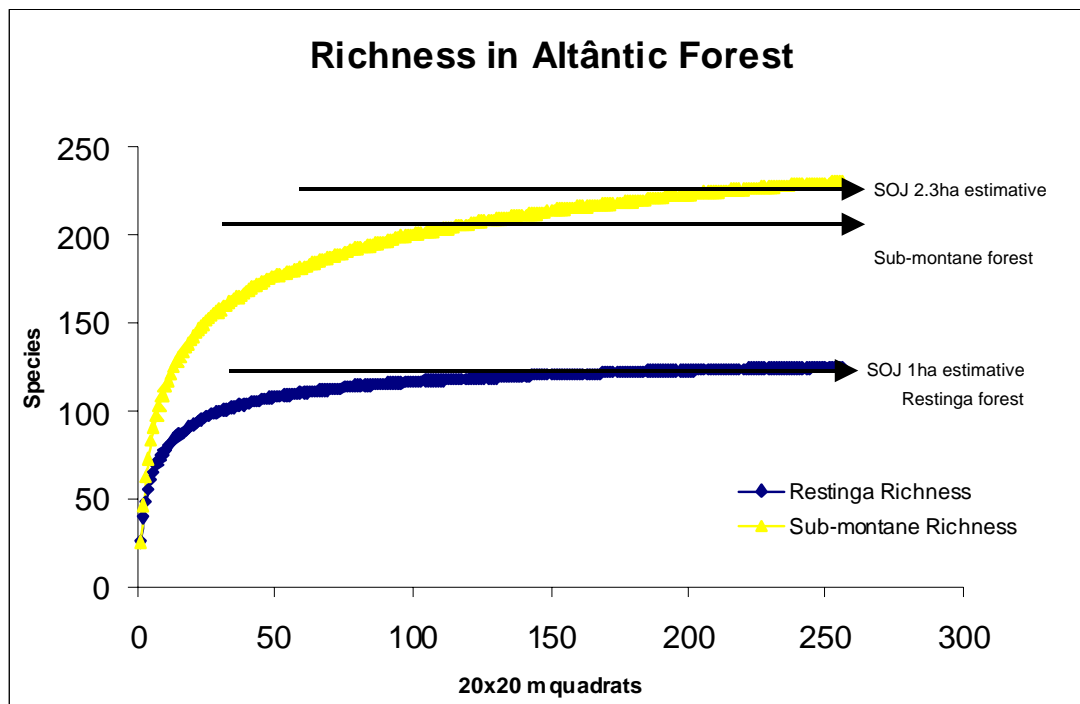


Figura 4. Média do número de espécie para simulações de subamostras das parcelas do PEIC e PECB. A seta indica o valor estimativa à partir da área amostral da base da seta utilizando o estimador de Jackknife de segunda ordem (Oliveira, 2005).



### 3.2.2. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Submontana do Parque Estadual de Carlos Botelho

Na Parcela Permanente de 10,24ha de Floresta Ombrófila Densa Submontana do Parque Estadual de Carlos Botelho foram registrados, em 2005, 9003 indivíduos arbustivo-arbóreos vivos, pertencentes a 44 famílias botânicas e 205 espécies com identificação completa.

O relevo muito acentuado condicionou uma floresta com dossel aberto e irregular, com altura variável em torno de 20-30 m, e destaque para indivíduos emergentes de *Maytenus communis*, *Phytolacca dioica*, *Hymenaea courbaril*, *Buchenavia kleinii*, *Copaifera trapezifolia*, *Tapirira guianensis*, *Pseudopiptadenia warmingii* e *Cryptocarya moschata*. No dossel predominaram *Hyeronima alchorneoides*, *Virola bicuhyba*, *Chrysophyllum viride*, *Pterocarpus rohrii*, *Sloanea guianensis* e *Alchornea glandulosa*. No sub-dossel destacaram-se *Euterpe edulis*, *Garcinia gardneriana*, *Gomidesia flagellaris*, *Sloanea monosperma*, *Eugenia melanogyna*, *Eugenia cuprea*, *Eugenia mosenii*, *Rudgea jasminoides* e *Alsophila sternbergii*.

As famílias mais ricas em espécies são apresentadas na Figura 1. O destaque de Myrtaceae foi notável, pois a família reuniu 23% do total de espécies amostradas, enquanto as demais não ultrapassaram 7%. O elevado número de espécies de Myrtaceae, Leguminosae e Lauraceae é fato bastante comum nas florestas atlânticas da região sul do Estado de São Paulo, sendo citadas como as de maior riqueza nas áreas de floresta atlântica senso amplo (Ivanauskas et al. 2000). Já a presença de Sapotaceae e Olacaceae entre as famílias de maior riqueza caracterizou a Floresta Ombrófila Densa local.

Além do destaque em composição de espécies, Myrtaceae foi a família que reuniu o maior número de indivíduos (Figura 2), indivíduos estes presentes em todos os estratos florestais. Já a presença de Arecaceae e Rubiaceae resulta da elevada densidade de espécies, em sua maioria, típicas do subosque.

Para Arecaceae, a análise fitossociológica para as espécies (Tabela 2, Figura 3) evidenciou o predomínio de *Euterpe edulis*, representada por cerca de 20% do total de indivíduos e presente em quase todas as 256 sub-parcelas (97% de frequência absoluta). Os altos valores de densidade resultaram em elevados valores de Importância (VI) e de Cobertura (VC), muito superiores aos obtidos para as demais espécies: as dez espécies mais importantes somaram 33% do VI total e *Euterpe edulis*, isoladamente, contribuiu com 10% do VI total. É importante salientar que *Euterpe edulis* Mart. encontra-se entre as espécies consideradas vulneráveis no estado de São Paulo, em função da intensa exploração desta espécie na Floresta Atlântica, e que o corte de palmito foi registrado inclusive na própria Parcela Permanente. Mesmo assim, a espécie ainda destacou-se na estrutura da comunidade, o que torna as florestas do Vale do Ribeira prioritárias nos planos de manejo e conservação da espécie.

Além do palmito, a conservação das florestas do Vale do Ribeira assume importância pelo alto percentual de espécies raras. Neste estudo, 97 espécies (47% do total de espécies) foram



amostradas com valores inferiores a um indivíduo por hectare. Estes resultados são coerentes com aqueles obtidos em Florestas Ombrófilas próximas, apesar da variação de metodologia empregada (entre 25 e 39% de espécies raras nos trabalhos de Mantovani 1993; Melo & Mantovani 1994 e Ivanauskas 1997)

Destacaram-se pelo elevado porte *Hyeronima alchorneoides*, *Virola bicuhyba*, *Chrysophyllum viride* e *Pterocarpus rohrii*, todas espécies típicas da Serrania Costeira do Estado de São Paulo.

O índice de diversidade de Shannon (H') foi de 4,21 e a equabilidade (J) de 0,79, valores similares aos encontrados para a região do Vale do Ribeira, tanto na Juréia (H' - 4,191; Mantovani 1993) como nos dois trechos avaliados em Pariquera-Açu (H' - 3,80 e 4,21; Ivanauskas 1997). A equabilidade obtida certamente não foi maior em função do tamanho da população de *Euterpe edulis*.

A declividade acentuada da Serra de Paranapiacaba dificultou o estabelecimento de espécies florestais, resultando numa floresta com densidade total de 879 indivíduos/ha e 27 m<sup>2</sup>/ha de área basal, valores muito inferiores aos encontrados para trechos conservados na Morraria Costeira (1616 indivíduos/ha e 47 m<sup>2</sup>/ha; Ivanauskas, 1997) e na Serra da Juréia (1843 indivíduos/ha e área basal não indicada, Mantovani et. al.1990).

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Parcela Permanente de 10,24ha, de Floresta Ombrófila Densa Submontana do Parque Estadual de Carlos Botelho – Sete Barras/SP. Espécies ordenadas em seqüência decrescente de IVI. N=número de indivíduos; DoR=dominância relativa (%); DeR=densidade relativa (%); FR=freqüência relativa (%); IVI=índice de valor de importância; IVC=índice de valor de cobertura.

Espécies	NI	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Euterpe edulis</i>	1761	7,209	19,560	4,554	31,323	26,769
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	126	8,704	1,400	1,796	11,899	10,104
<i>Virola bicuhyba</i>	156	5,736	1,733	1,888	9,357	7,468
<i>Guapira opposita</i>	333	2,033	3,699	2,592	8,323	5,732
<i>Tetrastylidium grandifolium</i>	216	2,815	2,399	2,221	7,435	5,214
<i>Chrysophyllum viride</i>	104	4,521	1,155	1,314	6,990	5,676
<i>Alsophila sternbergii</i>	342	1,316	3,799	1,796	6,910	5,114
<i>Garcinia gardneriana</i>	259	0,799	2,877	2,277	5,953	3,676
<i>Bathysa australis</i>	210	1,482	2,333	2,092	5,906	3,815
<i>Pterocarpus rohrii</i>	111	2,691	1,233	1,518	5,442	3,924
<i>Cryptocarya moschata</i>	45	2,944	0,500	0,703	4,147	3,443
<i>Sloanea monosperma</i>	50	2,501	0,555	0,703	3,759	3,056
<i>Eugenia cuprea</i>	143	0,208	1,588	1,685	3,481	1,796
<i>Marlierea suaveolens</i>	126	0,329	1,400	1,740	3,469	1,729
<i>Eugenia melanogyna</i>	124	0,639	1,377	1,444	3,460	2,016
<i>Chrysophyllum innornatum</i>	83	1,590	0,922	0,889	3,401	2,512
<i>Rudgea jasminoides</i>	137	0,356	1,522	1,481	3,359	1,878
<i>Calycorectes australis</i>	108	0,638	1,200	1,370	3,207	1,837
<i>Tabebuia serratifolia</i>	86	0,949	0,955	1,296	3,200	1,904
<i>Eugenia mosenii</i>	117	0,654	1,300	1,203	3,157	1,953
<i>Gomidesia flagellaris</i>	122	0,216	1,355	1,573	3,145	1,572



Espécies	NI	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Coussarea contracta</i>	128	0,477	1,422	1,240	3,139	1,899
<i>Sloanea guianensis</i>	44	1,858	0,489	0,777	3,125	2,347
<i>Neomitranthes glomerata</i>	99	0,543	1,100	1,407	3,050	1,643
<i>Endlicheria paniculata</i>	103	0,401	1,144	1,370	2,914	1,545
<i>Alchornea glandulosa</i>	48	1,614	0,533	0,703	2,851	2,148
<i>Marlierea tomentosa</i>	104	0,234	1,155	1,425	2,815	1,389
<i>Quiina glaziovii</i>	67	1,075	0,744	0,981	2,801	1,819
<i>Simira corumbensis</i>	55	1,430	0,611	0,722	2,763	2,041
<i>Heisteria silvianii</i>	58	1,172	0,644	0,907	2,724	1,817
<i>Eugenia cambucarana</i>	70	0,885	0,778	1,037	2,699	1,662
<i>Hymenaea courbaril</i>	18	2,170	0,200	0,315	2,685	2,370
<i>Ecclinusa ramiflora</i>	74	0,756	0,822	1,000	2,577	1,578
<i>Cyathea phalerata</i>	105	0,331	1,166	1,074	2,571	1,497
<i>Alseis floribunda</i>	71	0,585	0,789	1,037	2,410	1,374
<i>Zollernia ilicifolia</i>	56	0,824	0,622	0,926	2,372	1,446
<i>Eugenia neoglomerata</i>	84	0,257	0,933	1,166	2,357	1,190
<i>Eugenia xiriricana</i>	84	0,257	0,933	1,148	2,337	1,190
<i>Capsicodendron dinisii</i>	44	1,105	0,489	0,703	2,297	1,594
<i>Marlierea obscura</i>	79	0,259	0,877	1,074	2,210	1,136
<i>Coussapoa microcarpa</i>	33	1,217	0,367	0,574	2,157	1,583
<i>Casearia decandra</i>	42	0,961	0,467	0,703	2,131	1,428
<i>Cariniana estrellensis</i>	47	0,836	0,522	0,740	2,098	1,358
<i>Cabralea canjerana</i>	31	1,192	0,344	0,500	2,037	1,537
<i>Pseudopiptadenia warmingii</i>	15	1,589	0,167	0,278	2,033	1,756
<i>Parinari brasiliensis</i>	30	1,155	0,333	0,481	1,969	1,488
<i>Matayba juglandifolia</i>	64	0,264	0,711	0,963	1,937	0,974
<i>Gomidesia tijucensis</i>	52	0,556	0,578	0,759	1,893	1,134
<i>Malouetia arborea</i>	44	0,644	0,489	0,759	1,892	1,133
<i>Mollinedia uleana</i>	64	0,253	0,711	0,889	1,853	0,964
<i>Nectandra membranacea</i>	37	0,824	0,411	0,592	1,828	1,235
<i>Diploon cuspidatum</i>	52	0,409	0,578	0,796	1,782	0,986
<i>Sloanea obtusifolia</i>	33	0,820	0,367	0,592	1,778	1,186
<i>Maytenus robusta</i>	41	0,598	0,455	0,722	1,775	1,053
<i>Buchenavia kleinii</i>	13	1,421	0,144	0,185	1,751	1,566
<i>Cecropia glaziouii</i>	42	0,726	0,467	0,537	1,730	1,193
<i>Pouteria caimito</i>	27	0,941	0,300	0,463	1,703	1,241
<i>Eugenia oblongata</i>	61	0,174	0,678	0,852	1,703	0,852
<i>Guarea macrophylla</i>	56	0,151	0,622	0,889	1,662	0,773
<i>Platymiscium floribundum</i>	29	0,835	0,322	0,500	1,657	1,157
<i>Myrcia pubipetala</i>	37	0,614	0,411	0,611	1,636	1,025
<i>Dahlstedtia pinnata</i>	62	0,222	0,689	0,666	1,577	0,910
<i>Cordia silvestris</i>	39	0,418	0,433	0,685	1,536	0,851
<i>Casearia sylvestris</i>	38	0,485	0,422	0,592	1,500	0,907
<i>Gomidesia spectabilis</i>	54	0,103	0,600	0,759	1,462	0,703
<i>Citronella paniculata</i>	47	0,178	0,522	0,759	1,459	0,700
<i>Eugenia subavenia</i>	45	0,255	0,500	0,666	1,421	0,755
<i>Copaifera trapezifolia</i>	12	1,063	0,133	0,204	1,400	1,196
<i>Hirtella hebeclada</i>	39	0,344	0,433	0,611	1,388	0,777
<i>Talauma ovata</i>	24	0,687	0,267	0,426	1,379	0,953
<i>Pouteria psammophila</i>	27	0,633	0,300	0,444	1,377	0,933
<i>Eugenia schuechiana</i>	45	0,189	0,500	0,666	1,355	0,689
<i>Mollinedia schottiana</i>	46	0,092	0,511	0,722	1,325	0,603
<i>Inga lenticellata</i>	41	0,177	0,455	0,666	1,299	0,633
<i>Licaria armeniaca</i>	24	0,618	0,267	0,407	1,292	0,884
<i>Psychotria suterella</i>	42	0,231	0,467	0,592	1,290	0,697





Espécies	NI	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Rudgea recurva</i>	51	0,111	0,566	0,574	1,251	0,678
<i>Ocotea teleiandra</i>	43	0,084	0,478	0,685	1,247	0,562
<i>Gomidesia anacardifolia</i>	46	0,116	0,511	0,611	1,238	0,627
<i>Roupala brasiliensis</i>	28	0,410	0,311	0,481	1,202	0,721
<i>Rapanea hermogenesii</i>	38	0,182	0,422	0,537	1,141	0,604
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	31	0,234	0,344	0,537	1,115	0,579
<i>Brosimum lactescens</i>	30	0,384	0,333	0,389	1,106	0,717
<i>Croton macrobothrys</i>	12	0,699	0,133	0,204	1,036	0,833
<i>Pisonia ambigua</i>	22	0,464	0,244	0,315	1,023	0,708
<i>Eugenia stictosepala</i>	36	0,115	0,400	0,481	0,996	0,515
<i>Eugenia riedeliana</i>	35	0,094	0,389	0,500	0,983	0,483
<i>Inga marginata</i>	33	0,085	0,367	0,518	0,970	0,451
<i>Eugenia platysema</i>	30	0,088	0,333	0,500	0,921	0,421
<i>Guatteria australis</i>	24	0,263	0,267	0,389	0,919	0,530
<i>Centrolobium robustum</i>	14	0,529	0,156	0,222	0,906	0,684
<i>Rollinia sericea</i>	24	0,239	0,267	0,389	0,895	0,506
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	28	0,117	0,311	0,444	0,872	0,428
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	12	0,516	0,133	0,204	0,853	0,649
<i>Jacaranda puberula</i>	27	0,146	0,300	0,389	0,834	0,445
<i>Meriania glabra</i>	21	0,242	0,233	0,352	0,827	0,476
<i>Casearia obliqua</i>	15	0,359	0,167	0,278	0,803	0,526
<i>Sorocea bonplandii</i>	23	0,157	0,255	0,389	0,801	0,413
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>	26	0,074	0,289	0,426	0,789	0,363
<i>Eugenia capitulifera</i>	19	0,257	0,211	0,315	0,783	0,468
<i>Calyptanthus lanceolata</i>	29	0,033	0,322	0,426	0,780	0,355
<i>Cupania oblongifolia</i>	23	0,134	0,255	0,389	0,779	0,390
<i>Myrceugenia kleinii</i>	22	0,142	0,244	0,370	0,757	0,386
<i>Coccoloba fastigiata</i>	18	0,204	0,200	0,315	0,719	0,404
<i>Inga edulis</i>	22	0,109	0,244	0,352	0,705	0,354
<i>Allophylus petiolulatus</i>	23	0,036	0,255	0,407	0,699	0,292
<i>Myrocarpus frondosus</i>	21	0,084	0,233	0,370	0,688	0,318
<i>Swartzia acutifolia</i>	13	0,299	0,144	0,241	0,684	0,443
<i>Eugenia pruinosa</i>	21	0,115	0,233	0,333	0,681	0,348
<i>Cedrela fissilis</i>	13	0,311	0,144	0,222	0,678	0,455
<i>Eugenia cerasiflora</i>	19	0,089	0,211	0,352	0,652	0,300
<i>Pourouma acutifolia</i>	18	0,118	0,200	0,315	0,633	0,318
<i>Cordia sellowiana</i>	16	0,148	0,178	0,278	0,603	0,325
<i>Marlierea eugeniopsoides</i>	21	0,044	0,233	0,315	0,592	0,277
<i>Cyathea corcovadensis</i>	25	0,050	0,278	0,259	0,587	0,328
<i>Tapirira guianensis</i>	6	0,406	0,067	0,111	0,584	0,473
<i>Eugenia neoverrucosa</i>	17	0,076	0,189	0,315	0,579	0,265
<i>Meliosma sellowii</i>	14	0,142	0,156	0,241	0,538	0,297
<i>Myrcia tenuivenosa</i>	15	0,089	0,167	0,278	0,533	0,256
<i>Ocotea dispersa</i>	16	0,090	0,178	0,241	0,509	0,268
<i>Posoqueria acutifolia</i>	14	0,117	0,156	0,222	0,495	0,273
<i>Spirotheca passifloroides</i>	3	0,399	0,033	0,056	0,488	0,432
<i>Quararibea turbinata</i>	12	0,162	0,133	0,185	0,481	0,296
<i>Eugenia multicostata</i>	9	0,231	0,100	0,130	0,461	0,331
<i>Protium widgrenii</i>	13	0,100	0,144	0,185	0,430	0,245
<i>Matayba guianensis</i>	8	0,177	0,089	0,130	0,396	0,266
<i>Maytenus aquifolium</i>	11	0,098	0,122	0,167	0,387	0,220
<i>Ocotea catharinensis</i>	7	0,211	0,078	0,093	0,381	0,289
<i>Amaioua intermedia</i>	10	0,123	0,111	0,130	0,364	0,234
<i>Jacaratia spinosa</i>	3	0,268	0,033	0,056	0,357	0,301
<i>Phytolacca dioica</i>	2	0,290	0,022	0,037	0,349	0,312



Espécies	NI	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Pradosia lactescens</i>	7	0,127	0,078	0,130	0,335	0,205
<i>Solanum pseudoquina</i>	9	0,082	0,100	0,148	0,330	0,182
<i>Plinia complanata</i>	11	0,016	0,122	0,185	0,324	0,138
<i>Eugenia bunchosiifolia</i>	11	0,015	0,122	0,185	0,322	0,137
<i>Campomanesia guaviroba</i>	6	0,161	0,067	0,093	0,320	0,228
<i>Psychotria pubigera</i>	10	0,024	0,111	0,185	0,320	0,135
<i>Andira anthelmia</i>	9	0,049	0,100	0,167	0,316	0,149
<i>Machaerium nyctitans</i>	6	0,135	0,067	0,111	0,312	0,201
<i>Ormosia arborea</i>	7	0,100	0,078	0,130	0,307	0,178
<i>Eugenia cereja</i>	6	0,129	0,067	0,111	0,306	0,195
<i>Ocotea elegans</i>	7	0,081	0,078	0,130	0,288	0,159
<i>Chomelia catharinae</i>	9	0,020	0,100	0,167	0,286	0,120
<i>Eugenia beaurepaireana</i>	8	0,044	0,089	0,148	0,281	0,133
<i>Bunchosia fluminensis</i>	8	0,015	0,089	0,148	0,252	0,104
<i>Inga praegnans</i>	8	0,014	0,089	0,148	0,251	0,103
<i>Mouriri chamissoniana</i>	5	0,089	0,056	0,093	0,237	0,145
<i>Alibertia myrcifolia</i>	9	0,020	0,100	0,111	0,231	0,120
<i>Coccoloba glaziovii</i>	6	0,071	0,067	0,093	0,230	0,137
<i>Sapium glandulatum</i>	5	0,074	0,056	0,093	0,222	0,129
<i>Ixora heterodoxa</i>	7	0,010	0,078	0,130	0,217	0,088
<i>Dalbergia frutescens</i>	2	0,156	0,022	0,037	0,215	0,178
<i>Picramnia ramiflora</i>	4	0,090	0,044	0,074	0,208	0,134
<i>Trichilia lepidota</i>	7	0,019	0,078	0,111	0,208	0,097
<i>Piptadenia paniculata</i>	6	0,019	0,067	0,111	0,196	0,085
<i>Eugenia bacopari</i>	6	0,015	0,067	0,111	0,193	0,082
<i>Manihot grahamii</i>	7	0,021	0,078	0,093	0,192	0,099
<i>Dendropanax cuneatum</i>	2	0,128	0,022	0,037	0,187	0,150
<i>Faramea montevidensis</i>	6	0,019	0,067	0,093	0,178	0,085
<i>Maytenus communis</i>	1	0,148	0,011	0,019	0,177	0,159
<i>Ilex integerrima</i>	6	0,018	0,067	0,093	0,177	0,084
<i>Plinia pauciflora</i>	5	0,024	0,056	0,093	0,172	0,080
<i>Eugenia handroana</i>	4	0,036	0,044	0,074	0,154	0,080
<i>Ficus luschnatiana</i>	2	0,085	0,022	0,037	0,145	0,108
<i>Coccoloba alnifolia</i>	4	0,033	0,044	0,056	0,133	0,077
<i>Xylopia brasiliensis</i>	2	0,073	0,022	0,037	0,132	0,095
<i>Eugenia bocainensis</i>	4	0,009	0,044	0,074	0,127	0,053
<i>Ocotea silvestris</i>	3	0,055	0,033	0,037	0,126	0,089
<i>Vantanea compacta</i>	3	0,027	0,033	0,056	0,116	0,061
<i>Chionanthus filiformis</i>	3	0,027	0,033	0,056	0,116	0,060
<i>Salacia elliptica</i>	3	0,027	0,033	0,056	0,116	0,060
<i>Ximenia americana</i>	3	0,023	0,033	0,056	0,112	0,057
<i>Prunus myrtifolia</i>	3	0,022	0,033	0,056	0,111	0,055
<i>Mollinedia gilgiana</i>	3	0,014	0,033	0,056	0,103	0,047
<i>Eugenia burkartiana</i>	3	0,007	0,033	0,056	0,095	0,040
<i>Psychotria mapourioides</i>	2	0,034	0,022	0,037	0,093	0,056
<i>Myrciaria floribunda</i>	2	0,030	0,022	0,037	0,089	0,052
<i>Rollinia silvatica</i>	2	0,027	0,022	0,037	0,086	0,049
<i>Pera glabrata</i>	2	0,040	0,022	0,019	0,081	0,062
<i>Eugenia copacabanensis</i>	2	0,020	0,022	0,037	0,079	0,042
<i>Chrysophyllum flexuosum</i>	2	0,012	0,022	0,037	0,071	0,034
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	2	0,004	0,022	0,037	0,063	0,026
<i>Mollinedia micrantha</i>	2	0,003	0,022	0,037	0,062	0,025
<i>Inga sessilis</i>	1	0,030	0,011	0,019	0,059	0,041
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	1	0,029	0,011	0,019	0,059	0,040
<i>Ficus glabra</i>	1	0,026	0,011	0,019	0,055	0,037



Espécies	NI	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Maytenus salicifolia</i>	2	0,007	0,022	0,019	0,048	0,029
<i>Miconia cubatanensis</i>	2	0,007	0,022	0,019	0,047	0,029
<i>Cordia trichotoma</i>	1	0,010	0,011	0,019	0,040	0,021
<i>Schizolobium parahyba</i>	1	0,010	0,011	0,019	0,039	0,021
<i>Piptocarpha macropoda</i>	1	0,008	0,011	0,019	0,038	0,019
<i>Eugenia tijucensis</i>	1	0,006	0,011	0,019	0,035	0,017
<i>Miconia cabucu</i>	1	0,006	0,011	0,019	0,035	0,017
<i>Coccoloba warmingii</i>	1	0,004	0,011	0,019	0,034	0,015
<i>Urera baccifera</i>	1	0,004	0,011	0,019	0,033	0,015
<i>Randia armata</i>	1	0,003	0,011	0,019	0,033	0,014
<i>Myrceugenia pilotantha</i>	1	0,003	0,011	0,019	0,032	0,014
<i>Trichilia pallens</i>	1	0,002	0,011	0,019	0,032	0,014
<i>Strychnos brasiliensis</i>	1	0,002	0,011	0,019	0,032	0,013
<i>Psychotria umbellata</i>	1	0,002	0,011	0,019	0,031	0,013
<i>Aparisthnum cordatum</i>	1	0,001	0,011	0,019	0,031	0,013
<i>Cyathea hirsuta</i>	1	0,001	0,011	0,019	0,031	0,012
<i>Myrcia freyreissiana</i>	1	0,001	0,011	0,019	0,030	0,012
<i>Capsicum recurvatum</i>	1	0,001	0,011	0,019	0,030	0,012
<i>Cyphomandra divaricata</i>	1	0,001	0,011	0,019	0,030	0,012

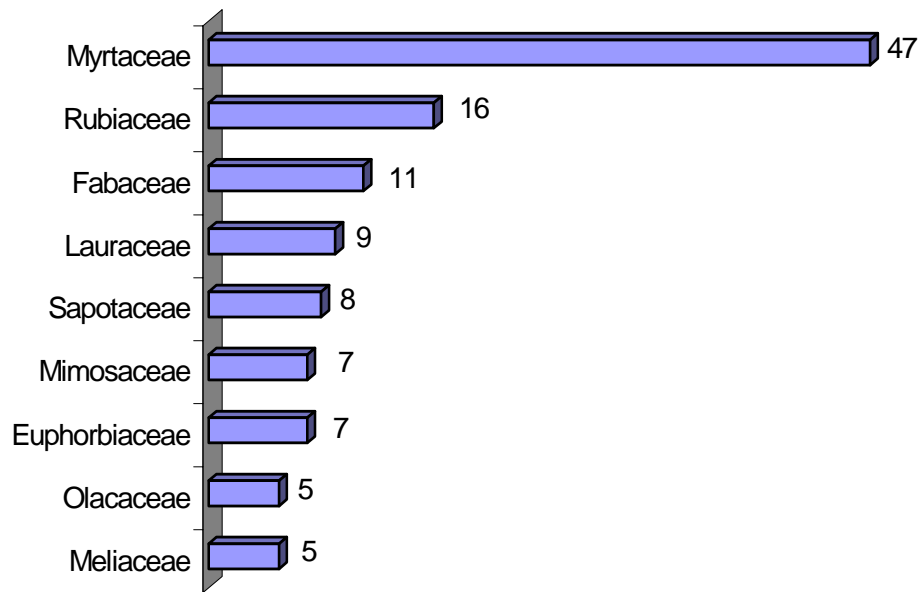


Figura 1. Famílias de maior riqueza no levantamento fitossociológico de parcela permanente de 10ha de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual de Carlos Botelho, Sete Barras-SP. Dados de 2005.

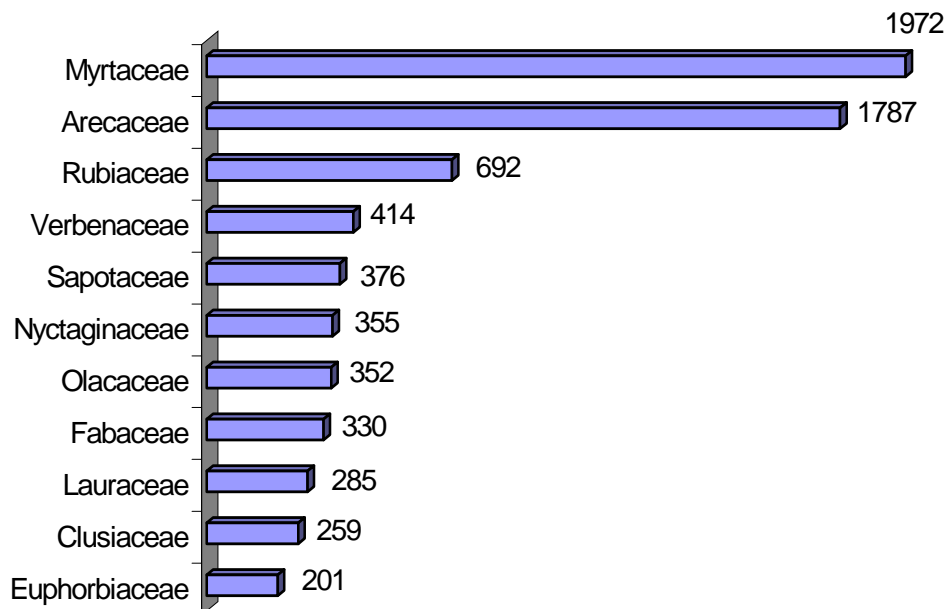


Figura 2. Famílias de maior densidade no levantamento fitossociológico de parcela permanente de 10ha de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual de Carlos Botelho, Sete Barras-SP. Dados de 2005.

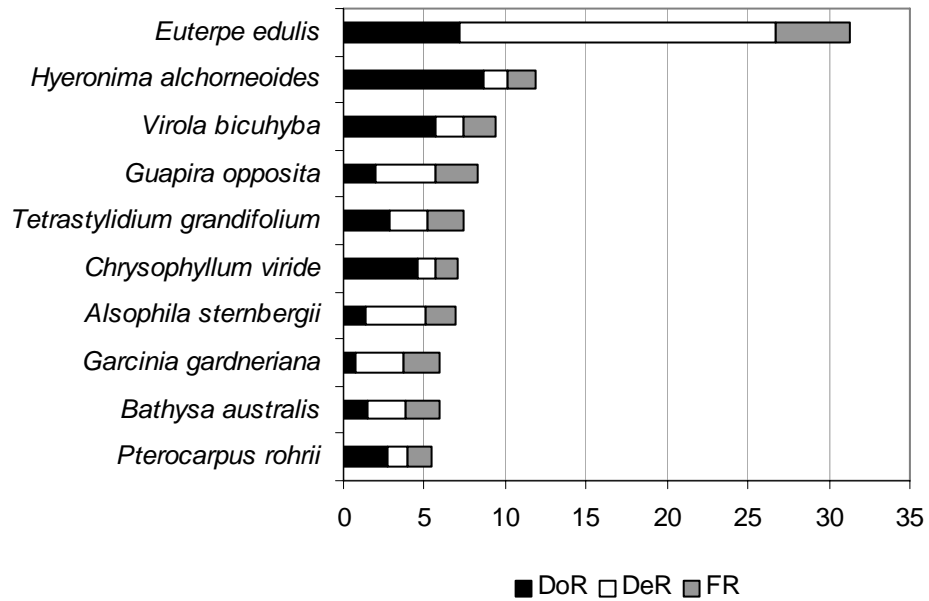


Figura 3. Espécies de maior valor de importância no levantamento fitossociológico de parcela permanente de 10,24ha de Floresta Ombrófila Densa Submontana no Parque Estadual de Carlos Botelho, Sete Barras-SP. Dados de 2005. DoR – Dominância relativa, DeR – Densidade Relativa, FR – Frequência relativa.

### 3.2.3. Parcela Permanente da Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus

Na Parcela Permanente de 10,24ha de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus, foram amostrados no censo de 2005, 12.039 indivíduos arbustivos arbóreos vivos, pertencentes a 44 famílias botânicas, 110 gêneros e 148 espécies com identificação completa. Quatro exemplares permanecem com identificação incompleta até o momento, sendo dois identificados até a categoria taxonômica de gênero e dois até família. O valor obtido para o índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) foi de 2,90 e o índice de equabilidade de 0,58.

Fisionomicamente, a vegetação apresentou dossel com altura em torno de 20 m. Os indivíduos emergentes atingiram entre 30 e 35 m de altura, foram pouco numerosos e pertenciam a espécies como *Aspidosperma polyneuron*, *Ficus gomeleira*, *Parapiptadenia rigida*, *Balfourodendron riedelianun*, *Ficus enormis*, *Cariniana estrellensis* e *Myroxylon peruiferum*.

As famílias mais ricas em espécies, em ordem decrescente, foram Myrtaceae (13 espécies), Euphorbiaceae (10), Fabaceae, Mimosaceae e Rutaceae (9 espécies cada), Meliaceae (8), Caesalpiniaceae, Lauraceae (7 espécies cada), Flacourtiaceae e Moraceae (5 espécies cada).

As famílias melhor representadas em número de indivíduos foram Rutaceae (5248 indivíduos ou 43,5% do total), Meliaceae (1405 ou 11,6%), Lauraceae (709), Euphorbiaceae (722), Apocynaceae (653), Fabaceae (598), Arecaceae (471) e Myrtaceae (423).



A análise dos parâmetros fitossociológicos para as espécies (Tabela 2) evidenciou o predomínio de *Metrodorea nigra*, típica do sub-bosque, representada por 4.2619 indivíduos (cerca de 38% do total) e presente em todas as 256 sub-parcelas (100% de frequência). Os altos valores de densidade e frequência relativas resultaram em elevados valores do Índice de Valor de Importância (IVI) e do Índice de Valor de Cobertura (IVC), que destacaram esta espécie na comunidade e diferenciaram muito estes valores dos obtidos para as demais espécies.

Em ordem decrescente, as outras nove espécies que apresentaram os mais altos valores de IVI e IVC foram *Aspidosperma polyneuron*, *Ocotea indecora*, *Centrolobium tomentosum*, *Croton floribundus*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Syagrus romanzoffiana*, *Balfourodendron riedelianum* e *Chrysophyllum gonocarpum*. Todas ocorreram em mais de 50% das sub-parcelas e com número de indivíduos que variou entre 646 e 228 nos 10,24ha de Parcela Permanente (Tabela 2). Quanto aos valores de dominância, a contribuição deste parâmetro foi importante para o destaque das espécies *Aspidosperma polyneuron*, *Ocotea indecora*, *Centrolobium tomentosum* e *Croton floribundus*, que atingem grande porte e foram representadas nas áreas também por indivíduos altos. *Trichilia clausenii* e *Trichilia catigua* apresentaram baixos valores de dominância em relação às demais, por serem espécies de menor porte, que comumente ocupam o estrato intermediário ou no sub-dossel e sub-bosque da floresta. Já para *Syagrus romanzoffiana*, *Balfourodendron riedelianum* e *Chrysophyllum gonocarpum*, que também atingem grande porte, os valores de dominância não foram muito elevados, porque estas espécies foram representadas por números de indivíduos menores do que as demais espécies (Tabela 2).

As dez espécies mais importantes reuniram 8.942 indivíduos, ou 74,27 % do total de indivíduos amostrados na Parcela Permanente. Por outro lado, 57 espécies foram representadas por até 5 indivíduos e, destas, 25 ocorreram com apenas 1 indivíduo.

Comparando-se os resultados deste estudo com outros trabalhos realizados em outras florestas estacionais, observa-se que embora haja semelhanças quanto à fisionomia e à ocorrência de determinadas famílias e espécies, cada área apresenta peculiaridades florísticas e estruturais, dependentes do histórico de perturbação e das características do ambiente. Os métodos utilizados geralmente são muito variáveis entre esses estudos, especialmente número de unidades amostrais, área das parcelas e classes de tamanho para estratificação da comunidade ou formas de vida amostradas. Essa falta de padronização geralmente dificulta a comparação dos resultados obtidos em diferentes áreas. As diferenças de solo, umidade, macro e microclima e perturbações têm sido apontadas como principais responsáveis pelas diferenças na composição e estrutura de remanescentes florestais, constituindo, assim, comunidades diferenciadas às vezes em áreas muito próximas, definindo o mosaico florestal (Rodrigues & Nave, 2000). Além disso, a dinâmica da silvigênese confere à floresta uma estrutura em forma de mosaicos menores, ou eco-unidades em diferentes fases de desenvolvimento, decorrentes, principalmente, da formação de clareiras, definindo mosaico sucessional (Gandolfi, 2000).



Dentre as famílias mais ricas em espécies e/ou melhor representadas em número de indivíduos na Parcela Permanente da Estação Ecológica de Caetetus, estão as que comumente ocorrem com destaque em florestas estacionais do interior paulista, como Euphorbiaceae, Apocynaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Rutaceae, Fabaceae, Meliaceae e Moraceae (Cavassan et al. 1984, César & Leitão Filho 1990, Kotchetkoff-Henriques & Joly 1994, Schlittler et al. 1995, Bernacci & Leitão Filho 1996, Stranghetti & Ranga 1998). Da mesma forma, espécies bem representadas em número de indivíduos e com altos valores de IVI, como *Metrodorea nigra*, *Aspidosperma polyneuron*, *Ocotea indecora*, *Balfourodendron riedelianun* e *Chrysophyllum gonocarpum* foram comuns também em trechos de floresta estacional conservada no estado de São Paulo (Toniato & Oliveira-Filho 2004), embora com abundância e valores de importância variáveis.

Apesar das semelhanças florísticas, o índice de diversidade de Shannon obtido para a área de estudo ( $H' = 2,90$  nats/ind.) foi muito inferior ao registrado nas demais florestas estacionais do interior paulista, onde são geralmente superiores a 3,0, podendo atingir valores próximos ou superiores a 4,0, quando as amostragens contemplam mosaicos ambientais e sucessionais, ou áreas extensas.

A despeito da grande área amostral empregada neste estudo (10,24ha), o baixo índice de diversidade registrado pode estar relacionado à acentuada dominância numérica de *Metrodorea nigra*, que condiciona uma baixa equabilidade, diferenciando este trecho da floresta até mesmo de outros trechos conservados amostrados na mesma unidade de conservação. Na mesma área, Franco (2002) realizou um inventário florístico e fitossociológico em dois trechos de 1 ha, fisionomicamente semelhantes e distantes cerca de 3 Km entre si. Verificou que existiam diferenças entre os dois trechos nas posições relativas das espécies de maior IVI, sendo *Savia dyctiocarpa* a espécie predominante em um deles, seguida de *Actinostemon conceptionis*, estando ausente a espécie *Metrodorea nigra* nesta amostra. No outro trecho estudado pelo autor, *Savia dictyocarpa* continuou sendo uma espécie importante, mas superada por *Metrodorea nigra*. Já na parcela permanente, *Savia dyctiocarpa* não apresentou altos valores nos parâmetros quantitativos, ocorreu de forma aparentemente agrupada em alguns pontos da parcela e ocupou a 16ª posição em importância, embora seja considerada uma espécie representativa de florestas conservadas.

Para avaliação da pronunciada dominância de *Metrodorea nigra*, sugerimos que sejam realizados estudos adicionais sobre a espécie, com o propósito de investigar os mecanismos autoecológicos e ecofisiológicos que possibilitam sua ampla ocorrência na área, procurando avaliar suas implicações para manejo e conservação de remanescentes de floresta estacional.

É importante mencionar que a região onde foi alocada a parcela não apresenta registros históricos, nem evidências de perturbações antrópicas progressivas. No entanto, a parcela situa-se em um trecho onde se formam corredores de vento, que provocam quedas constantes de árvores de grande porte e aberturas de muitas clareiras, distribuídas por toda a área. Assim, as



perturbações naturais certamente têm papel importante na dinâmica da vegetação local. As modificações temporais serão avaliadas a partir dos dados produzidos durante o trabalho de remedição, do mapeamento dos eventos de mortalidade e recrutamento nas parcelas e das informações acerca da ocorrência de alterações ambientais e/ou climáticas no período considerado. Os resultados poderão contribuir com informações que podem auxiliar na compreensão dos mecanismos determinantes da estrutura da vegetação do local, permitindo, para a versão final deste capítulo, uma discussão mais aprofundada do significado dos resultados fitossociológicos obtidos.

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Parcela Permanente de 10,24ha de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus – Gália/SP. Espécies ordenadas em seqüência decrescente de IVI. N=número de indivíduos; DoR=dominância relativa (%); DeR=densidade relativa (%); FR=freqüência relativa (%); IVI=índice de valor de importância; IVC=índice de valor de cobertura.

Espécies	N	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Metrodorea nigra</i>	4619	12,2	38,4	6,1	18,9	25,3
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	646	15,7	5,4	5,3	8,8	10,5
<i>Ocotea indecora</i>	681	9,4	5,7	5,6	6,9	7,5
<i>Centrolobium tomentosum</i>	409	5,2	3,4	4,4	4,3	4,3
<i>Croton floribundus</i>	451	5,3	3,7	3,7	4,2	4,5
<i>Trichilia clausenii</i>	663	1,6	5,5	4,7	3,9	3,6
<i>Trichilia catigua</i>	590	1,1	4,9	5,0	3,7	3,0
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	305	3,8	2,5	3,9	3,4	3,2
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	350	3,4	2,9	3,5	3,3	3,1
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	228	2,6	1,9	3,4	2,6	2,2
<i>Astronium graveolens</i>	162	2,4	1,3	2,8	2,2	1,9
<i>Syagrus oleracea</i>	153	1,3	1,3	2,2	1,6	1,3
<i>Eugenia moraviana</i>	168	0,5	1,4	2,8	1,5	0,9
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	76	2,2	0,6	1,5	1,5	1,4
<i>Holocalyx balansae</i>	106	1,4	0,9	1,9	1,4	1,1
<i>Savia dyctiocarpa</i>	159	2,1	1,3	0,7	1,4	1,7
<i>Machaerium stipitatum</i>	103	1,3	0,9	1,8	1,3	1,1
<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	184	1,5	1,5	0,6	1,2	1,5
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	99	0,6	0,8	2,0	1,2	0,7
<i>Patagonula americana</i>	32	2,1	0,3	0,7	1,0	1,2
<i>Acacia polyphylla</i>	66	1,3	0,5	1,2	1,0	0,9
<i>Parapiptadenia rigida</i>	41	1,7	0,3	0,8	0,9	1,0
<i>Cordia ecalyculata</i>	82	0,5	0,7	1,5	0,9	0,6
<i>Gallesia integrifolia</i>	34	1,7	0,3	0,6	0,9	1,0
<i>Chorisia speciosa</i>	37	1,4	0,3	0,8	0,8	0,8
<i>Peltophorum dubium</i>	23	1,7	0,2	0,6	0,8	0,9
<i>Cedrela fissilis</i>	58	0,7	0,5	1,2	0,8	0,6
<i>Casearia gossypiosperma</i>	77	0,3	0,6	1,4	0,8	0,5
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	51	0,8	0,4	1,1	0,8	0,6
<i>Trichilia pallida</i>	60	0,2	0,5	1,2	0,7	0,4
<i>Neomitranthes glomerata</i>	63	0,3	0,5	1,1	0,6	0,4
<i>Ficus enormis</i>	19	1,8	0,0	0,1	0,6	1,0
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	48	0,6	0,4	0,8	0,6	0,5
<i>Actinostemon concolor</i>	65	0,1	0,5	1,1	0,6	0,3
<i>Casearia sylvestris</i>	48	0,2	0,4	1,1	0,6	0,3
<i>Inga striata</i>	40	0,4	0,3	0,8	0,5	0,4





Espécies	N	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Ficus gomeleira</i>	5	1,4	0,0	0,1	0,5	0,7
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	41	0,3	0,3	0,9	0,5	0,3
<i>Jacaratia spinosa</i>	26	0,6	0,2	0,6	0,5	0,4
<i>Cupania vernalis</i>	43	0,2	0,3	0,9	0,5	0,3
<i>Cariniana estrellensis</i>	22	0,8	0,2	0,5	0,5	0,5
<i>Cabralea canjerana</i>	26	0,6	0,2	0,6	0,5	0,4
<i>Mollinedia widgrenii</i>	36	0,2	0,3	0,7	0,4	0,3
<i>Urera baccifera</i>	30	0,3	0,2	0,6	0,4	0,3
<i>Solanum argenteum</i>	44	0,1	0,3	0,6	0,4	0,2
<i>Nectandra megapotamica</i>	28	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3
<i>Myroxylon peruiferum</i>	10	0,7	0,1	0,2	0,3	0,4
<i>Inga marginata</i>	37	0,1	0,3	0,7	0,3	0,2
<i>Eugenia blastantha</i>	34	0,1	0,3	0,6	0,3	0,2
<i>Sequiaria floribunda</i>	28	0,1	0,2	0,6	0,3	0,2
<i>Jacaranda micrantha</i>	24	0,2	0,2	0,5	0,3	0,2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	13	0,4	0,1	0,3	0,3	0,2
<i>Pilocarpus pauciflorus</i>	42	0,1	0,3	0,4	0,3	0,2
<i>Machaerium nyctitans</i>	17	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2
<i>Actinostemon conceptiones</i>	24	0,0	0,2	0,5	0,3	0,1
<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	13	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2
<i>Albizia polycephalla</i>	16	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2
<i>Zanthoxylum fagara</i>	25	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2
<i>Agonandra excelsa</i>	19	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1
<i>Cordia superba</i>	14	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2
<i>Picramnia warmingiana</i>	20	0,0	0,2	0,4	0,2	0,1
<i>Eugenia ramboi</i>	18	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1
<i>Alchornea glandulosa</i>	9	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2
<i>Cecropia glaziouii</i>	15	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1
<i>Sorocea bonplandii</i>	16	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1
<i>Pisonia ambigua</i>	10	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
<i>Rollinia cf sylvatica</i>	14	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1
<i>Citronella paniculata</i>	16	0,0	0,1	0,3	0,2	0,1
<i>Bougainvillea glabra</i>	8	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
<i>Colubrina glandulosa</i>	11	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Ocotea velutina</i>	11	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Myrciaria sp1</i>	9	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Eugenia florida</i>	11	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Aegiphila sellowiana</i>	11	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Endlicheria paniculata</i>	12	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	10	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Helicarpus americanus</i>	8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Margaritaria nobilis</i>	9	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Euterpe edulis</i>	13	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Bauhinia longifolia</i>	8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Calliandra foliolosa</i>	9	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
<i>Myrciaria ciliolata</i>	7	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Rapanea umbellata</i>	6	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
<i>Tabernaemontana hystrix</i>	7	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
<i>Prockia crucis</i>	7	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
<i>Guapira hirsuta</i>	7	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
<i>Piper amalago</i>	7	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
<i>Trema micrantha</i>	6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	7	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
<i>Ocotea silvestris</i>	4	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
<i>Piptocarpha sellowii</i>	6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0



Espécies	N	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<i>Albizia niopoides</i>	4	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
<i>Guarea kunthiana</i>	6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<i>Maytenus robusta</i>	5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<i>Cordia trichotoma</i>	5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<i>Ixora venulosa</i>	5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<i>Machaerium aculeatum</i>	5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<i>Ocotea diospirifolia</i>	2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Sloanea monosperma</i>	4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Annona cacans</i>	3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Schizolobium parahyba</i>	1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>Sciadodendron excelsum</i>	3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Cassia ferruginea</i>	1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Lauraceae indeterminada</i>	1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Vitex montevidensis</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Myrcianthes pungens</i>	3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Ficus guaranitica</i>	3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Maytenus aquifolium</i>	3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Rapanea lancifolia</i>	3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Maclura tinctoria</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ormosia arborea</i>	1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Alchornea triplinervia</i>	1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Coutarea hexandra</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Vernonia difusa</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Luehea divaricata</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Picramnia glazioviana</i>	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Allophylus edulis</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Roupala brasiliensis</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Aloysia virgata</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Plinia rivularis</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Guapira opposita</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Hymenaea courbaril</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sapium glandulatum</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pachystroma longifolium</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Randia armata</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cupania tenuivalvis</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cestrum calycinum</i>	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lonchocarpus campestris</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Myrtaceae sp1</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Rollinia salicifolia</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Myrciaria sp2</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Boemeria caudata</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Rudgea jasminoides</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sebastiania klotschiana</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Tabebuia umbellata</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diospyrus inconstans</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sweetia fruticosa</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Senna multijuga</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Trichilia casaretti</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Guarea guidonea</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Espécies	N	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Casearia decandra</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Strychnos brasiliensis</i>	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

### 3.2.4. Parcela Permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis

No Cerradão da Estação Ecológica de Assis foram registrados, em 2005, 21.876 indivíduos arbustivo-arbóreos vivos, pertencentes a 44 famílias e 118 espécies. Nos 10,24ha da parcela permanente foram registrados 38% da totalidade das espécies arbustivo-arbóreas já registradas para a Estação Ecológica (Durigan et al 1999). A densidade total obtida foi de 2136 indivíduos/ha e 22 m<sup>2</sup>/ha de área basal.

As famílias mais ricas em espécies são apresentadas na Figura 1. O destaque de Myrtaceae é notável, pois a família reúne 15% do total de espécies registradas, enquanto as demais não ultrapassaram 6%. Já Fabaceae Caesalpinioideae (Caesalpinaceae) reuniu o maior número de indivíduos (Figura 2), mas somente devido à elevada densidade de uma única espécie (99,7% do total de indivíduos) da família, que foi *Copaifera langsdorfii*. O percentual de espécies raras foi elevado, com 52 espécies amostradas com menos de um indivíduo por hectare (44% do total de espécies).

Entre as de maiores valores de Importância (VI) destacaram-se espécies típicas do Cerradão do Estado de São Paulo, como *Copaifera langsdorfii*, *Vochysia tucanorum*, *Xylopia aromatica* e *Machaerium acutifolium*. As duas primeiras espécies também apresentaram os maiores valores de densidade e dominância relativas entre as demais.

O índice de diversidade de Shannon (H') foi de 3,27 e a equabilidade (J) de 0,68. A baixa equabilidade pode ser atribuída ao tamanho da população de *Copaifera langsdorfii* (18% do total de indivíduos amostrados, enquanto as demais espécies não ultrapassam 9%), mas que no entanto foi maior que a de Floresta Estacional Semidecidual, com grande população de *Metrodorea nigra*.



Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Parcela Permanente de 10,24ha de Cerradão da E.E. de Assis, Assis-SP. Espécies ordenadas em seqüência decrescente de IVI. N=número de indivíduos; DoR=dominância relativa (%); DeR=densidade relativa (%); FR=freqüência relativa (%); IVI=índice de valor de importância; IVC=índice de valor de cobertura.

<i>Espécies</i>	N	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Copaifera langsdorffii</i>	4012	24,85	18,34	4,49	47,69	43,19
<i>Vochysia tucanorum</i>	1892	12,86	8,65	4,01	25,52	21,51
<i>Ocotea corymbosa</i>	1527	9,18	6,98	4,42	20,58	16,16
<i>Xylopia aromática</i>	1740	3,39	7,95	3,75	15,09	11,34
<i>Symplocos mosenii</i>	833	6,05	3,81	3,68	13,53	9,86
<i>Machaerium acutifolium</i>	1030	4,76	4,71	3,93	13,39	9,46
<i>Tapirira guianensis</i>	914	4,48	4,18	3,70	12,36	8,66
<i>Rapanea umbellata</i>	969	1,74	4,43	3,77	9,93	6,16
<i>Myrcia multiflora</i>	894	1,53	4,09	3,94	9,56	5,62
<i>Myrcia guianensis</i>	818	1,55	3,74	3,68	8,96	5,28
<i>Pera glabrata</i>	510	3,25	2,33	3,09	8,67	5,58
<i>Protium heptaphyllum</i>	454	1,79	2,08	2,70	6,57	3,86
<i>Qualea cordata</i>	473	1,38	2,16	2,24	5,78	3,54
<i>Gochnatia polymorpha</i>	197	2,37	0,90	2,17	5,43	3,27
<i>Nectandra cuspidata</i>	440	1,37	2,01	1,99	5,37	3,38
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	267	1,35	1,22	2,75	5,33	2,57
<i>Persea pyrifolia</i>	194	2,55	0,89	1,76	5,19	3,44
<i>Byrsonima laxiflora</i>	308	1,17	1,41	2,61	5,18	2,57
<i>Amaioua intermédia</i>	381	0,90	1,74	2,43	5,07	2,64
<i>Myrcia venulosa</i>	339	0,56	1,55	2,61	4,72	2,11
<i>Faramea montevidensis</i>	307	0,70	1,40	2,22	4,32	2,10
<i>Rapanea lancifolia</i>	291	0,60	1,33	2,11	4,05	1,93
<i>Siparuna guianensis</i>	288	0,42	1,32	1,81	3,55	1,74
<i>Terminalia brasiliensis</i>	192	0,87	0,88	1,67	3,42	1,75
<i>Myrcia fallax</i>	243	0,58	1,11	1,71	3,40	1,69
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	215	0,48	0,98	1,90	3,36	1,46
<i>Machaerium brasiliense</i>	156	1,01	0,71	1,37	3,09	1,72
<i>Maprounea guianensis</i>	144	0,41	0,66	1,78	2,84	1,07
<i>Platypodium elegans</i>	115	1,22	0,53	0,99	2,74	1,75
<i>Pouteria ramiflora</i>	129	0,74	0,59	1,40	2,73	1,33
<i>Miconia ligustroides</i>	138	0,38	0,63	1,69	2,70	1,01
<i>Acosmium subelegans</i>	121	0,33	0,55	1,05	1,93	0,88
<i>Piptocarpha axillaris</i>	82	0,38	0,37	1,14	1,89	0,75
<i>Croton floribundus</i>	106	0,53	0,48	0,59	1,60	1,01
<i>Qualea grandiflora</i>	56	0,37	0,26	0,64	1,27	0,63
<i>Matayba eleagnoides</i>	83	0,23	0,38	0,66	1,26	0,61
<i>Symplocos tenuifolia</i>	70	0,35	0,32	0,59	1,26	0,67
<i>Maytenus robusta</i>	48	0,11	0,22	0,73	1,06	0,33
<i>Myrcia língua</i>	48	0,11	0,22	0,69	1,02	0,33
<i>Eugenia aurata</i>	44	0,10	0,20	0,69	0,99	0,30
<i>Ixora brevifolia</i>	58	0,13	0,27	0,48	0,88	0,40
<i>Ormosia arbórea</i>	37	0,16	0,17	0,43	0,75	0,33
<i>Lafoensia pacari</i>	34	0,13	0,16	0,44	0,73	0,29
<i>Miconia sellowiana</i>	37	0,10	0,17	0,46	0,73	0,27
<i>Ouratea spectabilis</i>	31	0,15	0,14	0,41	0,70	0,29
<i>Ilex paraguariensis</i>	33	0,08	0,15	0,43	0,66	0,23
<i>Myrcia linguaeformis</i>	32	0,08	0,15	0,43	0,65	0,23



<i>Espécies</i>	N	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Bowdichia virgilioides</i>	28	0,18	0,13	0,34	0,65	0,31
<i>Guapira graciliflora</i>	22	0,12	0,10	0,37	0,60	0,23
<i>Myrcia bella</i>	26	0,07	0,12	0,39	0,58	0,19
<i>Clethra scabra</i>	28	0,22	0,13	0,20	0,54	0,34
<i>Styrax camporum</i>	24	0,05	0,11	0,36	0,52	0,16
<i>Casearia sylvestris</i>	29	0,06	0,13	0,30	0,49	0,19
<i>Guapira noxia</i>	18	0,14	0,08	0,27	0,49	0,22
<i>Roupala Montana</i>	23	0,05	0,11	0,32	0,47	0,15
<i>Erythroxylum deciduum</i>	22	0,04	0,10	0,32	0,46	0,14
<i>Myrcia tomentosa</i>	21	0,03	0,10	0,34	0,46	0,12
<i>Eugenia pluriflora</i>	19	0,04	0,09	0,30	0,43	0,12
<i>Styrax ferrugineus</i>	19	0,08	0,09	0,25	0,42	0,17
<i>Tabebuia sp.</i>	18	0,07	0,08	0,23	0,38	0,15
<i>Annona crassiflora</i>	13	0,09	0,06	0,23	0,38	0,15
<i>Guapira opposita</i>	16	0,05	0,07	0,25	0,37	0,12
<i>Symplocos pubescens</i>	17	0,04	0,08	0,23	0,35	0,12
<i>Dalbergia miscolobium</i>	9	0,14	0,04	0,14	0,32	0,18
<i>Prunus myrtifolia</i>	15	0,04	0,07	0,21	0,32	0,11
<i>Luehea grandiflora</i>	16	0,03	0,07	0,14	0,25	0,11
<i>Anadenanthera falcata</i>	5	0,09	0,02	0,09	0,20	0,12
<i>Eriotheca gracilipes</i>	8	0,04	0,04	0,12	0,20	0,07
<i>Stryphnodendron obovatum</i>	8	0,01	0,04	0,14	0,19	0,05
<i>Plathymentia reticulata</i>	7	0,02	0,03	0,12	0,18	0,05
<i>Plenckia populnea</i>	6	0,03	0,03	0,11	0,17	0,06
<i>Duguetia lanceolata</i>	5	0,04	0,02	0,07	0,13	0,06
<i>Ficus glabra</i>	5	0,02	0,02	0,09	0,13	0,04
<i>Cabralea canjerana</i>	5	0,02	0,02	0,09	0,13	0,04
<i>Ocotea velloziana</i>	5	0,01	0,02	0,09	0,13	0,04
<i>Byrsonima basiloba</i>	4	0,03	0,02	0,07	0,12	0,05
<i>Hexachlamys edulis</i>	6	0,01	0,03	0,09	0,12	0,04
<i>Enterolobium gummiferum</i>	5	0,01	0,02	0,09	0,12	0,03
<i>Gomidesia affinis</i>	6	0,02	0,03	0,07	0,12	0,04
<i>Guapira hirsuta</i>	5	0,02	0,02	0,07	0,11	0,04
<i>Brosimum guianense</i>	6	0,01	0,03	0,07	0,11	0,04
<i>Caryocar brasiliense</i>	4	0,02	0,02	0,07	0,11	0,04
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	4	0,01	0,02	0,07	0,10	0,03
<i>Myrciaria floribunda</i>	4	0,01	0,02	0,07	0,10	0,02
<i>Licania humilis</i>	3	0,02	0,01	0,05	0,08	0,03
<i>Couepia grandiflora</i>	3	0,01	0,01	0,05	0,08	0,03
<i>Trichilia pallida</i>	4	0,01	0,02	0,05	0,08	0,03
<i>Calyptantes clusiaefolia</i>	2	0,03	0,01	0,04	0,08	0,04
<i>Casearia decandra</i>	3	0,01	0,01	0,05	0,07	0,02
<i>Cupania tenuivalvis</i>	3	0,01	0,01	0,05	0,07	0,02
<i>Strychnos brasiliensis</i>	3	0,00	0,01	0,05	0,07	0,02
<i>Bauhinia brevipes</i>	3	0,00	0,01	0,05	0,07	0,02
<i>Actinostemon communis</i>	4	0,01	0,02	0,04	0,06	0,03
<i>Acacia polyphylla</i>	3	0,01	0,01	0,04	0,06	0,02
<i>Qualea parviflora</i>	1	0,03	0,00	0,02	0,06	0,04
<i>Strychnos pseudoquina</i>	2	0,01	0,01	0,04	0,05	0,01
<i>Dimorphandra mollis</i>	1	0,03	0,00	0,02	0,05	0,03
<i>Erythroxylum cuneifolium</i>	2	0,00	0,01	0,04	0,05	0,01



<i>Espécies</i>	N	DoR	DeR	FR	IVI	IVC
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	2	0,00	0,01	0,04	0,05	0,01
<i>Psidium sp.</i>	2	0,00	0,01	0,04	0,05	0,01
<i>Ilex brasiliensis</i>	2	0,00	0,01	0,04	0,05	0,01
<i>cf. Mollinedia shottiana</i>	3	0,01	0,01	0,02	0,04	0,02
<i>Eugenia moraviana</i>	3	0,00	0,01	0,02	0,04	0,02
<i>Nectandra oppositifolia</i>	1	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01
<i>Lithraea molleoides</i>	1	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01
<i>Endlicheria paniculata</i>	2	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01
<i>Calophyllum brasiliense</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01
<i>Eugenia bella</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01
<i>Ficus guaranítica</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Qualea multiflora</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Eugenia cerasiflora</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Mabea fistulifera</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Coussarea hydrangeaefolia</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Sorocea bonplandii</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Schefflera vinosa</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Xylopia brasiliensis</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
<i>Casearia lasiophylla</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
Total	21876	100	100	100	300	200

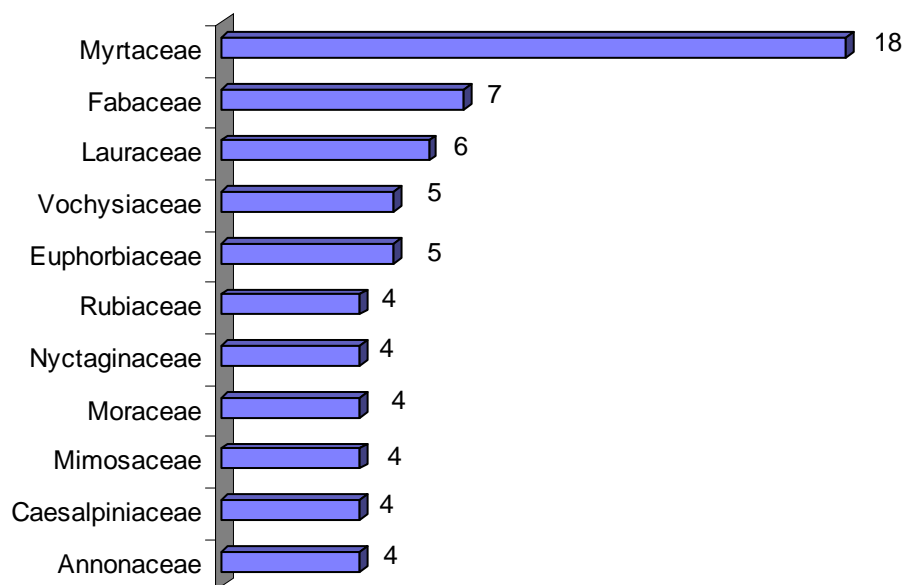


Figura 1. Famílias de maior riqueza no levantamento fitossociológico da Parcela Permanente de 10,24ha de Cerradão na Estação Ecológica de Assis, Assis-SP. Dados de 2005.

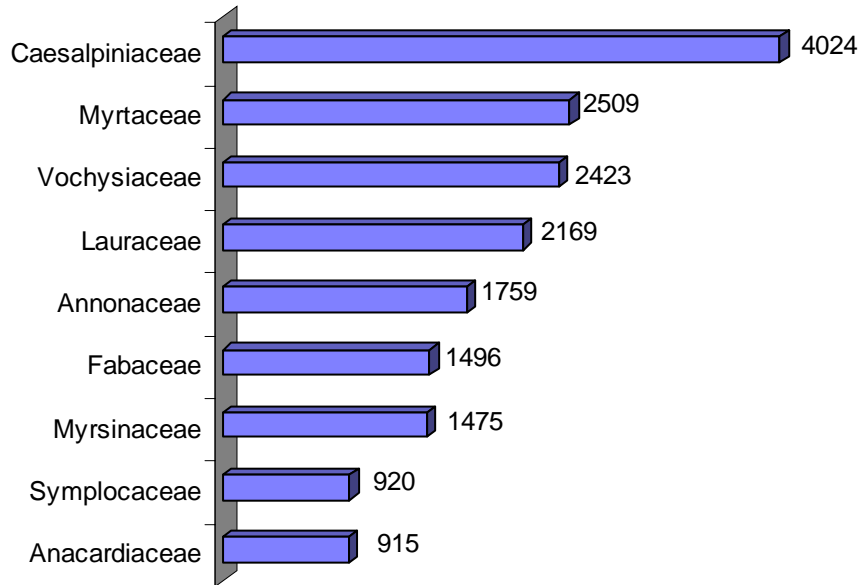


Figura 2. Famílias de maior densidade no levantamento da Parcela Permanente de 10,24ha de Cerradão na Estação Ecológica de Assis, Assis-SP. Dados de 2005.

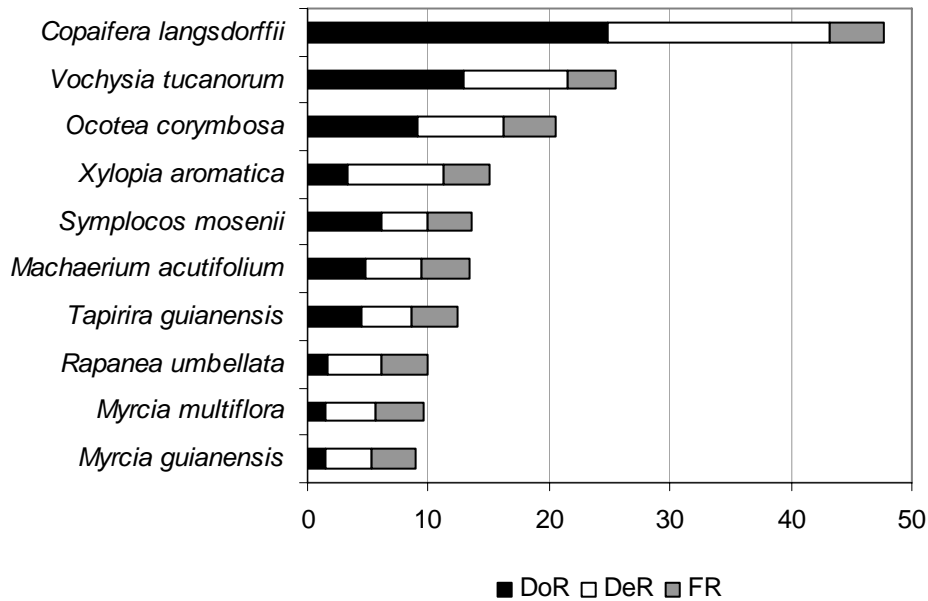


Figura 3. Espécies de maior valor de importância no levantamento fitossociológico da Parcela Permanente de 10,24ha de Cerradão na Estação Ecológica de Assis, Assis-SP. Dados de 2005. DoR – Dominância relativa, DeR – Densidade Relativa, FR – Freqüência relativa.



## Referências Bibliográficas

- Assis, A.M. de; Pereira, O.J. ; Thomaz, L.D. 2004. Fitossociologia de uma Floresta de Restinga no Parque Estadual Paulo César Vinha, Setiba, município de Guarapari (ES) Brasil. *Rev. Bras. Botânica* 27(2):349-361.
- Assumpção, J.; Nascimento, M.T. 2000. Estrutura e Composição Florística de Quatro Formações Vegetais de Restinga no Complexo Lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Bot. Brás.* 14(3):301-315.
- Bernacci, L.C & Leitão Filho, H.F. 1996. Florea fanerogâmica da Fazenda São Vicente, Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 19: 149-164.
- Carvalhaes, M.A. 1997. Florística e Estrutura da Mata sobre Restinga na Juréia, Iguape, SP. Tese de Mestrado, IB-USP – SP.
- Cavassan. O., César, O, Martins, F.R. 1984. Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Estadual de Bauru, estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 7:90-106.
- Fabris, L.C. 1995. Composição florística e fitossociológica de uma faixa de floresta arenosa litorânea do Parque Estadual de Setiba, Município de Guarapari, ES. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Franco, G.A.D.C. 2002. Florística e fitossociologia de duas unidades do mosaico florestal da Estação Ecológica dos Caetetus – floresta estacional semidecidual – Gália-SP. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- Kotchetkoff-Henriques. O., Joly, C.A. 1994. Estudo florístico e fitossociológico em uma mata mesófila semidecídua da Serra do Itaqueri, Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 54: 477-487.
- Martins, F.R.1993.Estrutura de uma floresta mesófila. Série Teses. Editora da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Mueller-Dombois, D., ElleMBERG, H. 1974. Aims and methods in plant ecology. John Wiley and Sons. New York.
- Oliveira, A. A. . Species-richness projections from an Atlantic forest permanent plot. In: Annual Meeting of the Association for Tropical Biology, 2005, Uberlândia. *Frontiers in Tropical Biology and Conservation*, 2005. v. 1. p. 88.
- Rodrigues, R.R.; Nave, A.G. 2000. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: Rodrigues. R.R.; Leitão Filho, H.F. *Matas Ciliares, Conservação e Recuperação*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Schlittler, F.H.M, Marinis, G., Cesar, O. 1995. Estudos fitossociológicos da floresta do Morro do Diabo (Pontal do Paranapanema, SP, Brasil). *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 38: 217-234.
- Silva, S.M.; Britez, R.M.; Souza, W.S; Joly, C.A. 1993. Fitossociologia do Componente Arbóreo da Floresta de Restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR. In: 3º Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. v.3. Publ. ACIESP nº 87 – III.
- Stranghetti, V., Ranga, N.T. 1998. Levantamento florístico das espécies vasculares da floresta estacional mesófila semidecídua da Estação Ecológica de Paulo de Faria – SP. *Revista Brasileira de Botânica* 21:289-298.
- Sugiyama, M. 1998. Estudo de Florestas de Restinga da Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Botânica* 11:119-159.
- Toniato.M.T.Z. & Oliveira-Filho, A.T. 2004. Variations in tree community composition and structure in a fragment of tropical semideciduous forest in southeastern Brazil related to different human disturbance histories. *Forest Ecology and Management* 198: 319–339.





## PARTE IV – PROCESSOS E PADRÕES ECOLÓGICOS

<b>1. DINÂMICA E SUCESSÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 CARACTERIZAÇÃO SILVIGÊNICA DE TRECHOS FLORESTAIS DAS PARCELAS PERMANENTES E ASSOCIAÇÃO DO MOSAICO SILVIGÊNICO COM FATORES ABIÓTICOS .....	1
1.1.1. <i>Introdução</i> .....	1
1.1.2. <i>Metodologia</i> .....	3
1.1.3. <i>Resultados e Discussão</i> .....	5
1.1.3.1. Estação Ecológica de Caetetus – Floresta Estacional Semidecidual (5,12ha) .....	5
1.1.3.2. Estação Ecológica de Assis – Cerradão (5,12ha) .....	7
1.1.3.3. Parque Estadual da Ilha do Cardoso – Floresta de Restinga (10,24ha) .....	11
1.1.4. <i>Conclusões</i> .....	16
1.1.4.1. Estação Ecológica de Caetetus – Floresta Estacional Semidecidual .....	16
1.1.4.2. Estação Ecológica de Assis - Cerradão .....	16
1.1.4.3. Parque Estadual da Ilha do Cardoso - Floresta de Restinga .....	16
1.1.5. <i>Dificuldades e perspectivas</i> .....	16
1.2. DINÂMICA DE CLAREIRAS .....	19
1.2.1 <i>O que é uma clareira?</i> .....	19
1.2.2 <i>Porque estudar dinâmica de clareiras?</i> .....	20
1.2.2.1 Regeneração Florestal .....	20
1.2.2.2 Composição florística .....	20
1.2.2.3 Dinâmica de populações .....	21
1.2.2.4 Riqueza e diversidade .....	22
1.2.3 <i>Definições de clareira</i> .....	23
1.2.4. <i>O estudo de clareira em parcelas permanentes</i> .....	25
1.2.4.1. A Regeneração Natural em Diferentes Regimes de Luz na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana .....	26
1.2.4.1.1. Regime de Distúrbio .....	26
1.2.4.1.2. Composição Florística .....	27
1.2.4.1.3. Crescimento, Sobrevivência e Recrutamento .....	27
1.2.4.1.4. Estrutura de habitat .....	28
1.2.4.2. Dinâmica de Clareiras Naturais na Parcela Permanente da Floresta de Restinga alocada no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP .....	29
1.2.4.3. Estruturação espacial de quedas de árvores e relações com o padrão espacial de riqueza de espécies em 40,96ha de Parcelas Permanentes das quatro principais formações florestais do estado de São Paulo .....	31
1.2.4.3.1. Objetivos específicos .....	32
1.2.4.3.2. Métodos .....	32
1.3. DINÂMICA DA REGENERAÇÃO .....	35
1.3.1. <i>Introdução</i> .....	35
1.3.2. <i>Importância do estudo da regeneração</i> .....	36
1.3.3. <i>Métodos para o estudo da regeneração</i> .....	37
1.3.4. <i>Formas de análise dos dados de regeneração</i> .....	38
1.3.5. <i>Metodologias empregadas nas Parcelas Permanentes</i> .....	39
1.3.6. <i>Vantagens de estudos da regeneração em parcelas permanentes</i> .....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

## **2. ESTIMATIVAS DE RIQUEZA E MECANISMOS DE MANUTENÇÃO DA DIVERSIDADE EM FLORESTAS TROPICAIS .....**

**48**

### 2.1. FILTROS DA BIODIVERSIDADE: UMA HIPÓTESE ALTERNATIVA PARA O ESTUDO DE FLORESTAS 48



2.1.1. Introdução.....	48
2.1.2. A heterogeneidade criada pelas árvores .....	50
2.1.2.1. As Espécies arbóreas como engenheiras físicas do ecossistema florestal .....	50
2.1.3. A Heterogeneidade física criada pelas árvores do dossel.....	51
2.1.3.1. Regimes de Luz.....	51
2.1.3.2. Solo .....	53
2.1.3.3. Serapilheira .....	54
2.1.3.4. Biota do solo .....	56
2.1.3.5. Aleloquímicos .....	58
2.1.4. Outros aspectos.....	59
2.1.5. Os possíveis mecanismos de ação do efeito de filtro.....	61
2.1.6. Problemas relacionados à identificação do efeito filtro e conseqüências.....	67
2.1.7. Conseqüências teóricas e práticas da hipótese de “filtros da biodiversidade”.....	72
2.1.8. Síntese e perspectivas .....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
<b>3. ECOFISIOLOGIA DO USO DO NITROGÊNIO EM ESPÉCIES ARBÓREAS.....</b>	<b>85</b>
3.1 USO DE NITROGÊNIO EM ESPÉCIES ARBÓREAS .....	85
3.2. METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DO USO DE NITROGÊNIO EM ESPÉCIES ARBÓREAS.....	88
3.3 ESTUDOS SOBRE A ECOFISIOLOGIA DO USO DE NITROGÊNIO EM ESPÉCIES ARBÓREAS NO ÂMBITO DO PROJETO.....	90
3.3.1 Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC).....	90
3.3.2 Parque Estadual de Carlos Botelho PECB.....	94
3.3.3 Principais dificuldades encontradas no trabalho nas áreas de trabalho, Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e Carlos Botelho. ....	98
3.4. CONCLUSÃO GERAL .....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	99
<b>4. ELEMENTOS QUÍMICOS .....</b>	<b>101</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	101
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	104
4.2.1 Amostragem .....	105
4.2.2 Preparação das amostras e análise química.....	109
4.2.3 Análise estatística .....	110
4.2.4. Banco de dados.....	110
4.3 COMPARTIMENTO SOLO .....	112
4.4 COMPARTIMENTO FOLHA.....	118
4.5 CONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE FOLHAS .....	137
4.6. COMPARTIMENTO SERRAPILHEIRA.....	140
4.7. COMPARTIMENTO EPÍFITA .....	141
4.7.1 Seleção de biomonitor.....	141
4.7.2 Biomonitoração.....	145
4.8 CICLAGEM DE ELEMENTOS QUÍMICOS .....	149
4.8.1 Fatores de transferência solo-folha.....	149
4.8.2 Fatores de transferência folha-serrapilheira .....	153
4.8.3 Apontamentos gerais.....	155
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158
<b>5. ANÁLISE DAS COMUNIDADES BACTERIANAS DO SOLO E FILOPLANO .....</b>	<b>163</b>
5.1. BACTERIAL DIVERSITY ON LEAF SURFACES OF THE BRAZILIAN ATLANTIC FOREST .....	163
5.1.1. Comparisons of Phyllosphere Community Similarities .....	165



5.1.2. <i>Species Diversity of Phyllosphere Bacterial Communities</i> .....	166
5.1.3. <i>Implications of high bacterial diversity in the phyllosphere</i> .....	168
5.1.3.1. <i>Methods</i> .....	169
<i>Acknowledgments</i> .....	171
5.2. BACTERIAL DIVERSITY ON LEAF SURFACES OF THE BRAZILIAN ATLANTIC FOREST .....	176
5.2.1. <i>Supplementary Information</i> .....	176
5.2.1.1. <i>Material and Methods</i> .....	176
REFERENCES .....	182
<b>6. DECOMPOSIÇÃO EM FLORESTAS DO ESTADO DE SÃO PAULO: ASSOCIAÇÃO ENTRE VEGETAÇÃO E COMUNIDADE DECOMPOSITORA.....</b>	<b>183</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	185
<b>7. BIOLOGIA REPRODUTIVA .....</b>	<b>186</b>
7.1. SISTEMAS SEXUAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA ÁREA DE CERRADI E UMA ÁREA DE RESTINGA NO ESTADO DE SÃO PAULO .....	186
7.1.1. <i>Introdução</i> .....	186
7.1.2. <i>Objetivos</i> .....	188
7.1.3. <i>Justificativa</i> .....	188
7.1.4. <i>Material e métodos</i> .....	188
7.1.5. <i>Resultados</i> .....	190
7.1.6. <i>Discussão</i> .....	191
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	204



# 1. Dinâmica e sucessão

Sergius Gandolfi

Adriana Maria Zanforlin Martini

Andréa Vanini

Débora C. Rotter

Milene Bianchi Santos

Rejane Tavares Botrel

Renato Augusto Ferreira de Lima

Ricardo Ribeiro Rodrigues

## ***1.1 Caracterização silvigênica de trechos florestais das parcelas permanentes e associação do mosaico silvigênico com fatores abióticos***

### 1.1.1. Introdução

Uma floresta tropical se caracteriza por uma grande heterogeneidade ambiental no espaço e no tempo, constituindo assim um mosaico (White & Pickett 1985) de unidades dinamicamente relacionadas umas com as outras (Torquebiau 1986). Apesar disso, estudos de mosaicos florestais, além de poucos, em sua maioria abordam as aberturas naturais do dossel florestal, definidas como clareiras, causadas pela queda de árvores, ou parte delas, e os processos de regeneração natural que se sucedem (Whitmore 1976, Denslow, 1980, Hartshorn 1980, Orians 1982, Brokaw 1985b, Martínez Ramos 1985; Brandani et al. 1988, Schupp et al. 1989, Costa & Mantovani, 1992, Negrelle, 1995, Van Der Meer & Bongers, 1996, Tabarelli & Mantovani, 1997, 1999, Hubbel et al. 1999; Brokaw & Busing 2000; Schnitzer & Carson 2001).

A silvigênese, definida como o conjunto de processos que definem a construção arquitetural de uma floresta (Hallé et al. 1978), além de relativamente recente, parece ser um novo caminho para estudos envolvendo aspectos do funcionamento e desenvolvimento do mosaico florestal, visto que a maior parte dos modelos de funcionamento das florestas tropicais é baseada no paradigma dinâmica de clareira. O método de investigação baseado no conceito da silvigênese, ou o método silvigênico tem como fundamento principal a análise da arquitetura arbórea e, portanto, se diferencia dos métodos tradicionais de análise do mosaico florestal, por se basear em modelos de crescimento, não dependentes da taxonomia e de conhecimentos auto-ecológicos das espécies (Engel, 1993).

Apesar da proposta desse método que negligencia a taxonomia e a ecologia das espécies na classificação do mosaico florestal, ser extremamente vantajosa, devido a sua facilidade de



aplicação no campo, poucos trabalhos utilizando esta abordagem foram realizados nas florestas tropicais e principalmente no Brasil (Engel 1992, Cardoso Leite 1995 e Oliveira 1997). No método silvigênico, cada mancha dentro da floresta, em diferente estado sucessional, é reconhecida como uma eco-unidade e seu conjunto compreendem o mosaico florestal ou silvático (Oldeman 1978, 1983). Em resumo, esta proposta parte do pressuposto de que ocorre um processo de ação e reação entre a arquitetura arbórea e o ambiente (entrada de luz no dossel da floresta), de modo que a arquitetura pode ser interpretada como fruto das condições energéticas abaixo do dossel (Oldeman 1978).

Além de todas as vantagens citadas na utilização desse método, pode-se dizer que neste caso, em particular, por se tratar de parcelas permanentes, a amplitude dos resultados poderá ser potencializada, visto que estes poderão ser confrontados com outros métodos de espacialização do mosaico florestal, usando as características ecológicas das espécies amostradas e inclusive podendo fazer essa comparação em diferentes momentos e em diferentes formações florestais.

A análise silvigênica permite diagnosticar o estágio de desenvolvimento da floresta em termos arquiteturais e sucessionais e fazer previsões a respeito de seu futuro, além de inferir sobre os processos pretéritos ocorridos (Engel 1993). Do ponto de vista silvigenético em uma área de floresta, para que sejam garantidos seus processos de crescimento e renovação e mantida a estabilidade desejada, deve-se ter uma superfície mínima que contenha todos os tipos e estágios de eco-unidades, de modo que a taxa de renovação desta eco-unidade seja mantida nos níveis próximos aos normais. Neste caso não são consideradas as populações, mas eco-unidades como um todo. Poderíamos falar então de área estrutural mínima (Oldeman 1983 1987a) que é aquela capaz de garantir a continuidade dos ciclos silvigenéticos (Engel 1993).

O critério proposto por Oldeman (1983) foi testado por Torquebiau (1986), e é aplicado mediante o reconhecimento básico de três tipos arquiteturais:

- árvores do presente: são aquelas que atingiram seu desenvolvimento pleno e possuem ramificação simpodial (forte reiteração e copa bem desenvolvida);
- árvores do futuro: são aquelas de copa estreita e profunda, com ramificação monopodial (crescimento segundo o modelo arquitetural inicial, sem reiteração) e que ainda não atingiram seu potencial de crescimento máximo em altura;
- árvores do passado: são aquelas com sinais visíveis de senescência ou morte, como galhos, partes da árvore ou mesmo o tronco principal quebrado ou morto, presenças de parasitas ou patógenos, etc.

Através do reconhecimento destas três categorias, o método sugere que a forma ou arquitetura das árvores é suficiente para definir as eco-unidades presentes em determinado local.

Além disso, o padrão mosaico silvigênico apresentado por uma floresta e/ou sua alteração no tempo e no espaço, pode estar relacionado tanto a fatores abióticos quanto bióticos. Porém estudos correlacionando estes fatores com o mosaico silvático ainda não foram realizados, o que



será feito no projeto “40ha de Parcelas Permanentes”, que dispõe, além daqueles referentes à vegetação, de outros dados bióticos e abióticos. Portanto, o objetivo dos trabalhos de silvigeneses nesse projeto temático tem sido avaliar a eficiência da análise silvigenica na caracterização da dinâmica sucessional de três formações florestais (Floresta Estacional Semidecidual, Cerradão e Floresta de Restinga) e relacionar o mosaico silvático a fatores abióticos. Mas recentemente foi iniciado também a silvigenese da Floresta Ombrófila Densa de Carlos Botelho.

Neste capítulo, além dos resultados parciais para as formações florestais estudadas, serão descritas as dificuldades encontradas durante a realização da pesquisa, devido a se tratar de um tema recente e ainda pouco utilizado, bem como as perspectivas de novas pesquisas e integração com outras áreas de trabalho dentro do projeto temático.

### 1.1.2. Metodologia

Para a caracterização do mosaico silvigenico, o método aqui utilizado é o de interceptação de linhas e inventário, descrito por Torquebiau (1986). No interior das parcelas permanentes de 320x320m, alocadas nas três áreas de estudo, linhas paralelas entre si e distantes 10m uma da outra, são as referências para o inventário. Vale destacar que a marcação das sub-parcelas na parcela maior do projeto (10,24ha) foi de 20x20m, o que exigiu uma subdivisão dessa sub-parcela com linhas de 10m.

As árvores dominantes, ou seja, aquelas com maiores alturas naquele ponto, que tem sua copa interceptada pelas linhas, tem medida sua altura total (Ht), a altura do fuste (Hf), o diâmetro à altura do peito (DAP <sup>3</sup> 5cm), as coordenadas de localização e a projeção horizontal anotadas (coordenadas x e y). As áreas de clareira que interceptam as linhas também são amostradas, medidas e incluídas no mapeamento.

As árvores incluídas no levantamento estão sendo categorizadas quanto à sua arquitetura em: árvores do futuro, árvores do presente e árvores do passado seguindo o método adotado por Torquebiau (1986) (figura 4.6.1.1). Posteriormente as árvores do presente estão sendo subdivididas em categorias conforme sua altura total e seu ponto de inversão morfológica. A relação entre altura total (Ht) e altura do fuste (Hf), diz respeito ao ponto de inversão morfológica ( $PI=Hf/Ht$ ), que ocorre quando a árvore diminui seu crescimento em altura (Oldeman 1978).

Os mapeamentos das eco-unidades foram realizados com base nas coordenadas das copas das árvores registradas nas linhas de inventário, distanciadas de 10 x 10m e são a representação gráfica do mosaico silvigenico. A união das copas de árvores de mesma categoria definiram cada uma das eco-unidades. Para isso foi utilizado um Sistema de Informação Geográfica (TNT Mips). Até este ponto o método permite a caracterização do mosaico silvigenico. De posse dos mapas de eco-unidades, será possível então a integração dos resultados aqui obtidos com aqueles de outros subprojetos incluídos no Projeto temático. A comparação qualitativa entre as espécies constituintes de cada eco-unidade com sua classificação ecológica permitirá averiguar se existe a



coincidência esperada entre ambos os métodos de caracterização sucessional. Os fatores bióticos foram determinados pela análise das informações dos levantamentos florístico e fitossociológico a partir das delimitações amostrais do mosaico silvigênico.

Para avaliar o papel dos fatores abióticos na composição e alterações temporais do mosaico vegetacional serão analisadas e combinadas as diversas informações em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para tal, cada “classe” de informação constituirá um plano de informação ou um “layer” dentro do SIG.

Como fatores abióticos serão considerados: solo, topografia, dinâmica da água no solo e distribuição da luz nos diferentes microhabitats.

Para a caracterização dos solos serão utilizados: o mapa de classes de solos do levantamento ultradetalhado e alguns mapas de atributos de solos (ex: pH, Al, Ca, V%) interpolados a partir dos valores obtidos nas análises físico-químicas das amostragens realizadas, sendo que todos esses dados estão disponíveis no Projeto Temático “Parcelas Permanentes”. Para a determinação da possível influência topografia dessas áreas, que apresentam pequena variação de relevo, será possível contar ainda com os mapas obtidos à partir da elaboração do modelo de elevação digital do terreno, feito a partir das curvas de nível e dos pontos cotados em campo, com os seguintes possíveis desdobramentos: mapa de declividade, mapa de orientação das vertentes e mapa de sombreamento ocasionado pela variação topográfica. A análise de correlação entre a dinâmica da água no solo e o mosaico florestal será testada através da interpolação dos dados obtidos pelos equipamentos instalados na parcela (TDRs – Time-Domain Reflectometry e os Data Loggers que são coletores permanentes de dados) que possibilitam o mapeamento e o monitoramento temporal da água no solo.

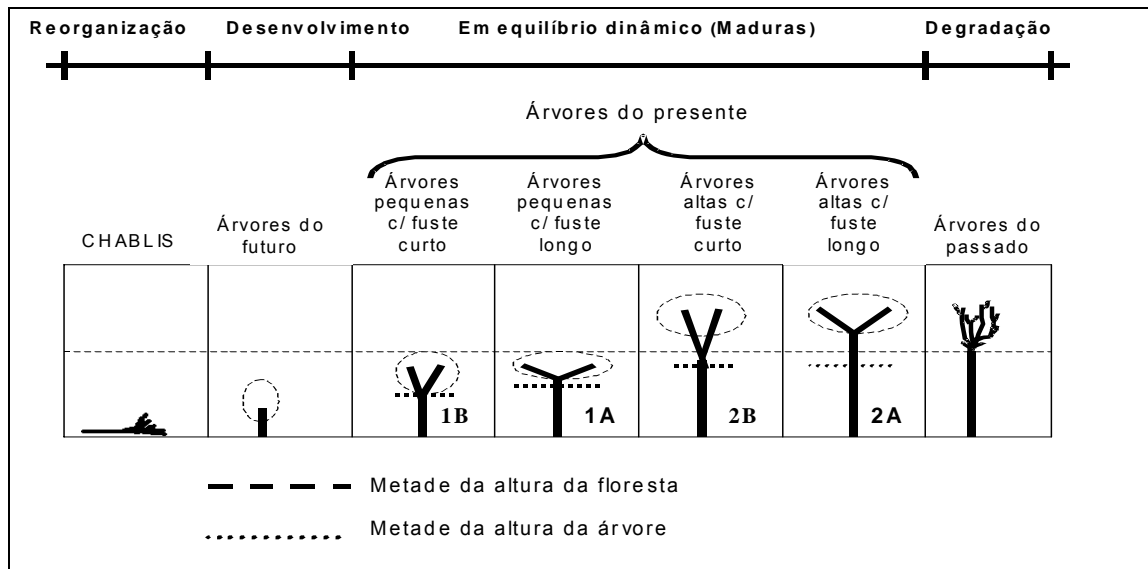


Figura 1. Chave de identificação de eco unidades. 1 e 2 = primeiro e segundo níveis do dossel, A e B = nível de inversão morfológica alta e baixa. (Engel 1993, baseada em Torquebiau 1986).

Essas informações abióticas serão combinadas e espacializadas com base nas diferentes eco-unidades determinadas a partir do delineamento das projeções das copas dos indivíduos amostrados no campo. Cada eco-unidade, determinada pela arquitetura dos indivíduos no campo, consistirá em um plano de informação que deverá ser cruzado com as informações abióticas.

Como resultado de cada cruzamento espera-se uma tabela que apresente a área de intersecção entre as classes dos mapas cruzados, ou seja, uma tabela de contingência. Nesta tabela, cada mapa será considerado como uma variável e para analisar a correlação entre essas variáveis serão aplicados testes de Qui quadrado ( $\chi^2$ ) (Zar 1999). Caso os testes apresentem resultados significativos, serão calculados coeficientes de contingência, para investigar o nível de associação entre as variáveis. O coeficiente de correlação de Yule será utilizado nesta pesquisa para medir o grau de associação entre os pares de variáveis qualitativas. Este coeficiente varia entre -1 e +1 e pode indicar uma associação negativa entre as variáveis quando assumir um valor negativo e uma associação positiva caso ocorra o contrário. Se o valor apresentado for igual a zero (0), significa que não existe associação entre as duas variáveis, ou seja, estas são independentes.

### 1.1.3. Resultados e Discussão

#### 1.1.3.1. Estação Ecológica de Caetetus – Floresta Estacional Semidecidual (5,12ha)

Caracterização silvigenica – A caracterização silvigenica foi feita em 5,12ha dos 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus. No dossel superior do trecho estudado da Parcela Permanente foram amostrados 740 (144,53ind/ha) indivíduos, divididos em 476 árvores do presente (64,32%), 68 árvores do futuro (9,18%) e 196





árvores do passado (26,48%). Além disso, 45 clareiras foram amostradas, formando as eco-unidades em reorganização que corresponderam a 4,8% da área mapeada. Tais eco-unidades indicam que parte da floresta encontra-se em renovação. Avaliando as eco-unidades constituintes da área estudada, pode-se perceber uma estrutura melhor definida, com o predomínio de eco-unidades em equilíbrio 2A (60,11%) (Figura 2) que formam uma matriz onde as outras eco-unidades foram inseridas e de acordo com Torquebiau (1986), correspondem a unidades de floresta madura, estável e bem estratificada. Ratificando o resultado encontrado na análise silvigenica, Hartshorn, (1980) descreve uma floresta madura como aquela que possui dossel com muitos estratos, grande riqueza de espécies arbóreas, que impressionam pela altura e porte, abundância de epífitas e lianas lenhosas. A área de estudo corresponde exatamente a essa descrição. As eco-unidades em equilíbrio 2B (12,98%), como as em equilíbrio 2A, se apresentaram em porcentagem semelhante ao trabalho de Torquebiau (1986) As porcentagens de áreas cobertas por eco unidades 1B (2%) e 1A (1,64) de acordo com Torquebiau (1986) são consideradas altas e indicam dinamismo e provavelmente heterogeneidade ecológica da área de estudo. De acordo com Oldeman (1987a) a análise arquitetural de mosaicos permite verificar se a área de eco-unidades em reorganização (chablis) é maior que aquelas em degradação, ou se a quantidade de eco-unidades em degradação existente na área pode ser repostas pelas eco-unidades em desenvolvimento. No caso deste trabalho, a alta porcentagem de eco-unidades em degradação (14,16%) em comparação a outras pesquisas que utilizaram o mesmo método (Cardoso-Leite, 1995;Oliveira, 1997;Engel & Prado, 1992; Torquebiau 1986) pode estar relacionada a fatores abióticos. O mesmo pode estar ocorrendo com as eco-unidades em desenvolvimento (2,94%), que representaram uma pequena fração do mapeamento silvigenico. Porém, o cruzamento mosaico silvigenico X fatores abióticos ainda não foi realizado devido à demanda de um tempo maior para que os mapas que servirão como base para as análises descritas estejam prontos. Entretanto, em uma análise preliminar pode-se perceber que os tipos de solo podem ter influenciado a distribuição de eco-unidades. A partir dos resultados obtidos, pode-se ainda dizer que a porcentagem de fase madura, sob a forma de eco-unidades 2A, encontrada neste estudo, está acima do limite superior do intervalo padrão (42% - 57%) sugerido por Cardoso-Leite (1995), baseado em seu próprio estudo e em Engel e Prado (1992).

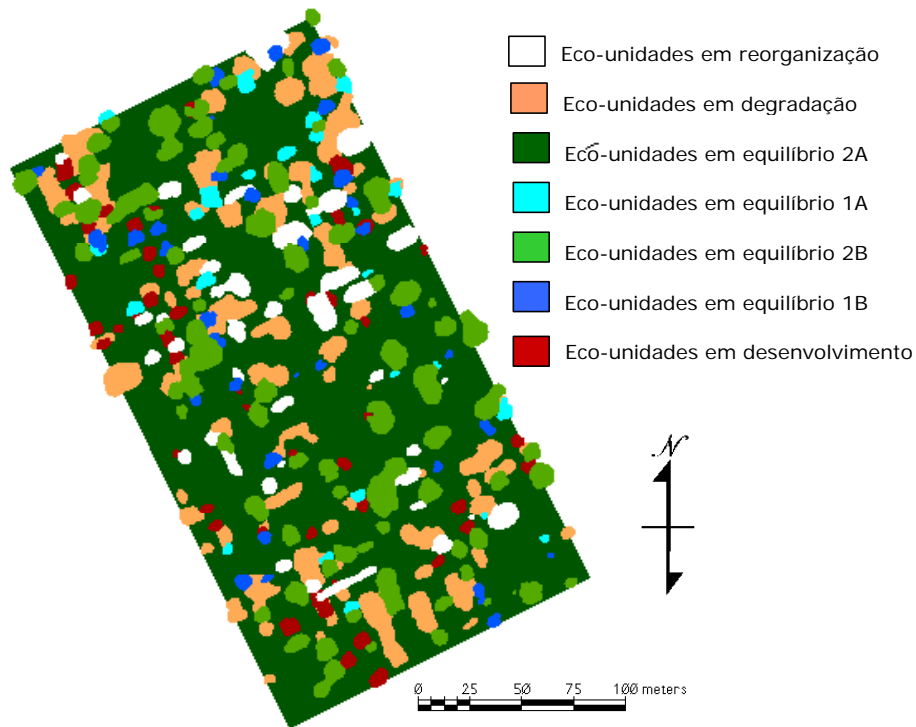


Figura 2. Diagrama de eco-unidades apresentado para os 5,12ha da Parcela Permanente de Floresta estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus.

Tabela 1. Estrutura das eco-unidades constituintes do mosaico silvigênico para os 5,12ha da Parcela Permanente de Floresta estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus.

Eco unidade	Área mín (m <sup>2</sup> )	Área máx (m <sup>2</sup> )	Área méd (m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Total (%)
Equilíbrio 1A	6,49	87,14	32,39	842,18	1,64
Equilíbrio 1B	0,02	65,80	26,90	1022,02	2,00
Equilíbrio 2A	*	*	*	30778,08	60,11
Equilíbrio 2B	0,02	477,50	57,79	6645,98	12,98
Reorganização	0,02	487,82	65,79	3158,08	6,17
Desenvolvimento	3,85	96,18	32,00	1504,07	2,94
Degradação	0,02	380,48	61,96	7249,60	14,16

\* Essas medidas não foram calculadas, pois a eco-unidades em equilíbrio 2A, corresponderam a uma matriz, na qual foram inseridas as eco-unidades restantes

### 1.1.3.2. Estação Ecológica de Assis – Cerradão (5,12ha)

Caracterização silvigênica - A caracterização silvigênica foi feita em 5,12ha dos 10,24ha da Parcela Permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis. No dossel superior do trecho de Parcela Permanente estudado, foram amostrados 1300 indivíduos (253,9ind/ha) distribuídos em 840 (64,61%) árvores do presente, 243 (18,69%) árvores do futuro, 212 (16,30%) árvores do passado, além de cinco clareiras (figura 4). As eco-unidades em equilíbrio se destacaram



totalizando 74,12% da área mapeada (tabela 2). Em segundo lugar apareceram as eco-unidades em degradação com 14,79% e em seguida as eco-unidades em desenvolvimento com 10,63%. Quando se subdivide as eco-unidades em equilíbrio, percebe-se uma predominância de eco-unidades do tipo 2B (43,46%). Oliveira (1997) relaciona esse tipo de eco-unidade à ocorrência de clareiras relativamente grandes. No entanto, na área de estudo, a ocorrência de poucas clareiras não permite essa associação. As árvores que constituem a eco-unidade 2B se encontram entre as mais altas presentes no levantamento e se diferenciam daquelas que constituem as eco-unidades 2A (24,22%), por apresentarem altura do fuste abaixo da metade da altura da floresta estudada. Isto está diretamente relacionado à superfície de inversão morfológica da floresta estudada. Torquebiau (1986) sugere que esta superfície corresponda à metade da altura total da floresta e ressalta em seu trabalho que as alturas variáveis dos níveis de inversão refletem as condições de crescimento dentro da floresta, que por sua vez influenciam a arquitetura arbórea. Observa-se na área de estudo a formação de poucos estratos verticais e conseqüentemente a ocorrência de um dossel menos denso que por sua vez culmina em uma maior quantidade de luz penetrando no sub-bosque da mata. O papel da luz em ambientes florestais é importante na determinação da arquitetura arbórea, constituindo o principal recurso que limita o crescimento das espécies (O'Brien et al.1995). No entanto, em ambientes mais abertos, como o Cerradão, a luz não parece ser um fator limitante e outros fatores abióticos poderiam estar desempenhando um papel fundamental na forma arquitetural das plantas. O cruzamento mosaico silvigênico X fatores abióticos, descrito no item Metodologia, apontará caminhos para que esta questão seja elucidada. Porém, o tratamento dos mapas que servirão como base para as análises demanda de um tempo maior. Entretanto, em uma análise preliminar pode-se perceber que os tipos de solo não influenciaram a distribuição de eco-unidades, deixando esta função, talvez, para o regime de água no solo. Muniz (2004), cujo trabalho é parte integrante do projeto Parcelas Permanentes estudou os regimes de luz, durante o inverno do ano de 2003, em formações florestais do Estado de São Paulo e os resultados de uma análise de agrupamento para a forma fisionômica Cerradão na Estação Ecológica de Assis, indicaram a formação de grupos distintos, onde as condições de sub-bosque se separaram das condições de clareiras e bordas de clareiras. Corroborando com esse resultado, o teste de comparação múltipla de resíduos, realizado no mesmo trabalho, mostrou diferenças significativas entre as condições do mosaico vegetal encontradas no Cerradão. Entretanto, quando se comparou o regime de luz entre os diferentes tipos florestais, tal como a Floresta Estacional Semidecidual, a autora encontrou uma amplitude de variação entre as áreas mais e menos sombreada, relativamente menor. Quando se compara o resultado do mosaico silvigênico encontrado neste trabalho com aqueles encontrados em outros trabalhos, utilizando o mesmo método, porém em tipos florestais diferentes (Floresta Estacional Semidecidual (Cardoso-Leite, 1995); Floresta Estacional Semidecidual (Oliveira, 1997); Floresta Ombrófila Densa (Engel & Prado, 1992); e Floresta úmida de Dipterocarpaceae (Torquebiau 1986)), observa-se, que além



da discrepância entre a percentagem de eco-unidades 2B encontradas na Estação Ecológica de Assis e as outras pesquisas, existe também uma nítida diferença no que diz respeito as eco-unidades em reorganização. Tais eco-unidades, compostas por clareiras, representariam a renovação da floresta. Entretanto, além da menor amplitude de variação de radiação, encontrada por Muniz (2004), entre as condições do mosaico florestal, uma característica freqüentemente observada no Cerradão é a morte de árvores em pé, o que impede em parte a formação e identificação de uma clareira propriamente dita. As eco-unidades em equilíbrio dos tipos 1A e 1B corresponderam a 3,56% e 2,87% respectivamente. Essas eco-unidades podem ser resultado de distúrbios no dossel superior, mas também podem ser um sinal de processos silvigenéticos recentes, caso essas árvores tenham se desenvolvido sob uma matriz florestal baixa (Torquebiau 1986). As eco-unidades 2A (24,22%) de acordo com Torquebiau (1986) correspondem rusticamente à clássica “fase madura” da floresta, ou seja, zonas com árvores altas tendo longos fustes, usualmente várias camadas intermediárias, nível inferior sendo sombreado com poucas plantas pequenas (Whitmore 1975). Com os resultados obtidos, pode-se então dizer que a percentagem de fase madura, sob a forma de eco-unidades 2A, encontrada neste estudo, não se encontra dentro do intervalo padrão (42% - 57%) sugerido por Cardoso-Leite (1995), base em seu próprio estudo e em Engel e Prado (1992).

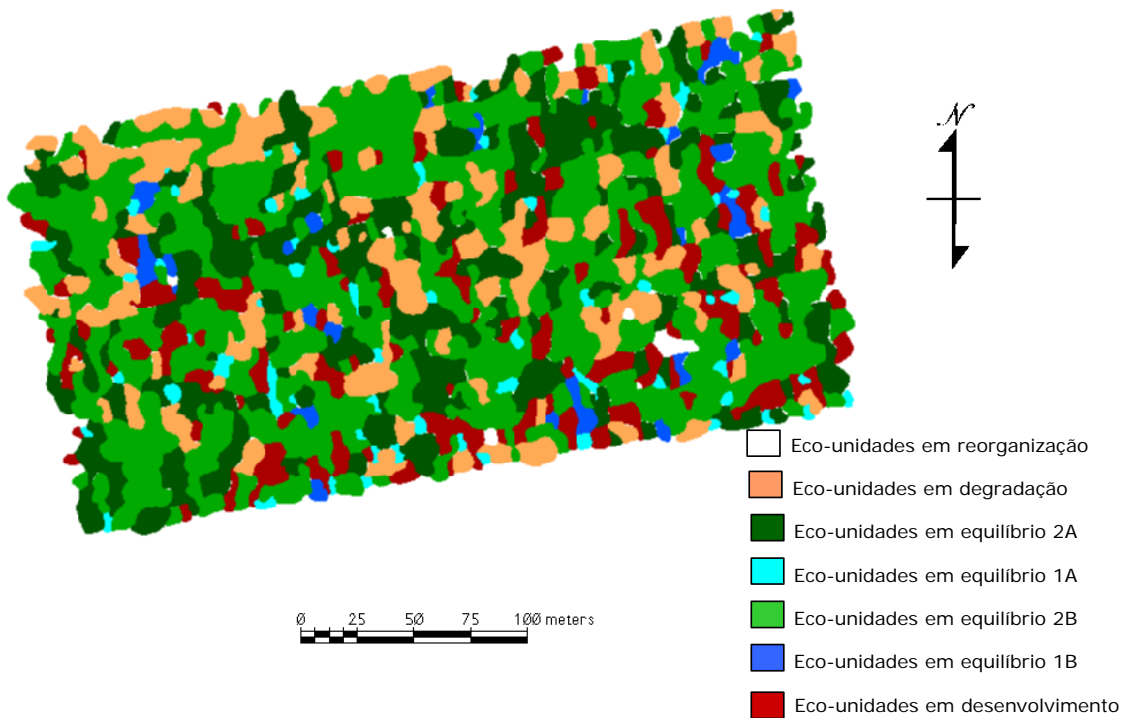


Figura 3. Diagrama de eco-unidades apresentado para os 5,12ha da Parcela Permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis

Tabela 2. Estrutura das eco-unidades constituintes do mosaico silvigênico para os 5,12ha da Parcela Permanente de Cerradão da Estação Ecológica de Assis.

Eco unidade	Área mín (m <sup>2</sup> )	Área máx (m <sup>2</sup> )	Área méd (m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Total (%)
Equilíbrio 1A	8,33	93,35	26,01	1821,01	3,91
Equilíbrio 1B	10,36	152,32	56,51	1469,38	3,16
Equilíbrio 2A	11,82	989,22	145,71	12385,57	26,08
Equilíbrio 2B	18,46	4193,61	358,47	22225,42	38,43
Reorganização	22,59	128,42	47,70	238,50	0,51
Desenvolvimento	7,94	222,96	53,29	5435,82	11,65
Degradação	6,77	502,21	87,93	7562,22	16,25

Mosaico silvigênico X classificação ecológica - Devido às próprias características definidoras da forma fisionômica Cerradão, é difícil utilizar uma classificação em categorias ecológicas usualmente aplicada a outros tipos florestais, tal com a Floresta Estacional Semidecidual. No caso do Cerradão optou-se por seguir a proposta de Durigan et al. (2004), que sugere o uso de somente duas categorias: tolerância e intolerância à sombra. Como o Cerradão é uma área com disponibilidade de luz relativamente maior que em outras formações florestais, esperava-se um número também maior de espécies intolerantes à sombra. No entanto, das 50 espécies componentes das eco-unidades, 15 foram classificadas como intolerantes à sombra (239 indivíduos), 25 como tolerantes (1031 indivíduos) e 10 não foram classificadas (526 indivíduos).



As espécies com um maior número de indivíduos não apresentaram exclusividade em algum tipo de eco-unidade. De acordo com os pressupostos do método, as espécies intolerantes à sombra deveriam estar concentradas nas eco-unidades em desenvolvimento, que são aquelas que sucedem as clareiras ou eco-unidades em reorganização. Entretanto, isso ocorreu somente com algumas espécies, tal como a *Xylopia aromática*, considerada intolerante à sombra, que dos 33 indivíduos que ocorreram no levantamento, 29 se encontravam em eco-unidades em desenvolvimento. *Tapirira guianensis*, classificada como tolerante à sombra, possuía 47 indivíduos, sendo 1 da eco-unidade em desenvolvimento e o restante distribuído em eco-unidades em equilíbrio e degradação. Em contraposição a essas duas espécies, *Symplocos mosenii*, espécie tolerante à sombra, que deveria ocorrer quase exclusivamente nas categorias em equilíbrio e degradação, foi representada com 18 indivíduos nas eco-unidades em desenvolvimento e 50 naquelas em equilíbrio. 26,66% (208 indivíduos) e 20% (350 indivíduos) das espécies classificadas como intolerantes à sombra e tolerantes à sombra respectivamente, foram distribuídas nas três categorias de eco-unidades. No caso das espécies representadas por poucos indivíduos, quando exclusivas de alguma eco-unidade, em sua maioria não apresentou a coincidência esperada.

### 1.1.3.3. Parque Estadual da Ilha do Cardoso – Floresta de Restinga (10,24ha)

Caracterização silvigenica - A caracterização silvigenica foi feita nos 10,24 da Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Nessa parcela permanente foram mapeados 1591 indivíduos nos 10,24ha estudados, o número médio de indivíduos amostrados por linha foi 48 e foram amostradas 33 linhas de 320m de comprimento cada. O número de indivíduos amostrado na categoria de eco-unidades do presente foi 1272 indivíduos, seguidos pela categoria do passado com 162 indivíduos e 157 indivíduos nas eco-unidades do futuro. A subcategoria das eco-unidades do presente do tipo 2A apresentou o maior número de indivíduos (986) e foi dominante, seguida da subcategoria do tipo 2B com 281 indivíduos amostrados, já as categorias 1A e 1B foram encontradas em número muito reduzido quatro e um (4 e 1) indivíduos respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Número de indivíduos amostrados nos 10,24ha da Parcela Permanente da Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, distribuído nas categorias do presente, futuro e passado:

Categorias	presente				∑ presente	futuro	passado	total	clareira
	1A	2A	1B	2B					
n. indivíduos	4	986	1	281	1272	157	162	1591*	119**
% indivíduos					79,9	9,9	10,2	100	



As eco-unidades do presente de subcategoria do tipo 1A; que apresentam árvores pequenas com fuste longo; e as eco-unidades do tipo 1B; com árvores pequenas com fuste curto; foram encontradas em número reduzido, 0.02% e 0.07% respectivamente, não sendo representativas do trecho de área estudada. Estas árvores estão abaixo do ponto de inversão ecológica, isto é, com altura abaixo total, abaixo da metade da altura do dossel. As eco-unidades do tipo 2A; são compostas por árvores altas com fuste curto; predominaram nesta formação com 60,67% da área total amostrada, seguidas pelas eco-unidades do tipo 2B; árvores altas com fuste longo; com 22,00% de área amostrada. Este resultado corrobora o trabalho de (Engel & Prado 1992), realizado em um Mata Pluvial Atlântica, que encontrou o mesmo resultado em relação as eco-unidades de equilíbrio dinâmico 2A e 2B (Tabela 2). Este resultado também está de acordo com Torquebiau (1986), que afirma que é comum que se tenha uma matriz com eco-unidades de equilíbrio dinâmico 2A, onde as outras eco-unidades estão inseridas. Engel & Prado (1992) encontraram resultados semelhantes 42% das eco-unidades 2A e Torquebiau (1986) também encontrou 57% de eco-unidades 2A, segundo este mesmo autor esses dados correspondem, a uma unidade florestal madura, estável e bem estratificada, característica de solos férteis e bem drenados. As eco-unidades formadas pelas árvores do futuro ocuparam um total de 3,20% da área. Embora essa percentagem seja baixa, acredita-se que seja suficiente para repor as eco-unidades em degradação, formadas por árvores do passado também que ocupa 7,65% do trecho de Floresta de Restinga analisado. Esses números indicam que esta formação não está condenada a se extinguir e sim em equilíbrio dinâmico, pois os números estão próximos (Tabela 4).

As eco-unidades em reorganização, formada pelas clareiras, constituem 6.55% da área total amostrada. São encontradas distribuídas por toda a área e são considerada pequena, resultante da queda de galhos, morte em pé e em raros casos foram encontradas árvores cuja raiz foi arrancada (Tabela 2). As árvores tropicais possuem a capacidade de regenerar a folhagem perdida ou lesionada pela queda de ramos e árvores, a regeneração ocorre com a produção de ramos e troncos novos. Arquitetonicamente, este processo se denomina reiteração traumática, importante no balanço energético das árvores (Hallé et al. 1978). Em clareiras pequenas, as reiterações traumáticas, e as induzidas pelo aumento da luz, tendem a fechar as aberturas no dossel (Oldeman 1978). O número de eco-unidades encontrado foram: Equilíbrio 1A - 1 ; Equilíbrio 1B - 2; Equilíbrio 2A - \*; Equilíbrio 2b - 134; Reorganização - 78; Desenvolvimento - 116; Degradação - 94



Tabela 4. Área ocupada pelas eco-unidades nos 10,24ha da Parcela Permanente da Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso - Cananéia – SP.

Eco unidade	Área mín (m <sup>2</sup> )	Área máx (m <sup>2</sup> )	Área méd (m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Total (%)
Equilíbrio 1A	20,9	20,9	20,9	20,9	0,02
Equilíbrio 1B	21,1	27,2	23,53	70,58	0,07
Equilíbrio 2A	*	*	*	62126,78	60,65
Equilíbrio 2B	0,002	2162,75	114,06	22355,67	22,00
Reorganização	0,96	505,87	80,84	6709,42	6,54
Desenvolvimento	0,002	91,4	26,68	3281,53	3,20
Degradação	0,01	376,83	74,62	7835,11	7,64

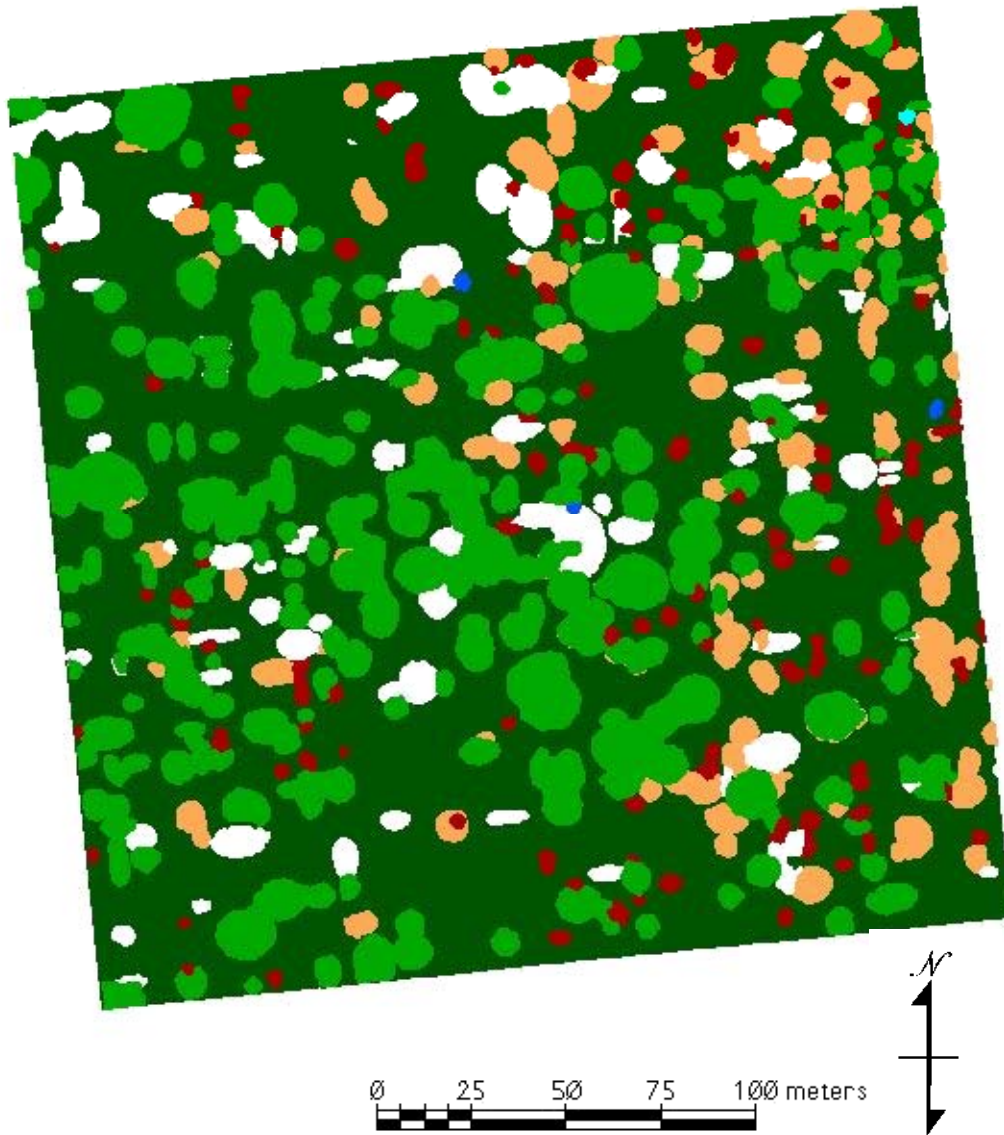
\* Essas medidas não foram calculadas, pois a eco-unidades em equilíbrio 2A, corresponderam a uma matriz, na qual foram inseridas as eco-unidades restantes.

Esta floresta possui três estratos distintos: um inferior onde estão alocadas as árvores do futuro que esperam a abertura de clareiras para emergir e palmeiras adaptadas à sombra; o dossel, onde a maioria dos indivíduos está estabelecida, entrelaçados e compartilhando a luminosidade. Finalmente há um terceiro estrato, que é composto por árvores emergentes, cuja altura pode ultrapassar 20m. Um estudo realizado na Ilha do Cardoso por Sugiyama (1998), também constatou, um número de estratos reduzidos. De acordo com Webb (1959) e Dillenburg (1986), adversidades como estresse hídrico e baixa fertilidade do solo podem reduzir o número de estratos a um ou dois. Hallé (1978) é contra a utilização do termo estrato para análise silvigenica, e sim utilizar o termo camada, porque estas se referem apenas as árvores do presente e não a população inteira. Considerando que possui o maior número de indivíduos e as maiores árvores, o "grupo" do presente, determina a arquitetura geral e as variações principais do gradiente vertical de luz da floresta. O chão é coberto por bromélias, que estão completamente adaptadas a esse ambiente alagado e úmido. A maior fonte de nutrientes na planície costeira é a atmosfera, havendo uma camada orgânica pouco profunda e uma trama de sistemas subterrâneos que reabsorve rapidamente os minerais provenientes da decomposição orgânica. As epífitas e as bromélias terrícolas aqui também desempenham papéis fixadores e estabilizadores na ciclagem de nutrientes (Mantovani 1992). Orian (1982) sugere como fatores que determinam a formação de clareiras, a predominância de raízes superficiais e o grande número de cipós e epífitas que crescem sobre a copa das árvores, aumentando significativamente o peso que deve ser suportado pelas raízes. As palmeiras amostradas neste levantamento são da espécie *Euterpe edulis*, existem outras espécies na área, que não foram amostradas. As palmeiras que foram amostradas foram deslocadas para a categoria de árvores do presente, como proposto por Torquebiau (1986), mais precisamente para as eco-unidades de equilíbrio dinâmico 2A. A rebrota é um importante mecanismo para a recomposição dos ambientes degradados de restinga. Porém, o fato de nem todas as espécies apresentarem tal capacidade parece indicar que as espécies com poder de





rebrotas possuem vantagem na regeneração da área, o que provavelmente irá afetar as características estruturais do ambiente recolonizado (Assumpção & Nascimento 2000). O fator alagamento e tipo de solo serão correlacionados posteriormente com o mapa do mosaico silvigênico (Figura 3), para verificar a influência destes na formação e/ou aceleração de formação dos mosaicos. Será realizada uma reamostragem em dezembro de 2006, onde poderá se constatar a evolução dessa área, podendo-se assim avaliar seu potencial de auto-sustentação. As perguntas que se seguem após a construção do mapa do mosaico florestal são: As eco-unidades são geradas por fatores físicos? Qual fator físico é gerador ou inibidor de determinadas eco-unidades? Os dados de remedição do Projeto Temático, já indicaram que um intervalo de três anos é suficiente para que ocorressem mudanças significativas nesta formação de caráter plenamente edáfico.










-  Eco-unidades em reorganização
-  Eco-unidades em
-  Eco-unidades em equilíbrio 2A
-  Eco-unidades em equilíbrio 1A
-  Eco-unidades em equilíbrio 2B
-  Eco-unidades em equilíbrio 1B
-  Eco-unidades em degradação

Figura 4. Mapa silvigênico da parcela permanente instalada nos 10,96ha da Parcela Permanente da Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso - Cananéia-SP



#### 1.1.4. Conclusões

##### 1.1.4.1. Estação Ecológica de Caetetus – Floresta Estacional Semidecidual

A caracterização silvigenica indicou que a floresta estudada trata-se de uma floresta madura e bem conservada, mesmo com as discrepâncias observadas entre ecounidades em degradação e ecounidades em desenvolvimento.

##### 1.1.4.2. Estação Ecológica de Assis - Cerradão

Conclui-se para o Cerradão que, devido às poucas coincidências na distribuição nas ecounidades das espécies classificadas em categorias ecológicas, o método utilizado não coincide, em sua forma original, com o método de caracterização sucessional comumente usado para formações florestais. No entanto, ficou claro que o mapeamento silvigenico retratou o comportamento arquitetural das espécies em relação aos fatores abióticos, principalmente no que diz respeito ao regime hídrico.

##### 1.1.4.3. Parque Estadual da Ilha do Cardoso - Floresta de Restinga

A silvigenese foi adequada para a caracterização do trecho de floresta de Restinga, descrevendo fielmente o que está ocorrendo com aquela área. Embora as florestas costeiras tenham um histórico de perturbação, devido à colonização portuguesa, esta área estudada apresenta-se estável, em equilíbrio dinâmico, devido a grande concentração de eco-unidades 2A e 2B, equivalentes à fase mais madura da floresta. O entorno da parcela está protegido e tem seu acesso restrito, o que favorece a conservação da área.

#### 1.1.5. Dificuldades e perspectivas

A proposta de concentrar pesquisadores de diversas áreas nas quatro fisionomias florestais mais representativas do Estado de São Paulo é inédita no Brasil e nesta escala de detalhamento, talvez, se não for a única, seja uma das poucas no mundo. No entanto, em toda pesquisa científica podem surgir dificuldades no decorrer da aplicação do método de estudo. Na análise silvigenica, em particular, por se tratar de um método relativamente novo, muitos obstáculos podem retardar o desenvolvimento das atividades de campo. Entretanto, é correto afirmar que muito se aprendeu devido ao caráter inovador do projeto. As dificuldades inicialmente ocorreram na aplicação do método, por diferentes pesquisadores, em quatro áreas distintas. As dúvidas ampliam o tempo de realização do trabalho e para que isso fosse minimizado foram necessárias viagens ao campo para padronizar a aplicação do método. O apoio e a infra-estrutura fornecidos pelo Projeto Temático, foram fundamentais para dinamizar a coleta de dados e o acesso dos diversos pesquisadores aos equipamentos de campo.

Observações durante a coleta de dados indicaram que alguns fatores devem ser destacados para facilitar a operacionalidade do método com abordagem nos conceitos silvigenico. Seguem



abaixo alguns pontos a serem ressaltados por ocasião da aplicação do método de estudo no campo:

- A distinção entre árvores do presente e futuro causou muitas dúvidas na forma fisionômica Cerradão. Segundo Oldeman, (1978), a arquitetura pode ser interpretada como fruto das condições energéticas abaixo do dossel. A chave de identificação das categorias arbóreas (presente e futuro) proposta por Torquebiau (1986) se baseia nesse pressuposto. Torquebiau ainda afirma que a maioria das árvores tropicais pioneiras completa sua vida com o modelo inicial de arquitetura, pelo menos em condições naturais de sucessão florestal, e em sua pesquisa as considera sob a mesma categoria de árvores do futuro de outras espécies (embora algumas sejam árvores do presente) por que ambas representam estágios iniciais de regeneração natural na floresta e por causa da falta de dados florísticos e auto ecológicos na área de estudo para separá-las em dois grupos. No entanto, no Cerradão não há restrição de luz e a arquitetura parece ocorrer muitas vezes em função do regime de água no solo. Além disso, não havia restrição de dados florísticos. Vale ainda salientar que nesta pesquisa a chave de identificação foi seguida à risca, já que um dos objetivos foi avaliar a eficiência do método em diferentes formações florestais.
- Em princípio a identificação de uma árvore considerada do passado parece ser a mais fácil. Entretanto, árvores cobertas por parasitas podem dar a falsa impressão de que não sobreviverão. Na floresta estacional semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus muitas árvores no início da coleta de dados, foram categorizadas como do passado. Mas, a partir do momento em que uma experiência maior foi adquirida no campo, tais árvores foram reclassificadas como do presente. Com isso, houve um retardamento na coleta de dados.
- O trabalho deve ser realizado por no mínimo duas pessoas. O uso de trena pode ser adequado para áreas que possuem subbosque relativamente aberto. No caso da Floresta Estacional semidecidual, o uso da trena no início da pesquisa atrasou bastante o trabalho. Mais tarde se optou pelo uso de um aparelho que mede distâncias horizontais, o que facilitou bastante o trabalho.
- A coleta de dados demandou um tempo acima do esperado devido à extensão das áreas de trabalho. As pesquisas foram realizadas em áreas correspondentes a 5,12ha e 10,24ha. Neste caso, o tamanho amostral foi interessante, pois se pretendia correlacionar o mosaico silvigênico com fatores abióticos dentro da parcela permanente. Entretanto, de acordo com Torquebiau (1986), é possível determinar para diferentes parcelas uma área silvigenética mínima que, por analogia com o conceito de área florística mínima, pode ser a menor área na qual a composição de eco-unidades do



mosaico é adequadamente representada, ou seja, a menor área na qual as eco-unidades mais raras aparecem.

- A escolha da distância entre linhas de inventário pode parecer simples, mas é essencial para os resultados do trabalho. Essa distância é considerada adequada a partir do momento em que não há excessiva sobreposição de copas. Espaços vazios entre as copas são considerados naturais. No entanto, deve haver um bom senso na escolha da distância de acordo com o tipo florestal estudado. As árvores do cerradão apresentam diâmetro de copa menor que aqueles apresentados pelas árvores da Floresta Estacional Semidecidual. No entanto, uma distância de 10m entre linhas de inventário foi suficiente para o levantamento das duas áreas.

É importante salientar que o uso do método em parcelas permanentes abre um precedente para que novas pesquisas sejam realizadas, principalmente em tipos florestais nos quais ainda não foi utilizado. Além disso, a possibilidade de monitoramento do mosaico no tempo incute a perspectiva de esclarecer pontos do estudo referente à dinâmica florestal ainda não elucidados para algumas formas fisionômicas, tal como o Cerradão e a Restinga.

Os estudos de dinâmica florestal ou de comunidades florestais foram iniciados em florestas temperadas originando muitos modelos e fórmulas, até hoje utilizados. Estes índices parecem ser eficientes para florestas temperadas, mas para florestas tropicais úmidas, frequentemente produzem taxas confusas (Oldeman 1989). A partir de então estes modelos e/ou hipóteses, vêm sendo testados em estudos para a compreensão das florestas tropicais, propiciando resultados não muito concretos, que necessitam de dados complementares. A obtenção de resultados concretos é um objetivo audacioso, tendo em vista a complexidade de fatores que atuam e interagem nestas florestas, mas pode se tornar viável a partir do momento em que um grande volume e diversidade de dados vêm sendo gerado pelo Projeto Temático “Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes” Biota/FAPESP.

O Estado de São Paulo, como a maioria dos estados brasileiros, possui hoje alguns poucos remanescentes florestais maiores geralmente protegidos sob a forma de Unidades de Conservação e circundados por pequenos fragmentos, em regra muito degradados. Devido a isso existe a necessidade de novas teorias direcionadas à compreensão das florestas tropicais, cuja maioria dos estudos, com algumas poucas exceções (Schiavini, 1992, Rodrigues, 1992 e 1986 entre outros), se restringe à fitossociologia, com a aplicação de diferentes métodos e sem uma padronização de área ou correlação com fatores abióticos.

Outra perspectiva de uso do mapeamento do mosaico silvigênico é a integração com outros subprojetos (referentes a solo, relevo, água, clima, taxonomia, grupos ecológicos etc.) enriquecendo a análise dos resultados dentro do projeto temático, além de servir como subsídio para outros estudos.



## **1.2. Dinâmica de clareiras**

### **1.2.1 O que é uma clareira?**

Uma clareira embora seja facilmente identificada no campo como uma abertura de alguns metros quadrados no dossel florestal, pode ser definida e medida de formas muito distintas de acordo com os objetivos do trabalho (Popma et al., 1988).

O surgimento dessa abertura no dossel pode resultar da queda de um galho, da morte de um ou vários indivíduos do dossel, embora outros indivíduos dos estratos inferiores sejam também afetados pela sua formação (Runkle 1992).

A abertura de clareiras é freqüente em muitas florestas maduras (Whitmore 1978), e tende a criar um importante contraste ambiental com as áreas de sub-bosque vizinhas em florestas altas e com dossel bastante fechado (Ricklefs 1977, Hartshorn 1978, Canham et al. 1990).

A morte de uma árvore faz com exista maior disponibilidade de recursos, principalmente daqueles relacionados à radiação e às propriedades do solo, especialmente no centro de uma clareira, onde as condições microclimáticas são notavelmente diferentes em relação às porções da floresta sob dossel contínuo (Brown 1990, Barik et al. 1992, Denslow et al. 1998, Nicotra et al. 1999, van Dam 2001, Clinton 2003).

Nas clareiras a temperatura do ar e do solo é maior e varia mais ao longo do dia. A umidade do ar é menor, pois a temperatura é maior e os ventos são mais velozes em clareiras. A umidade do solo varia de acordo com diferentes fatores (condições do solo, substrato, radiação e biomassa radicular), mas tende a ser menor em clareiras.

O próprio processo de formação de uma clareira produz no chão da floresta uma variada distribuição espacial de resíduos resultantes das partes mortas das plantas que formaram a clareira, bem como o eventual desenraizamento de uma ou mais árvores pode produzir depressões e montículos, fatores que somados a outros, criam grande heterogeneidade ambiental no interior de cada clareira. (Poulson and Platt 1989, Shaetzel, et al., 1989; Aguilera & Lauenroth 1995, Dalling & Hubbell 2002)

Essa grande heterogeneidade ambiental faz com que a abertura de clareiras seja considerada com um importante fator de criação de habitats, e para a manutenção da diversidade nas florestas (Grubb 1977, Whittaker & Levin 1977, Denslow 1980, Hubbell and Foster 1986, Clark 1990, Wright et al. 2002).



## 1.2.2 Porque estudar dinâmica de clareiras?

### 1.2.2.1 *Regeneração Florestal*

Conhecer os padrões e processos que determinam o estabelecimento, crescimento e morte do estrato dominante é essencial para se entender como as florestas de dossel fechado mantêm sua estrutura no tempo (Hubbell e Foster, 1986). Embora entender como as plantas herbáceas, lianas, bambus, palmeiras, samambaias e indivíduos arbustivo-arbóreos dos estratos inferiores regeneram, também represente um importante aspecto na compreensão biodiversidade vegetal dessas florestas, uma vez que essas espécies compõem grande parte da riqueza total de espécies em muitas dessas florestas tropicais.

Na maioria destas florestas, a manutenção do estrato dominante e dos estratos inferiores da floresta está em parte vinculada à morte de indivíduos do dossel, ou seja, à abertura de clareiras (Whitmore 1990).

A substituição de uma árvore de dossel por outra é um processo lento e complexo tendo as clareiras um importante papel no estabelecimento ou no favorecimento de indivíduos que irão futuramente ocupar o dossel da floresta.

Este processo de morte de árvores do dossel, abertura de clareiras e posterior fechamento do dossel, por novas árvores que atingem esse estrato, é denominado dinâmica de clareiras (Whitmore, 1975; Brokaw & Busing 2000), e não é pontual nem estático.

Em diferentes momentos clareiras se formam em diferentes pontos da floresta e com o tempo elas vão sendo gradualmente preenchidas. A ação contínua dessa dinâmica de clareiras faz com que a floresta, a cada momento, seja formada por um conjunto de clareiras de diferentes tamanhos, idades e graus de preenchimento, entremeadas a trechos nos quais o dossel permanece por muito tempo sem sofrer mudanças, conferindo à floresta um aspecto de mosaico, sua principal característica estrutural (Watt 1947, Whitmore 1975). Assim, conhecer as taxas de abertura e fechamento de clareiras, além da área ocupada por elas traz valiosas informações sobre a estrutura e a regeneração da floresta, e colabora para o estabelecimento de previsões sobre os caminhos e futuros dessa floresta (Runkle 1992).

### 1.2.2.2 *Composição florística*

Dentro da dinâmica de clareiras, uma das principais questões está relacionada à quais espécies irão substituir a(s) árvore(s) morta(s). Este conhecimento fornece importantes indícios para avaliar como está sendo mantida ou alterada a composição florística do dossel no tempo e como as espécies estão ou estarão distribuídas na floresta.

Apesar de existirem situações nas quais a própria árvore que caiu seja a responsável pelo fechamento do dossel (Putz & Brokaw 1989, Negrelle 1995, Martins & Rodrigues 2002), geralmente a árvore morta é substituída por um indivíduo de uma outra espécie.



Existem espécies florestais que dependem diretamente de clareiras para seu estabelecimento e crescimento (Brokaw 1987, Popma et al. 1988, Alvarez-Buylla & Clark & Clark 1992, Dalling et al. 1998, Pearson et al. 2003).

Porém, a determinação de qual será a nova espécie a compor o estrato dominante depende de vários fatores e conhecê-los é uma ferramenta efetiva para se fazer previsões sobre a manutenção ou a mudança da composição florística de um dado trecho de floresta. (Hubbel et al., 1999)

A associação de fatores como o microclima interno da clareira, as condições do substrato, a disponibilidade de propágulos, e as características da comunidade antes da abertura são alguns dos principais fatores considerados determinantes da composição de espécies dentro das clareiras (Hartshorn 1980, Garwood 1983, Brokaw 1986, Brokaw & Scheiner 1989, Dalling et al. 1998).

Já tem sido bastante bem documentada a relevância das clareiras na manutenção da estrutura e composição de florestas temperadas e florestas tropicais úmidas, em que a disponibilidade de luz tem sido considerada o principal fator limitante para a regeneração das espécies arbustivo-arbóreas. No entanto, é preciso reconhecer que as regiões temperadas e tropicais abrigam uma grande diversidade de formações florestais, e que em muitas delas, onde o principal fator limitante para a regeneração pode não ser a luz (p.ex., Florestas Paludosas, de Restinga, Deciduais, etc.), o papel e a exata relevância da dinâmica de clareiras precisa ainda ser demonstrada. Assim, generalizações sobre o papel e a importância das clareiras em relação às florestas tropicais como um todo, representam ainda simplificações ou mesmo generalizações indevidas.

### 1.2.2.3 *Dinâmica de populações*

Outra razão para se estudar clareiras está relacionada à sua influência em diferentes fases do ciclo de vida de espécies florestais.

Durante o ciclo de vida de uma árvore na floresta, ciclo esse que pode durar anos, década ou séculos, um indivíduo está sujeito a surgir ou a permanecer no interior de uma clareira, ou a estar momentaneamente circundado por clareiras de diferentes tamanhos e longevidade. Essa presença no interior ou no entorno de clareiras pode se refletir de forma significativa na sua sobrevivência, desenvolvimento ou reprodução, e assim estar ou não adaptado a permanecer no interior ou na vizinhança de clareiras pode ser importante para os indivíduos e para a manutenção e a distribuição espacial das espécies arbustivo-arbóreas na floresta.

A influência de uma clareira sobre uma dada espécie depende das exigências de cada espécie, mas varia também de acordo com as características da clareira (p.ex., microclima, nutrientes, etc.), da natureza do evento que a abriu. (Pickett 1983, Canham & Marks 1985, Lang &





Knight 1983, Clark 1990) e do contexto ou unidade do mosaico florestal onde essa clareira está inserida na Floresta (Martins & Rodrigues 2002).

Entre os aspectos da dinâmica de populações de plantas influenciados por clareiras estão a mortalidade e danos físicos (Aide 1987, Clark & Clark 1991, Alvarez-Buylla & Martínez-Ramos, 1992), o crescimento e sobrevivência (Augspurger 1984, Chazdon 1986, Brokaw 1987, Howe 1990, Brown 1996, Dalling & Hubbell 2002, Pearson et al. 2003), a produção, dispersão e germinação de sementes (Young et al. 1987, Schupp et al. 1989, Denslow & Dias 1990, Hammond et al. 1999, McAlpine & Drake 2003, Silveira et al. 2003), herbivoria (Coley 1983, Newbery & Foresta 1985, Augspurger & Franson 1988, Schupp 1988, Schupp & Frost 1989) e competição.

O impacto das clareiras na dinâmica florestal não se restringe apenas às espécies vegetais, pois elas também exercem influência sobre populações de animais (Harrison 1987, Endler 1993).

Assim, apesar da influência de clareiras se expressar ao nível individual, conhecer seu impacto sobre a dinâmica de populações florestais é fundamental para o entendimento do processo de regeneração da floresta.

#### 1.2.2.4 Riqueza e diversidade

A grande variedade de características ambientais dentro de clareiras cria diferentes oportunidades de estabelecimento e crescimento para muitas espécies. Em muitos casos, a mudança de micro-ambientes ocorre em uma escala tão pequena que possibilita a coexistência de espécies com diferenças marcantes em suas exigências de desenvolvimento (Wright 2002). Em outros casos, a disponibilidade de recursos e a variedade de micro-ambientes podem promover a coexistência de espécies que, em outras circunstâncias, estariam competindo diretamente para se desenvolver.

Baseada nestas informações foi formulada a hipótese da partição de clareiras para explicar a diversidade de espécies em florestas tropicais (Grubb 1977, Denslow 1980), na qual clareiras possuem um papel central na construção e manutenção da diversidade de nichos na floresta.

Neste contexto, as espécies teriam se especializado em utilizar nichos específicos durante seu processo de regeneração, evitando assim a competição direta por recursos.

Atualmente, a exata importância das clareiras e desta hipótese na compreensão dos mecanismos responsáveis pela manutenção da diversidade de espécies em florestas tropicais tem sido bastante questionada (Hubbell et al. 1999, Brokaw & Busing 2000, Schinitzer & Carson 2001, Wright 2002, Sheil & Burslem 2003).

Independentemente de existir entre as espécies uma efetiva partição de nicho em relação às clareiras, as clareiras tendem a ser nas florestas tropicais úmidas sítios onde uma maior densidade de plântulas se estabelece, e assim a abertura de clareiras certamente promove a



manutenção de populações, aumentando a riqueza de espécies na floresta. (Grubb 1977, Duncan et al. 1998)

### 1.2.3 Definições de clareira

Uma clareira pode ser definida de muitas formas distintas e a adoção de diferentes critérios para sua delimitação e mensuração pode produzir resultados muito diferentes (van der Meer et al., 1994). Assim, o número de clareiras encontradas, a distribuição espacial dessas clareiras, suas dimensões, sua forma, orientação, a altura do seu entorno, bem como o e número de indivíduos, espécies e grupos funcionais encontrados dentro dessas clareiras pode ser fortemente afetado pela definição adotada.

Como consequência a definição de clareira empregada altera profundamente a avaliação que se faz de uma floresta e de sua dinâmica.

O método para descrição de clareiras mais utilizado em estudos de florestas tropicais é o proposto por Brokaw (1982), que também considera uma clareira como sendo uma abertura no dossel, mas que define suas dimensões apenas como sendo a parte dessa abertura, onde a luz penetra sem obstrução alguma até dois metros acima do chão.

Embora muito empregada essa definição é ineficiente para descrever as áreas no chão da floresta que são iluminadas pela radiação direta que penetra por essas aberturas, pois essas áreas iluminadas são, em geral, muito maiores do que aquela definida por esse critério. Vários autores sentindo tais dificuldades fizeram já propostas alternativas ou adaptações à proposição desse autor (Costa e Mantovani, 1992; Gandolfi, 2000; van der Meer et al. (1994).

Já Runkle (1981, 1982), define a clareira não como uma abertura no dossel, mas sim como uma área no chão da floresta sob uma abertura do dossel. Essa área no chão é maior e tem limites distintos daqueles observados da abertura no dossel, uma vez que se estende até a base das chamadas árvores do entorno das clareiras, árvores com altura entre 10 e 20 m e diâmetro maior do que 25 cm, e que servem para delimitar clareira, mas não pertencem a ela.

van der Meer et al. (1994) em seu estudo fizeram uma simplificação desta definição de Runkle (1981) considerando como árvores do entorno apenas aquelas com altura maior do que 20 m.

Por suas vez Gandoli (2000) considerando que entre diferentes formações florestais, numa mesma formação florestal e mesmo em trechos distintos de um fragmento a altura máxima do dossel variava muito, sugeriu que esse limite superior do dossel fosse definido com base na floresta em observação.

Se, no entanto, o dossel fosse apenas caracterizado por seu limite superior, p. ex. 20 m de altura, as árvores que crescessem no interior da clareira apenas seriam árvores do entorno da clareira quando atingissem o dossel (20 m) e, portanto, um período de muitos anos seria necessário para que qualquer alteração nas dimensões da clareira fosse identificado. Em função



disso considerou o dossel não como uma superfície unindo o topo das copas das árvores desse estrato, mas um camada tridimensional que se estendia desde essa superfície superior até uma superfície inferior definida pela base das árvores desse estrato.

Portanto o dossel teria uma profundidade definida como a profundidade vertical média das copas das árvores desse estrato e uma árvore para pertencer a essa estrato teria que ter sua copa atingindo o limite inferior do dossel.

Tal definição resultou que Floresta Estacional Semidecidual estudada por Gandolfi (2000) o limite superior médio do dossel estaria respectivamente a 18m ou 20m de acordo com o trecho do fragmento em observação. Sendo a profundidade vertical média das copas das árvores do dossel cerca de 5m, então o limites inferior médio do dossel seria respectivamente 13m ou 15m de altura, de acordo com o trecho estudado.

Essas definições resultaram que o indivíduo para pertencer ao entorno da clareira teria de estar no dossel e, portanto tinha de ter no mínimo uma altura de 13m ou 15m.

Esse método adaptado de Runkle (1981) favorece uma definição de clareira que privilegia uma maior inclusão de área iluminadas no chão da floresta como pertencentes à clareira. Em contrapartida dada a maiores alturas utilizadas para se definir o dossel do que no método de Brokaw(1982), onde o limite do dossel está a apenas 2 m do chão, esse método adaptado é menos sensível a pequenas alterações nas dimensões da clareira em relação ao de Brokaw 1982) já que nesse último pequenos crescimentos de arbustos arvoretas dentro da clareira quee atinjam mais de 2m já alteram as suas dimensões e formato da clareira.

Em alguns dos sub-projetos do projeto Parcelas Permanentes optou-se por se modificar o método de Runkle (1981), ou de van der Meer et al. (1994), seguindo-se um caminho semelhante ao adotado por Gandolfi (2000), enquanto em outros estudos aplicou-se o método proposto por (Brokaw, 1982).

O dossel florestal formado pelas copas das árvores desse estrato não se constitui numa camada maciça e homogênea, pois no espaço e no tempo, a justaposição entre as copas varia, assim como a densidade das folhas dentro de cada uma delas. Disso resulta que existem muitos espaços abertos no dossel, sejam entre copas de árvores vizinhas ou entre as folhas em cada copa. Como consequência embora o dossel seja um estrato simples de delimitar no campo existe um contínuo no tamanho das aberturas que aí se pode encontrar, podendo ter poucos centímetro ou centenas de metros.

Essa constatação impõe a necessidade prática de estabelecer a priori uma dimensão mínima que será utilizada para se distinguir os espaço abertos presentes no dossel que serão simplesmente referidos como sendo “aberturas” no dossel , daqueles que serão denominados de clareiras. Muitas vezes, “buracos” existentes no dossel de dimensões iguais ou inferiores a 40 m<sup>2</sup> não são amostrados num estudo de clareiras e são apenas considerados como “aberturas no dossel”. (Gandolfi 2000).



Como se pode ver a diversidade estrutural existente entre formações florestais, e entre florestas de uma mesma formação impõe a adoção de critérios variáveis, no entanto, esse uso de diferentes definições apresenta problemas quando se pretende estabelecer comparações entre os resultados obtidos a partir do emprego de diferentes métodos.

Assim, o número de clareiras encontradas, o número espécies presentes no interior da clareira, etc., podem ser distintos não por razões reais, mas sim pelo uso de definições distintas.

A padronização de um método pode ser a solução adotada, no entanto, também ela não é a garantia de uma avaliação isenta de críticas.

Se a opção adotada for, por exemplo, a aplicação do método de Runkle (1981) o entorno da clareira será definido por alturas e um diâmetro pré-estabelecidos (altura entre 10 e 20 m e diâmetro maior que 25 cm) que aplicadas a formações florestais muito diferentes como Florestas Ombrófilas Densas (Mata Atlântica) e Savanas Florestas (Cerradão) podem resultar em dificuldades.

Com já foi dito o método de Runkle (1981), ou adaptações dele, são relativamente menos sensíveis ao fechamento da clareira do que o de Brokaw (1982), no entanto, ele descreve, de maneira muito melhor as áreas iluminadas pela radiação solar direta do que o método de Brokaw (1982)

Numa trecho de flores a aplicação do método Runkle (1981), ou de suas adaptações tende a produzir clareiras maiores e em menor número, enquanto o de Brokaw (1982) tende a descrever clareiras com menores dimensões e fragmentar clareira grande definidas pelo método anterior em várias clareiras pequenas, aumentando o número total delas numa área.

Esses exemplos simples apontam as dificuldades existentes no estudo de florestas tropicais e subtropicais ao mesmo tempo tão distintas quanto complexidade. Mostram a influência da escolha dos métodos nos resultados obtidos, apontando a relatividade inerente aos resultados científicos e a convivência de pontos de vista diversos quanto aos procedimentos metodológicos.

Pode-se assim entrever que um universo muito grande de estudos relativos às clareiras e ao seu papel nas florestas poderão ser feito nas Parcelas Permanentes implantadas no estado de São Paulo pelo Programa Biota/Fapesp. Aspectos como a escolha das clareiras a serem estudadas, a medição do tamanho e forma dessas clareiras, o mapeamento delas, os parâmetros abióticos e bióticos a serem amostrados, o desenho experimental a ser utilizado em estudos que façam avaliações simultâneas e/ou temporais, e muitos outros, alguns dos quais já começam a ser parcialmente tratados nos sub-projetos em execução.

#### 1.2.4. O estudo de clareira em parcelas permanentes

Entre as vantagens que se pode salientar do desenvolvimento de estudos sobre a dinâmica de clareiras dentro de uma malha de um projeto de parcelas permanentes, estão as possibilidades de acompanhamento temporal da abertura, preenchimento e fechamentos de clareiras de



diferentes tamanhos, em diferentes posições topográficas sob diferentes solos e formadas por causas diversas, vantagens que se somam a outras como a disponibilidade do conhecimento florístico e estrutural de toda a vegetação do entorno dessas clareiras.

O projeto "Diversidade, dinâmica e conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes" que está se desenvolvendo no Estado de São Paulo apresenta além das vantagens já referidas outras decorrentes de estarem sendo simultaneamente estudadas clareiras naturais pertencente às formações florestais tropicais e subtropicais muito diferentes entre si (Floresta de Restinga, Floresta Atlântica de Encosta, Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão). Esse fato permite que um outro nível de variação possa ser percebido, interpretado e explorado na compreensão da atuação dos mecanismos responsáveis pela manutenção da biodiversidade entre tipos florestais distintos, um aspecto que poucas vezes tem se podido realizar simultaneamente num mesmo país ou região.

No projeto Parcelas Permanentes vários estudos estão sendo desenvolvidos tendo como perspectivas a regeneração das espécies arbustivo-arbóreas dentro da floresta e conseqüentemente o estudo de clareiras, ou da dinâmica de clareiras, ou processos de relacionados à formação de clareiras. Esse sub-projetos serão apresentados de forma sintética a seguir.

#### *1.2.4.1. A Regeneração Natural em Diferentes Regimes de Luz na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana*

No seu projeto de mestrado intitulado "A regeneração natural em diferentes regimes de luz na Floresta Atlântica de encosta", Renato A. F. Lima, procura caracterizar o regime de distúrbio na área de estudo, discutir a existência de diferenças entre a composição florística de áreas clareira e áreas de sub-bosque, discutir se é maior riqueza e/ou diversidade de espécies em clareiras do que no sub-dossel e descrever como se comportam o crescimento, sobrevivência e recrutamento de populações de espécies arbustivo-arbóreas em áreas clareira e de sub-bosque?

Para responder a essas questões quatro conjuntos de métodos tem sido empregados, métodos referentes ao regime de distúrbio, à composição florística, crescimento, sobrevivência e recrutamento de plântulas e estrutura de habitat.

##### 1.2.4.1.1. Regime de Distúrbio

Está sendo feito o levantamento sistemático de todas as clareiras encontradas no interior da parcela de 10,24ha, usando-se a definição de clareira proposta por Runkle (1992), delimitando-se as clareiras de acordo Runkle (1981) e calculando-se a área da clareira segundo Lima (2005).

Além da área e formato (relação área-perímetro), também estão sendo avaliadas para cada clareira, as seguintes características: diâmetro, altura original, direção da queda e espécie de



todas as quedas (troncos e galhos caídos), além do tipo de queda (árvore desenraizada, quebrada, morta em pé ou queda de galho).

Embora difíceis de realizar considerações sobre a idade também estão sendo feitas para evitar a escolha de clareiras em fase sucessional avançada e para facilitar a determinação da taxa de formação de clareiras e a taxa de recorrência da parcela. De maneira geral, clareiras em fase sucessional avançada foram consideradas como aquelas que apresentavam seus destroços parcialmente ou totalmente decompostos, altura avançada da maioria dos regenerantes (>10m), e aparência antiga do revolvimento do solo, no caso de árvore desenraizada (Poorter et al., 1994).

#### 1.2.4.1.2. Composição Florística

Após a localização e avaliação de todas as clareiras presentes na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana, alocada no P.E. Carlos Botelho, foram levantados dados sobre a regeneração natural tanto dentro quanto fora das clareiras.

Este levantamento foi feito em 12 clareiras, através de 12 parcelas quadradas, 1 por clareira, de 10 x 10m (100m<sup>2</sup>) montadas diretamente sob a projeção vertical da abertura do dossel.

Sob o dossel contínuo também foram montadas 12 parcelas de 10 x 10m adjacentes às 12 clareiras sorteadas, sempre a uma distância mínima de 10 metros do limite externo das mesmas. O posicionamento destas parcelas mantém a mesma cota altimétrica do centro da clareira, evitando variações da vegetação relacionadas ao posicionamento topográfico.

Para o levantamento da regeneração natural nas parcelas de clareiras e sob dossel contínuo, estão sendo avaliadas apenas as espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas (lianas e epífitas não estão sendo considerados).

Os indivíduos incluídos na amostragem tem altura igual ou maior a 1 (um) metro, e menor que 5 cm de Diâmetro à Altura do Peito (DAP - 1,3m do solo). Para estes indivíduos, coletaram-se os seguintes dados: (1) identificação da espécie botânica; (2) diâmetro à altura do solo (DAS); (3) altura total e (4) altura de copa; e (5) posição do indivíduo.

Para o posicionamento do indivíduo serão consideradas as seguintes categorias: (i) diretamente abaixo da abertura do dossel (à plena luz), (ii) abaixo da copa dos indivíduos circundantes à clareira ('borda de clareira'), (iii) sob a copa de outros indivíduos regenerante, e (iv) sob dossel contínuo.

A identificação está sendo feita através de coletas de material botânico de indivíduos fora das parcelas, quando possível.

#### 1.2.4.1.3. Crescimento, Sobrevivência e Recrutamento

Uma reavaliação dos indivíduos marcados será realizada com o objetivo de avaliar o crescimento, mortalidade e recrutamento das populações estudadas nos dois ambientes. A



primeira avaliação foi feita no mês de Maio de 2005 e a segunda será feita no mês de Maio de 2006. Nestas avaliações, será reavaliado o DAS, DAP (quando possível), a altura total, altura e diâmetros (maior e menor) de copa e fertilidade dos indivíduos já marcados.

Todos os novos indivíduos acima de um metro (recrutas) serão marcados e avaliados segundo as mesmas variáveis citadas acima.

Os indivíduos encontrados mortos serão anotados e para estes será avaliada a possível causa da morte entre as seguintes categorias: danos físicos (queda de galhos ou pisoteio), predação/herbivoria, patogenia, dessecação ou causa indeterminada.

#### 1.2.4.1.4. Estrutura de habitat

Para caracterizar o ambiente onde cada uma das parcelas está inserida, estão sendo compilados a partir de outros trabalhos realizados dentro da parcela permanente em estudo, variáveis de estrutura da vegetação circundante (Diâmetro à altura do peito - DAP, altura e espécie botânica dos indivíduos com DAP maior ou igual a 20cm), unidade do mosaico silvigênico onde a parcela está inserida e seu entorno, variáveis de solo (tipo de solo, matéria orgânica, nutrientes, disponibilidade de água no solo) e de relevo (modelo de elevação do terreno).

Outras fontes de variáveis como posição topográfica (topo de morro, alta encosta, média encosta, baixa encosta e vale) também será anotada.

Para este trabalho, as posições topográficas serão definidas em campo pelas extensões do perfil topográfico limitadas pelas cotas altimétricas com quebra de relevo, ou seja, com clara mudança na declividade do terreno.

Está também sendo feita a caracterização do regime indireto de luz nos ambientes escolhidos a partir de fotografias hemisféricas digitais ao centro de cada parcela nos dois ambientes, sendo valores obtidos nas análises dessas fotos usados para comparar os regimes de luz entre cada uma das parcelas.

Foram já medidas e caracterizadas 32 clareiras em toda a área, não incluídas aí as clareiras formadas por deslizamentos de terra, ou aquelas que tem porções fora da parcela permanente. Em doze parcelas instaladas em 12 clareiras amostraram-se 721 indivíduos em uma área de 1.200m<sup>2</sup>.

Tabela 3 . Lista das espécies com maior abundância (> 10 indivíduos), com respectivo número de indivíduos amostrados(N) em 12 parcelas situadas no interior de clareiras, numa parcela permanente de 10,24ha numa Floresta Ombrófila Densa, em Sete Barras (SP).

Espécie	N
<b><i>Euterpe edulis</i></b>	<b>41</b>
<b><i>Piper aduncum</i></b>	<b>39</b>
<b><i>Dichorisandra pubescens</i></b>	<b>35</b>
<b><i>Calyptanthes lanceolata</i></b>	<b>27</b>
<b><i>Cecropia glaziouii</i></b>	<b>25</b>



<b><i>Geonoma elegans</i></b>	<b>24</b>
<b><i>Leandra mosenii</i></b>	<b>24</b>
<b><i>Garcinia gardneriana</i></b>	<b>17</b>
<b><i>Bathysa australis</i></b>	<b>14</b>
<b><i>Guapira opposita</i></b>	<b>14</b>
<b><i>Piper sp.</i></b>	<b>14</b>
<b><i>Urera baccifera</i></b>	<b>14</b>
<b><i>Piper cf. caldense</i></b>	<b>13</b>
<b><i>Eugenia cuprea</i></b>	<b>12</b>
<b><i>Alchornea glandulosa</i></b>	<b>11</b>
<b><i>Tetrastylidium grandifolium</i></b>	<b>11</b>

As principais dificuldades já assinaladas foram obter um número suficiente de clareiras que possuam características estruturais semelhantes dentro da Parcela Permanente de 10,24ha, o efeito do impacto de pesquisadores, mateiros e palmiteiros nos indivíduos marcados uma vez que a presença e a ação combinada de todos estes visitantes periódicos e esporádicos na área resulta no corte e/ou pisoteio de vários indivíduos marcados, além das dificuldades inerentes à identificação botânica sem coleta de material fértil, sobretudo de plântulas.

#### *1.2.4.2. Dinâmica de Clareiras Naturais na Parcela Permanente da Floresta de Restinga alocada no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP*

Na Parcela Permanente de Floresta de Restinga do P.E. da Ilha do Cardoso, a mestrandia Milene Bianchi dos Santos vem trabalhar no sub-projeto “Dinâmica de Clareiras Naturais da Floresta de Restinga na Ilha do Cardoso, SP”, na tentativa de uma contribuição importante no entendimento da dinâmica dessa formação, para qual ainda são muito restritos os conhecimentos diversos, como espécies características, fatores de seletividade de espécies, mosaico ambiental, mas principalmente sobre a dinâmica da comunidade.

O conhecimento do processo de regeneração que ocorre nas clareiras naturais de uma Floresta de Restinga é de fundamental importância para o entendimento de sua dinâmica funcional. As pressões exercidas sobre as Florestas de Restinga as tornam uma das formações florestais mais ameaçadas do estado, sendo necessários estudos que sustentam a adequação das práticas de conservação, manejo e restauração dessas comunidades.

O objetivo deste trabalho é o de descrever a estrutura e a colonização de clareiras naturais em um trecho de Floresta de Restinga através da caracterização da estrutura de habitat das clareiras naturais, da descrição da composição florística de espécies arbustivo-arbóreas dos indivíduos de 0,5 a 2m de altura nas clareiras, e da análise da sobrevivência e o desenvolvimento dos indivíduos amostrados durante um ano.





A definição de clareira utilizada foi a de Runkle (1981) modificada por Gandolfi (2000) e adaptada às características locais da floresta, tendo sido consideradas como árvores do entorno aquelas com no mínimo 50% da copa a pleno sol e com pelo menos 9 m de altura.

Foram selecionadas 11 clareiras, separadas em três classes de tamanhos, clareiras pequenas as entre 30 e 50m<sup>2</sup>, médias as clareiras entre 50 e 150m<sup>2</sup>, e grandes as clareiras maiores que 150m<sup>2</sup> (Putz, 1983; Brokaw, 1985).

A estrutura física da clareira e do seu entorno foi analisada em relação aos seguintes parâmetros: (1) área total da clareira; (2) tipo de distúrbio que originou a clareira; (3) idade relativa; e (4) altura e diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores do dossel adjacente, de acordo com Tabarelli e Mantovani (1999).

Para a análise florística foram marcados e identificados os indivíduos arbustivo-arbóreos, com altura total entre 0,5 e 2m.

As espécies encontradas estão sendo caracterizadas de acordo com o grupo sucessional utilizando a definição proposta por Gandolfi (2000), na qual as espécies são classificadas em pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias de acordo com dados da literatura, o que poderá ser posteriormente complementado com os resultados do sub-projeto “Espécies arbustivo-arbóreas em diferentes microhabitats de luz, em um trecho de Floresta de Restinga no Estado de São Paulo”, de Mariana Meireles Pardi em desenvolvimento na mesma área.

Os indivíduos marcados foram descritos no início do estudo e serão re-medidos após um ano. Os dados coletados sobre cada indivíduo amostrado são: altura total, rebrota, quebra, tombamento, perda da gema apical, presença de lianas e epífitas e porcentagem de herbivoria.

No momento, está sendo iniciada a segunda medição dos indivíduos amostrados nas clareiras e do ingresso dos indivíduos que atingiram 0,5m.

Estão sendo acompanhados 1.455 indivíduos nas 11 clareiras analisadas, sendo que as famílias melhor representadas na área em número de indivíduos são: Myrtaceae, Rubiaceae, Lauraceae e Clusiaceae.

Devido à presença de bromélias e bambus na área estudada está sendo realizada uma estimativa da porcentagem de área que essas espécies ocupam dentro de cada clareira, pois estas espécies parecem estar interferindo no processo de regeneração da clareira.

Quatro clareiras marcadas estão sendo monitoradas através dos sensores de quantum acoplados em um registrador.

Numa clareira pequena existe um sensor, enquanto nas grandes existem três sensores: no centro, na borda interna e na borda externa.

Também foram colocados sensores no sub-bosque e numa área aberta a pleno sol externo à floresta. A partir dos dados assim coletados e de outros provenientes de vários outros projetos em andamento e que estão fazendo a caracterização abiótica da parcela permanente será



possível analisar o desenvolvimento de cada espécie em relação as diferentes condições encontradas nas clareiras (p.ex., solo, umidade, luz etc.).

#### *1.2.4.3. Estruturação espacial de quedas de árvores e relações com o padrão espacial de riqueza de espécies em 40,96ha de Parcelas Permanentes das quatro principais formações florestais do estado de São Paulo*

Por se basear no levantamento de todos os eventos de perturbação provenientes de árvores que ocorrem em uma floresta, uma abordagem complementar à compreensão da dinâmica de clareiras, foi dada no sub-projeto desenvolvido por Adriana M. Z. Martini, que adiciona um conjunto de informações que não podem ser obtidas diretamente através dos métodos convencionais de levantamento de clareiras.

Para melhor se entender seus objetivos considere-se, por exemplo, que contrariamente ao padrão usualmente observado em muitas florestas, algumas vezes uma árvore ao cair não produz uma abertura no dossel, entretanto, outros efeitos importantes podem decorrer deste evento de queda. Logo abaixo do dossel onde essa árvore caiu ocorreu à liberação de espaço e também ocorreu à liberação de nutrientes no solo, tanto da própria árvore caída, como também daqueles que anteriormente eram utilizados pela árvore que estava viva, representando então, uma oportunidade para as outras plantas presentes no local.

Uma outra situação que justifica o levantamento de todos os eventos de perturbação refere-se às árvores que morreram há muito tempo e sobre as quais o dossel já se encontra fechado. Essas situações, bastante comuns em várias florestas tropicais, têm uma grande importância, pois, apesar de não serem considerados nos levantamentos tradicionais de clareiras (p. ex. aqueles que seguem os métodos propostos por Brokaw 1982 e Runkle 1982), são nestes locais que a vegetação de maior porte pode realmente apresentar uma diferenciação florística em relação a locais não perturbados por um período maior de tempo.

Geralmente, os levantamentos florísticos de uma dada floresta incluem apenas a vegetação de maior porte (p. ex., acima de cinco cm de diâmetro). Além disso, conhecer os diferentes tipos de perturbações que ocorrem em uma floresta e a proporção relativa de cada tipo, permitem uma avaliação do impacto a que esta floresta está sujeita (Gale & Barford 1999), pois uma floresta em que, uma maior proporção de árvores morre em pé e perde sua copa e galhos aos poucos, sofre um impacto muito menor que uma floresta em que a maior parte das árvores desenraiza e cai, geralmente danificando várias outras árvores em sua queda e causando um maior impacto na floresta.

Dessa maneira, o levantamento dos eventos de perturbação, que incluam um mapeamento destes eventos e uma estimativa de sua idade, pode revelar se existem regiões dentro da floresta que foram mais sujeitas a quedas em determinados períodos, e verificar se nestas regiões a composição de espécies encontrada é diferente em consequência dos processos de perturbação.



O mesmo raciocínio pode ser extrapolado para florestas que foram objeto de extrativismo seletivo no passado recente, o que representa a grande maioria das florestas estudadas nesse projeto.

A avaliação da estrutura espacial dos eventos de perturbação e sua relação com a riqueza de espécies em diferentes escalas espaciais representa uma abordagem inovadora (Grau 2002) e a comparação desta relação entre diferentes formações vegetais, pode ajudar a elucidar o papel das perturbações naturais na determinação da diversidade total em cada uma das comunidades florestais estudadas.

O sub-projeto “Estruturação espacial de quedas de árvores e relações com o padrão espacial de riqueza de espécies em diferentes formações vegetais do estado de São Paulo”, procura justamente atingir esse objetivo e visa desenvolver, nas quatro parcelas permanentes de 10,24 ha, um estudo em que todos os eventos de perturbação decorrentes de árvores estão sendo medidos e mapeados para serem relacionados com a composição e a riqueza de espécies presentes nos trechos estudados dessas florestas.

#### 1.2.4.3.1. Objetivos específicos

- Quantificar os eventos de perturbação decorrentes de árvores nas parcelas permanentes alocadas nas quatro formações vegetais;
- Quantificar a proporção relativa de cada tipo de evento de perturbação nas quatro áreas;
- Verificar o padrão espacial dos eventos de perturbação nas quatro parcelas permanentes;
- Verificar a relação entre a presença dos eventos de perturbação e aberturas no dossel;
- Verificar a distribuição espacial da riqueza de espécies nas quatro áreas estudadas;
- Verificar se os padrões de distribuição espacial dos eventos de perturbação e de riqueza de espécies estão correlacionados de forma similar nas quatro áreas estudadas.
- Verificar se os padrões de distribuição espacial dos eventos de perturbação e de riqueza de espécies estão correlacionados com as características físicas e do mosaico silvigênico de cada área;
- Identificar a possibilidade de classificação das espécies em grupos ecológicos e as espécies dependentes de clareiras, para cada área;
- Verificar, nas áreas em que for possível, se a distribuição espacial de espécies dependentes de clareiras acompanha a distribuição da riqueza de espécies, ou seja, verificar se em parcelas ou agregados de parcelas em que ocorre maior riqueza de espécies, ocorre também maior riqueza de espécies dependentes de clareiras.

#### 1.2.4.3.2. Métodos

Todos os eventos de perturbação incluindo árvores, galhos ou ramos acima de 20 cm de diâmetro estão sendo classificados, medidos e mapeados.



A primeira classificação diz respeito ao tipo de evento de perturbação, que se divide nas seguintes categorias:

- Árvore Caída Desenraizada
- Árvore Quebrada
- Árvore Morta em Pé
- Árvore Inclinada
- Galho Caído
- Galho em Pé
- Galho Inclinado
- Ramo Caído
- Ramo Quebrado
- Ramo Inclinado

(Obs.: O termo “Ramo” aqui é utilizado para fustes de árvores ramificadas na base.)

Uma segunda classificação permite descrever se a árvore está morta ou se apresenta rebrotas, ou ainda se a árvore toda está viva, porém inclinada ou caída. As categorias são:

- Morta
- Toda viva
- Rebrotas na base da árvore
- Rebrotas no ápice
- Rebrotas ao longo do caule todo
- Rebrotas na base e no ápice

Estas informações são importantes, pois uma árvore caída que ainda permanece viva ou com rebrotas continua a utilizar os nutrientes do solo, distinguindo-se da situação em que uma árvore caída está morta, e, portanto, liberando espaço no dossel e também os nutrientes no solo.

As medidas anotadas para cada evento de perturbação são:

- Diâmetro na base
- Comprimento
- Direção de queda (nos casos de quedas)
- Localização (coordenadas X e Y na parcela) da base da árvore que originou o evento. No caso de quedas, também a localização do ápice é obtida.
- Idade estimada do evento (\*)

Estão sendo utilizadas três categorias de Idade:

I) Recente - em que a árvore responsável ainda possui ramos finos (acima de terceira ordem) nas extremidades dos galhos;

II) Média - em que a árvore responsável não possui ramos finos nas extremidades, mas seu tronco principal ainda encontra-se em bom estado, com a casca ainda preservada;



III) Antiga - em que o tronco da árvore responsável já se encontra com nítidos sinais de deterioração.

Nas parcelas permanentes, a classificação das idades II e III foi facilitada pela presença de plaquetas nas árvores, pois uma vez que a árvore morta atualmente possuía plaqueta e não estava morta na primeira amostragem, ela certamente morreu após a primeira amostragem, ou seja, depois de 2001, representando um evento com no máximo 4 anos de idade. Árvores mortas sem plaquetas já estavam mortas antes de 2001 e foram classificadas como Idade III.

Já as árvores recentemente mortas (Idade I) eram facilmente identificáveis pela presença das ramificações terminais e algumas vezes até folhas secas ainda presas aos galhos.

A partir destas medidas é possível estimar a área de influência de cada evento. Por exemplo, no caso de árvores mortas em pé, esta área de influência é representada pela copa estimada que uma árvore com aquele diâmetro possuiria. Esta copa estimada é obtida através de relações alométricas encontradas na literatura ou obtidas através de medidas obtidas na própria floresta.

No caso de árvores caídas, considerou-se que a área de influência possui a forma de uma elipse com comprimento igual ao comprimento do segmento medido em campo e com largura equivalente a metade deste comprimento, conforme sugerido em estudos anteriores (Runkle 1982, Grau 2000).

Dentro de cada área de influência, é estimada em campo a porcentagem desta área que apresenta abertura no dossel e é observado se a área apresenta cipós e bambus.

Em caso de quedas múltiplas, são anotadas as informações de todas as árvores, mas esta situação é considerada apenas um evento de perturbação, exceto mediante evidências nítidas de eventos sucessivos, como a presença de árvores caídas em estágios muito diferentes de deterioração.

Serão realizadas análises espaciais para verificar se os eventos de perturbação estão ocorrendo de forma agregada ou não ou correlacionados com algum fator do ambiente (mosaico edáfico ou sivigênico). No caso de ocorrerem de forma agregada, será possível detectar o tamanho e a localização das manchas de agregação de eventos de perturbação, e a composição florística dentro destas manchas, que será comparada com a composição florística de trechos da parcela menos sujeitos a perturbações.

Embora os trabalhos estejam ainda em andamento algumas sugestões para estudos futuros já podem ser feitas.

Para facilitar a classificação dos eventos em classes de idade, a recomendação da adoção de métodos padronizados para o plaqueamento das árvores mortas em parcelas permanentes e dos procedimentos adotados nas remediações é fundamental, tanto das mortas, como das ingressantes.



Um outro ponto importante é a caracterização, nas planilhas de anotações de campo, de árvores que se encontram danificadas, quebradas e inclinadas. Muitas vezes uma árvore já se encontrava inclinada na primeira amostragem, mas não foi possível obter esta informação com confiança.

Seria necessário então inserir uma coluna na planilha de campo que indicasse a situação da árvore (por exemplo: 1-OK; 2-Quebrada; 3-Inclinada; 4-Caída) e a presença de rebrotas (incluindo a localização das rebrotas, conforme classificação apresentada anteriormente).

Muitos outros aspectos já observados serão posteriormente objeto de outras sugestões complementares.

Como se pôde observar vários aspectos relacionados a clareiras, à formação de clareiras e ao seu preenchimento estão sendo objeto de estudo e a conclusão desses vários sub-projetos ajudará a fornecer novas e mais completas informações sobre a dinâmica dessas quatro florestas, a se averiguar o papel da dinâmica de clareiras em cada uma delas e entre elas, a se formular modelos mais adequados a descrever os mecanismos envolvidos na auto-perpetuação de cada uma delas e na manutenção da sua biodiversidade.

### **1.3. Dinâmica da regeneração**

#### **1.3.1. Introdução**

A manutenção das comunidades florestais depende de sucessivos eventos de morte e reposição de indivíduos das populações vegetais, que podem determinar a sua estrutura e, por conseguinte, influenciar a riqueza de espécies, estrutura espacial das populações e dinâmica da composição de espécies ao longo do tempo (Clark et al. 1998). O relevo acidentado aliado às precipitações intensas que podem ser características comuns das florestas tropicais promovem um equilíbrio frágil, onde são comuns os escorregamentos naturais (Brokaw & Scheiner 1989). Neste contexto, a formação de clareiras pela queda de árvores e a dinâmica das populações componentes dão a essas florestas uma configuração de mosaico composto por diferentes estádios de sucessão (Brokaw & Scheiner 1989).

A heterogeneidade ambiental em relação, principalmente, à luz, temperatura e nutrientes, promovida pela abertura no dossel, pode se dar espacial e temporalmente, ou em ambas, tal como assumida pelo modelo de 'mosaico vegetacional' das florestas tropicais (Whitmore 1978), e resulta numa ampla diversidade de 'nichos de regeneração', como um importante elemento para a alta diversidade de espécies nas florestas tropicais. Condições edáficas, como por exemplo, características físico-químicas do solo, relevo e dinâmica da água, e condições biológicas como a predominância de determinada espécie, são fatores que também podem gerar uma grande variedade de micro-habitats.



As espécies possuem determinadas características fisio-morfológicas que permitem a colonização dos distintos ambientes da floresta, combinando uma série de comportamentos que otimizam o seu estabelecimento e sobrevivência. Entre estas, podem ser citadas as condições de germinação e do recrutamento de plântulas, grau de tolerância à sombra nas várias fases do ciclo vital, formação de banco de plântulas, produção e tamanho das sementes, tipo de síndrome de dispersão, mecanismos de dormência, entre outras (Denslow 1980, Figueroa & Lusk 2001).

De modo geral, o recrutamento pode ser influenciado por três fatores, os quais não são mutuamente exclusivos nem independentes: (i) limitação de sementes, quando há uma baixa disponibilidade de sementes, (ii) limitação da disseminação, quando as sementes não são dispersas até os locais de recrutamento potencial, e (iii) limitação do estabelecimento, que ocorre por condições bióticas ou abióticas desfavoráveis (Schupp et al. 2002).

Se a limitação de estabelecimento for dominante, espera-se que a densidade relativa da espécie seja determinada principalmente por seus nichos de regeneração e a abundância de micro-habitats (Grubb 1977). Em contraste, se a limitação de sementes predomina, então os sítios são ocupados menos pelos melhores competidores naqueles micro-habitats e mais pela chegada ao acaso dos propágulos (Cornell & Lawton 1992).

Deste modo, a regeneração está relacionada às características reprodutivas das espécies, às interações possíveis com outras espécies, com dispersores, polinizadores, herbívoros, patógenos e decompositores.

### 1.3.2. Importância do estudo da regeneração

Em ambientes naturais ou alterados, o estudo da regeneração, bem como os fatores de limitação envolvidos, se fazem necessários para a compreensão da estrutura e dinâmica de comunidades vegetais (Muller-Landau et al. 2002). Dentre os processos envolvidos na regeneração, os mais estudados são a chuva, o banco e a dispersão de sementes, e o estabelecimento de plântulas.

Sementes e plântulas estão envolvidas em vários fenômenos ecológicos, e estes se estendem além dos processos populacionais (persistência, dispersão, variabilidade genética) para influenciar a distribuição, dinâmica e diversidade de muitas unidades vegetacionais maiores (comunidades, paisagens, floras locais) (Grime & Hillier 1992).

A chuva de sementes (Alvarez-Buylla & Garcia-Barrios 1991) é considerada o principal determinante da disponibilidade de propágulos na floresta, embora o banco de sementes, transitório ou permanente (Guevara Sada & Gómez-Pompa 1972, Hall & Swaine 1980), e a rebrota também sejam consideradas vias importantes de regeneração em alguns casos.

O fluxo de sementes em uma área é resultante tanto do processo de dispersão local (autóctone) como de sementes provenientes de outras localidades (alóctones) (Martínez-Ramos & Soto-Castro 1993). A dispersão de sementes não só determina a área potencial de recrutamento,



possibilitando a chegada de sementes a locais favoráveis ao seu estabelecimento (Nathan & Muller-Landau 2000), como também é responsável pelo transporte da semente para longe da planta-mãe (Janzen 1970). Representa um importante mecanismo de sobrevivência, uma vez que diminui a competição e a predação de sementes e adensamento de plântulas próximas à planta-mãe, além de possibilitar a colonização de novas áreas (Janzen 1970, Connell 1971, Howe & Smallwood 1982, Oliveira-Filho et al. 1996, Silva & Tabarelli 2001).

O banco de sementes em florestas tropicais está relacionado com, pelo menos, quatro processos nos níveis de população e de comunidade, que são: o estabelecimento de populações, a manutenção da diversidade de espécies, o estabelecimento de grupos ecológicos e a restauração da riqueza de espécies durante a regeneração da floresta após distúrbios naturais ou antrópicos (Harper 1977, Uhl et al. 1988, Garwood 1989)

Em áreas degradadas, avaliações da disponibilidade de sementes e dos fatores que a determinam são fundamentais para antecipar a necessidade de determinadas intervenções adicionais, permitindo assim a otimização no desenvolvimento da atividade restauradora (Strykstra et al. 1998).

### 1.3.3. Métodos para o estudo da regeneração

Coletores têm sido utilizados em muitos trabalhos para captura dos propágulos dispersos pela fauna, vento ou auto-dispersão (Pijl 1982), com a finalidade de avaliar a chuva de sementes em florestas tropicais, seja em estudos para uma espécie-focal (Alvarez-Buylla & Martínez-Ramos 1990), ou em estudos de comunidade (Loiselle et al. 1996, Penhalber & Mantovani 1997).

A disposição dos coletores é determinada de acordo com os objetivos do trabalho podendo ser distribuídos de forma aleatória, quando se busca o estudo da comunidade, ou pré-definida em relação a ambientes ou espécies distintas. Alguns estudos verificaram a composição da chuva de sementes entre diferentes tipos de habitats, como clareiras vs sub-bosque, entre áreas em diferentes estágios sucessionais (Loiselle et al. 1996, Alvarez-Buylla & Martínez-Ramos 1990), e ainda entre diferentes locais de um mesmo mosaico florestal (Loiselle et al. 1996). Por exemplo, Marques (2004) utilizou coletores distribuídos em parcelas de levantamento fitossociológico a fim de averiguar a proporção dos modos de dispersão em um gradiente ecológico formado por três tipos vegetacionais. Alguns estudos verificaram a composição da chuva de sementes entre diferentes tipos de habitats, como clareiras vs sub-bosque ou entre áreas em diferentes estágios sucessionais (Loiselle et al. 1996, Alvarez-Buylla & Martínez-Ramos 1990), e ainda entre diferentes locais de um mesmo mosaico florestal (Loiselle et al. 1996). Já Vieira (2004) para verificar a composição de chuva de sementes presentes de três espécies de início de sucessão em uma área restaurada instalou os coletores sob suas copas.

Do mesmo modo, o tamanho e a forma dos coletores podem variar de acordo com os objetivos do trabalho, sendo comumente utilizados os de 0,25m<sup>2</sup> a 1m<sup>2</sup>.





Para se estimar a produção de frutos é utilizada a contagem do número de frutos em determinada largura de trilha, contagem na copa geralmente para amostragem de frutos grandes e conspícuos (Chapman et al. 1992) e a contagem dos frutos a partir de plataformas colocadas na altura da copa das árvores, menos freqüentemente usadas (Zhang & Wang 1995).

Para a amostragem de plântulas o método geralmente utilizado é o de parcelas, que comumente são alocadas, assim como os coletores, conforme os objetivos do trabalho. O tamanho dessas parcelas deve ser definido conforme o critério de inclusão e densidade das plantas a serem amostradas.

#### 1.3.4. Formas de análise dos dados de regeneração

Para se comparar os resultados da chuva de sementes com os da regeneração, considerando os diferentes tipos de microhabitats, por exemplo, dois componentes podem ser considerados: a composição de espécies e a quantidade de sementes ou plântulas que compõem a chuva ou regeneração por espécie. Como descritores da diversidade de espécies pode-se calcular: riqueza de espécies ( $S$  = número de espécies na amostra), diversidade e equitabilidade de Pielou ( $J$ ) (Brower & Zar, 1984) para as áreas estudadas.

Já a limitação de sementes e seus componentes podem ser calculados para cada espécie de semente amostrada nos coletores utilizando-se as fórmulas apresentadas em Muller-Landau et al. (2002). Assim, a limitação de sementes será definida como:

$$\text{Limitação de sementes} = 1 - a/n$$

onde:  $a$  = número de coletores em que a semente foi coletada e  $n$  = número total de coletores.

Para calcular a limitação devido à disponibilidade de sementes (limitação de fonte) pode-se seguir o método estocástico de Clark et al. (1998). Segundo este método a deposição uniforme (ao acaso) das sementes no ambiente seguiria uma distribuição de Poisson em que todos os coletores teriam a mesma probabilidade de receber sementes. Portanto, a proporção de coletores que não recebem sementes sob tais condições é dada pela probabilidade de Poisson de ocorrência de nenhum evento (i.e., não receber sementes de uma certa espécie) dada a possibilidade de ocorrência de  $s/n$  eventos, ou:

$$\text{Limitação de fonte} = \exp(-s/n)$$

onde:  $s$  = número total de sementes coletadas e  $n$  = número total de coletores.

Comparando a proporção de coletores que de fato receberão sementes com a proporção de coletores que as receberiam caso a deposição de sementes no ambiente seja uniforme poderemos calcular a limitação devido à dispersão das sementes:



$$\text{Limitação de dispersão} = 1 - \{(a/n) / 1 - \text{limitação de fonte}\}$$

A limitação de estabelecimento e seus componentes serão calculados para cada espécie de plântula amostrada nas parcelas de avaliação utilizando as fórmulas apresentadas em Muller-Landau et al. (2002). Assim, a limitação de plântulas será definida como:

$$\text{Limitação de plântulas} = 1 - r/n$$

onde: r = número de parcelas ocupadas por uma dada espécie de plântula e n = número total de parcelas.

Dadas as informações tanto da chegada de sementes como do estabelecimento de plântulas na mesma escala espaço temporal, a redução de sítios ocupados por plântulas devido a carência de estabelecimento nesses sítios quando as sementes chegam pode ser quantificada como:

$$\text{Limitação de estabelecimento} = 1 - r/a$$

onde: r = número de parcelas em que a plântula foi encontrada e a = número de coletores onde as sementes da mesma espécie da plântula foi encontrada.

A comparação entre valores de limitação de sementes e plântulas obtidos para se comparar áreas pode ser realizada por um teste pareado (teste t pareado ou seu equivalente não paramétrico, o Teste de Wilcoxon) (Zar, 1996) considerando cada espécie de semente ou plântula amostrada.

### 1.3.5. Metodologias empregadas nas Parcelas Permanentes

Na Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, a regeneração de *Ocotea pulchella* e *Ternstroemia brasiliensis*, foi estimada em distintas situações de luz e umidade do solo. Para isso, foram selecionados, no interior de algumas das sub-parcelas, as seguintes condições: sub-bosque em locais alagáveis, úmidos e secos, e clareiras úmidas e secas, segundo as considerações que segue: (i) Locais alagáveis - onde durante pelo menos quatro meses do ano permanecem alagados; se estende numa estreita faixa paralela e subsequente ao mangue; (ii) Locais úmidos - onde a umidade do solo é alta durante o ano todo, entretanto não fica alagado; (iii) Locais secos - onde a umidade do solo é relativamente baixa e nunca sofrem o alagamento. Em cada ambiente, a produção de sementes foi avaliada, mensalmente, durante dois anos, por intermédio de coletores com tela de náilon (50 x 50 x 30cm), distribuídos em número de 20 para os distintos ambientes de sub-bosque, e 15 nas clareiras. O material coletado era seco à temperatura ambiente, e submetido à triagem.

Para avaliar a presença das espécies estudadas no banco de sementes, foram realizadas duas amostragens do solo: uma em dezembro/2002, e outra, em julho/03, retirado próximo a cada coletor, em quadrados de 20 x 20cm, às profundidades de 0 a 5cm e, também de 5 a 10cm, na primeira amostragem. Nesta, cada amostra foi homogeneizada e dividida, compondo duas



amostras, que foram colocadas em vasos preenchidos com areia lavada, e submetidas a regimes distintos de luz – sol/sub-bosque-, nas dependências do Jardim Experimental da UNESP, Rio Claro-SP. Na coleta realizada em julho, as amostras do solo foram colocadas sobre areia lavada, em quadrados de 40 X 40 cm, separados por isopor, em borda de floresta nas dependências no núcleo Perequê, no P.E. Ilha do Cardoso.

A regeneração natural das espécies estudadas foi estimada através de sub-parcelas (1m<sup>2</sup>), ao lado de cada coletor. As plântulas foram marcadas com folha de alumínio, tendo sido anotadas os dados de altura, diâmetro, número de folhas e predação, quando presente. Mensalmente, durante o período de agosto/2003 a agosto/2004, todas as plântulas foram averiguadas, e anotadas a mortalidade e emergência de novos indivíduos.

Na Parcela Permanente do Parque Estadual Carlos Botelho, foi avaliada a chuva de sementes e o estabelecimento de plântulas em ambientes com bambus e sem bambus.

Chuva de sementes: Para comparar a chuva de sementes entre micro-habitats com bambus (B) e sem bambus (SB) foram instalados coletores de sementes de 1m<sup>2</sup> feitos de madeira e tela de nylon e posicionados a 30 cm do solo. Estes coletores retêm sementes pequenas como as de *Cecropia* spp, mas permitem a drenagem de água da chuva (Alvarez-Buylla & Martínez-Ramos, 1990).

Os coletores foram dispostos a uma distância mínima de 20 m uns dos outros na Parcela Permanente, totalizando 80 coletores (40 em áreas B e 40, em SB). O monitoramento destes coletores foi realizado mensalmente e as sementes neles retidas foram quantificadas por espécie/morfoespécie e a identificação das sementes foi feita por comparação em herbários, através da bibliografia disponível ou com auxílio de especialistas.

Estabelecimento de plântulas: Para comparar o estabelecimento de plântulas entre os ambientes B e SB foram instaladas parcelas de avaliação de tamanho equivalente aos coletores de sementes, ou seja, 1m<sup>2</sup>. Estas parcelas foram dispostas ao lado dos coletores de sementes, também a uma distância de 20 metros uma da outra, totalizando 80 parcelas de avaliação (40 em áreas B e 40, em SB). O monitoramento foi realizado mensalmente no intervalo de um ano. As plântulas (i.e., indivíduos jovens menores que 30 cm de altura) presentes na parcela foram marcadas com pequenas placas de plástico, numeradas, medidas (PAS: perímetro na altura do solo e h: altura) e, quando possível, anotada a espécie correspondente.

A cada visita de campo, as novas plântulas foram marcadas, numeradas e também medidas. Este procedimento, de marcação das plântulas com placas, permitiu o acompanhamento mensal da mortalidade e aparecimento de novas plântulas nas parcelas. A identificação das plântulas foi feita por comparação em herbários, através da bibliografia disponível ou com auxílio de especialistas.

Em outro estudo realizado na Parcela Permanente de Carlos Botelho foram avaliados o banco de sementes da comunidade e a regeneração natural de 12 espécies.



Para avaliação do banco de sementes foram realizadas quatro coletas semestrais pelo período de dois anos. Em cada coleta, foram retiradas três amostras aleatórias de solo com 25 x 25 x 5cm, de cada sub-parcela, totalizando 75 amostras. O material coletado foi transportado para a casa de vegetação na Unicamp – Campinas e avaliado a partir do método de incubação pelo período de seis meses.

Para a avaliação da dinâmica da regeneração foram selecionadas 12 espécies arbóreas, considerando a abundância e facilidade de identificação nas diferentes fases de vida: *Alseis floribunda*, *Bathysa australis*, *Rapanea hermogenesii*, *Guapira opposita*, *Eugenia cuprea*, *Tabebuia serratifolia*, *Garcinia gardneriana*, *Inga marginata*, *Rudgea jasminoides*, *Tetrastylidium grandifolium*, *Quiina glaziouii*, *Chrysophyllum viride*. A regeneração natural foi avaliada a partir de 25 sub-parcelas de 20 x 20m, na qual todos os indivíduos, incluindo plântulas e indivíduos jovens foram plaqueados e tomadas as medidas de diâmetro na altura do solo e altura, anualmente, pelo período de dois anos.

### 1.3.6. Vantagens de estudos da regeneração em parcelas permanentes

As vantagens de estudos de regeneração em parcelas permanentes deve-se, principalmente, à sua continuidade por longos períodos de amostragens e possibilidade de relacionar os dados de chuva de sementes e densidade de plântulas com trabalhos complementares, tais como parâmetros fitossociológicos, climáticos, edáficos, de fauna, entre outros, com a finalidade de se compreender estes fenômenos.

Além disso, o conhecimento dos aspectos demográficos das espécies e os fatores que influenciam sobre eles são importantes para o desenho de planos de manejo para a conservação e a restauração de habitats.

## **Referências Bibliográficas**

- Aguilera, M.O. & Lauenroth, W.K. (1995) Influence of Gap Disturbances and Type of Microsites on Seedling Establishment in *Bouteloua Gracilis*. *Journal of Ecology* 83: 87-97.
- Aide, T.M. (1987) Limbfalls: A Major Cause of Sapling Mortality for Tropical Forest Plants. *Biotropica* 19: 284-285.
- Alvarez-Buylla, E. R. & García-Barrios, R. 1991. Seed and forest dynamics: a theoretical framework and an example from the neotropics. *American Naturalist*. 137 (2): 133 – 154.
- Alvarez-Buylla, E. R. & Martínez-Ramos, M. 1990. Seed bank versus seed rain in the regeneration of a tropical pioneer tree. *Oecologia* 84: 314-325.
- Alvarez-Buylla, E.R. & Martínez-Ramos, M. (1992) Demography and Allometry of *Cecropia Obtusifolia*, a Neotropical Pioneer Tree - An Evaluation of the Climax-Pioneer Paradigm for Tropical Rain Forests. *Journal of Ecology* 80: 275-290.
- ASSUMPÇÃO J. e NASCIMENTO, M.T. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil *Acta Botanica Brasilica* v. 14, n. 3, p. 301-315



- Augspurger, C.K. & Franson, S.E. (1988) Input of Wind-Dispersed Seeds Into Light-Gaps and Forest Sites in a Neotropical Forest. *Journal of Tropical Ecology* 4: 239-252.
- Augspurger, C.K. (1984) Light Requirements of Neotropical Tree Seedlings: A Comparative Study of Growth and Survival. *Journal of Ecology* 72: 777-795.
- Barik, S.K., Pandey, H.N., Tripathi, R.S. & Rao, P. (1992) Microenvironmental Variability and Species-Diversity in Treefall Gaps in A Subtropical Broadleaved Forest. *Vegetatio* 103: 31-40.
- BRANDANI, A., HARTSHORN, G. S. & ORIANI, G. H., 1988, Internal heterogeneity of gaps and species richness in Costa Rica tropical wet forest. *Journal of Tropical Ecology*, 68: 99-119.
- BROKAW, N.; BUSING, R. T. 2000. Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. *Tree*, v. 15, n. 5, p. 183-188.
- BROKAW, N.V. 1985. Treefalls, regrowth and community structure in tropical forests. In: PICKETT, S.T.A., White, P.S. (eds) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. New York Academic Press, p. 53-65.
- Brokaw, N.V.L. & Scheiner, S.M. 1989. Species composition in gaps and structure of a tropical forest. *Ecology* 70: 538-41.
- Brokaw, N.V.L. (1982) The definition of treefall gap and its effect on measures of forest dynamics. *Biotropica* 14: 158-160.
- Brokaw, N.V.L. (1986) Seed dispersal, gap colonization, and the case of *Cecropia insignis*. In: Estrada, A. and Fleming, T.H. (eds.) *Frugivores and seed dispersal*. (Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, pp.323-331.
- Brokaw, N.V.L. (1987) Gap-Phase Regeneration of Three Pioneer Tree Species in a Tropical Forest. *Journal of Ecology* 75: 9-19.
- Brokaw, N.V.L. & Busing, R.T. (2000) Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. *Trends in Ecology & Evolution* 15: 183-188.
- Brokaw, N.V.L. & Scheiner, S.M. (1989) Species Composition in Gaps and Structure of a Tropical Forest. *Ecology* 70: 538-541.
- Brower, J. E. & Zar, J. H. 1984. *Field and laboratory methods for general ecology*. Wm. C. Brown, Dubuque.
- Brown, N. (1996) A gradient of seedling growth from the centre of a tropical rain forest canopy gap. *Forest Ecology and Management* 82: 239-244.
- Canham, C.D.; Marks, P.L. The response of woody plants to disturbance: patterns of establishment and growth. In: Pickett, S.T.A.; White, P.S. (eds.) *The Ecology of natural disturbance and patch dynamics*. San Diego: Academic Press, 1985. p.197-216.
- Canham, C.D., Denslow, J.S., Platt, W.J., Runkle, J.R., Spies, T.A. & White, P.S. (1990) Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 620-631.
- CARDOSO-LEITE, E. 1995. *Ecologia de um fragmento florestal em São Roque, SP: florística, fitossociologia e silvicultura*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Campinas, 234p.
- Chapman, C.A., Chapman, L.J., Wigham, R., Hunt, R., Gebo, D., Gardner, L. 1992. Estimators of fruit abundance of tropical trees. *Biotropica* 24: 527-531.
- Clark, J. S.; Macklin, E.; Wood, L. 1998. Stages and spatial scales of recruitment limitation in southern Appalachian forests. *Ecological Monographs* 68: 213-235.
- Clark, D.A. & Clark, D.B. (1992) Life History Diversity of Canopy and Emergent Trees in a Neotropical Rain Forest. *Ecological Monographs*, 62, 315-344.



- Clark, D.B. & Clark, D.A. (1991) The Impact of Physical Damage on Canopy Tree Regeneration in Tropical Rain Forest. *The Journal of Ecology*, 79, 447-457.
- Clinton, B.D. (2003) Light, temperature, and soil moisture responses to elevation, evergreen understorey, and small canopy gaps in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management*, 186, 243-255.
- Coley, P.D. (1993) Gap size and plant defenses. *Trends in Ecology and Evolution*, 8, 1-2.
- Connell, J. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees, pp. 298-312 In: *Population Dynamics* P. J. D. Boer, and G. R. Gradwell, eds. Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- Cornell, H.V. & Lawton, J.H. 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *J. Anim. Ecol.* 61: 1-12.
- COSTA, M. & MANTOVANI, W., 1992, Composição e estrutura de clareiras em mata mesófila na Bacia de São Paulo. In: Instituto Florestal (ed.), *II Congresso Nacional sobre Essências Nativas*, São Paulo, SP, Rev. Inst. Ftal., 1: 178-173.
- Dalling, J.W. & Hubbell, S.P. (2002) Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. *Journal of Ecology*, 90, 557-568.
- Dalling, J.W., Hubbell, S.P. & Silvera, K. (1998) Seed Dispersal, Seedling Establishment and Gap Partitioning among Tropical Pioneer Trees. *Journal of Ecology*, 86, 674-689.
- Denslow, J.S. 1980. Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica* (12): 47-55.
- Denslow, J.S. & Diaz, A.E.G. (1990) Seed rain to tree-fall gaps in a neotropical rain forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 642-648.
- Denslow, J.S., Ellison, A.M. & Sanford, R.E. (1998) Treefall Gap Size Effects on above- and below-ground processes in a tropical wet forest. *Journal of Ecology*, 86, 597-609.
- Dillenburg (1986)
- Duncan, R.P., Buckley, H.L., Ulrich, S.C., Stewart, G.H. & Geritzlehner, J. (1998) Small-scale species richness in forest canopy gaps: the role of niche limitation versus the size of the species pool. *Journal of Vegetation Science*, 9, 455-460.
- DURIGAN, G. ; SIQUEIRA, Marinez Ferreira de ; FRANCO, Geraldo Antônio Daher Corrêa ; CONTIERI, Wilson Aparecido . A Flora Arbustivo-Arbórea do Médio Paranapanema: Base para a Restauração dos Ecossistemas Naturais. In: Osmar Vilas Bôas; Gisela Durigan. (Org.). *Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão*. 1 ed. São Paulo, 2004, v. 1, p. 199-239.
- Endler, J.A. (1993). The color of light in forests and its importance. *Ecological Monographs* 63(1):1-27.
- ENGEL, V. L 1993. Silvigênese, dinâmica de fragmentos e a conservação de florestas tropicais. *Série Técnica Florestal., FEPAF, UNESP – Botucatu*, v. 1, n. 1.
- ENGEL, V. L, PRADO, P. I. K. L. 1992. Aspectos da silvigênese de uma Mata Pluvial Atlântica em Linhares, ES. In: *CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, Anais*, p.163-168.
- Figueroa, J.A. & Lusk, C.H. 2001. *New Phytologist* 152: 483 – 489.
- Gale, N. & A. S. Barford. 1999. Canopy tree mode of death in a western Ecuadorian rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 15: 415-436.
- Gandolfi, S. (2000) *História Natural de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)*. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 520p.



- Garwood, N.C. (1983) Seed Germination in a Seasonal Tropical Forest in Panama: A Community Study. *Ecological Monographs*, 53, 159-181.
- Grau, H. R. 2002. Scale-dependent relationships between treefalls and species richness in a neotropical montane forest. *Ecology* 83: 2591-2601.
- Grime, J. P. & Hillier, S. H. The contribution of seedling regeneration to the structure and dynamics of plant communities and larger units of landscape. In: *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*. Michael Fenner (ed.), 1992. CAB International, UK.
- Grubb, P.J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Review* 52:107-145.
- Guevara Sada, S., and A. Gomez-Pompa. 1972. Seeds from surface soils in a tropical region of Veracruz, Mexico. *Journal of the Arnold Arboretum*. n. 53, p. 312-35.
- Hall, J.B. & Swaine, M.D. 1980. Seed stocks in Ghanaian forest soils. *Biotropica* 12:256-263.
- HALLÉ, F., OLDEMAN, R. A. A & TOMLINSON, P. B. 1978. *Tropical Trees and forests: an architectural analysis*. Berlin: Springer-Verlag, 441p.
- Hammond, D.S., Brown, V.K. & Zagt, R. (1999) Spatial and temporal patterns of seed attack and germination in a large-seeded neotropical tree species. *Oecologia* 119: 208-218.
- Harper, J.L. 1977. *Population biology of plants*. London: Academic Press, 892p
- Harrison, S. (1987) Treefall gaps versus forest understorey as environments for a defoliating moth on a tropical forest shrub. *Oecologia* 72: 65-68.
- Hartshorn, G.S. 1978. Treefalls and tropical forest dynamics. In: Tomlinson, P.B. and Zimmerman, M.H., (eds) *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University Press, pp. 617-638,
- Hartshorn, G.S. (1980) Neotropical Forest Dynamics. *Biotropica* (Supplement: Tropical Succession) 12: 23-30.
- Howe, H.F. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecological System* 13: 201-228.
- Howe, H.F. (1990) Survival and Growth of Juvenile *Virola surinamensis* in Panama: Effects of Herbivory and Canopy Closure. *Journal of Tropical Ecology* 6: 259-280.
- Hubbell, S.P. and Foster, R.B. (1986) Biology, chance, history and the structure of tropical rainforest communities. In: Diamond, J. and Case, T.C. *Community Ecology*. Harper & How, New York, USA, pp. 314-329.
- Hubbell, S.P., Foster, R.B., O'Brien, S.T., Harms, K.E., Condit, R., Wechsler, B., Wright, S.J. & Lao, S. (1999) Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a Neotropical forest. *Science* 283: 554-557.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist* 104 (940): 501-528.
- Lang, G.E. & Knight, D.H. (1983) Tree Growth, Mortality, Recruitment, and Canopy Gap Formation during a 10-year Period in a Tropical Moist Forest. *Ecology* 64: 1075-1080.
- MANTOVANI, W. 1992. A vegetação sobre a restinga de Caraguatatuba, SP. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo* 4: 139-144.
- Martínez-Ramos, M. & Soto-Castro, A. 1993. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain Forest. *Vegetatio* 107/108: 299-318. T. H. Fleming and A. Estrada (eds). *Frugivory and Seed Dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. 1993 Kluwer Academic Publishers. Printed in Belgium.
- MARTINEZ-RAMOS, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los arboles tropicales e regeneración natural de las selvas altas perenifolias. In: GOMEZ POMPA, A., AMO, S.R. (eds) *Investigaciones*



- sobre la regeneración de selvas altas em Vera Cruz, Mexico. Mexico: INIRB Alhambra Mexicana, p.191-240.
- MARTINS, S. V. & RODRIGUES, R. R. 2002. Gap-phase Regeneration in a Semideciduous Mesophytic Forest, South-eastern Brazil. *Plant Ecology* 163:51-62.
- McAlpine, K.G. & Drake, D.R. (2003) The effects of small-scale environmental heterogeneity on seed germination in experimental treefall gaps in New Zealand. *Plant Ecology* 165: 207-215.
- Muller-Landau, H.C.; Wright, S.J.; Calderón, O.; Hubbell, S.P.; Foster, R.B. 2002. Assessing recruitment limitation: concepts, methods and case-studies from a Tropical Forest. In: LEVEY, D.J.; SILVA, W.R.; GALETTI, M. (eds.). *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. Inglaterra: CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire. p. 35-53.
- MUNIZ, M.R.A. 2004. Estudo do regime de luz nas quatro principais formações fitogeográficas no estado de São Paulo durante o inverno do ano de 2003 (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Nathan, R. & Muller-Landau, H.C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 278-285.
- Negrelle, R.R.B. (1995) Sprouting After Uprooting of Canopy Trees in the Atlantic Rain Forest of Brazil. *Biotropica*, 27, 448-454.
- Newbery, D.M. & de Foresta, H. (1985) Herbivory and Defense in Pioneer, Gap and Understory Trees of Tropical Rain Forest in French Guiana. *Biotropica* 17: 238-244.
- Nicotra, A.B., Chazdon, R.L. & Iriarte, S.V.B. (1999) Spatial Heterogeneity of Light and Woody Seedling Regeneration in Tropical Wet Forests. *Ecology* 80: 1908-1926.
- O'BRIEN, S.T.; HUBBELL, S.P.; SPIRO, P.; CONDIT, R. & FOSTER, R.B. 1995. Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. *Ecology* 76:1926-1939.
- OLDEMAN, R. A. A. 1978 Architecture na energy exchange of dicotyledonous trees in the forest. In Tomlinson, P. B. & Zimmermann, M. H. (editores) *Tropical trees as living systems*. University Press Cambridge, p. 535-560.
- OLDEMAN, R. A. A. 1983. Tropical rainforest, architecture, sylvigenesis and diversity. In: SUTTON, S. L., WHITMORE, T. C., CHADWICK, A. C. (editores) *Tropical rainforest: ecology and management*. Oxford: Blackwell Scientific, p. 139-150.
- OLDEMAN, R.A.A. *Forest ecology for silvicultural design*. Wageningen: Wageningen Agricultural University Press, 1987(a). 3v.
- OLIVEIRA, R.E. Aspectos da dinâmica de um fragmento em Piraciaba- SP: silvigênese e ciclagem de nutrientes. Piracicaba. São Paulo. 1997. 87p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP.
- Orians, G.H. (1982) The influence of tree-falls in tropical forest in tree species richness. *Tropical Ecology* 23: 254-279.
- Pearson, T.R.H., Burslem, D.F.R.P., Goeriz, R.E. & Dalling, J.W. (2003) Interactions of gap size and herbivory on establishment, growth and survival of three species of neotropical pioneer trees. *Journal of Ecology* 91: 785-796.
- Penhalber, E. F. & Mantovani, W. 1997. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. *Rev. Bras. Bot.* 20 (2): 205-220.
- Pickett, S.T.A. (1983) Differential adaptation of tropical tree species to canopy gaps and its role in community. *Tropical Ecology* 24: 68-84.
- Pijl, L., van der. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. New York: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 213p.





- Popma, J., Bongers, F., Martinez-Ramos, M. & Veneklaas, E. (1988) Pioneer Species Distribution in Treefall Gaps in Neotropical Rain Forest; A Gap Definition and Its Consequences. *Journal of Tropical Ecology* 4: 77-88.
- Poulson, T.L. & Platt, W.J. (1989) Gap Light Regimes Influence Canopy Tree Diversity. *Ecology* 70: 553-555.
- Putz, F. E.; Coley, P. D. and Lu, K. (1983) Uprooting and snapping of trees: structural and ecological consequences. *Canadian Journal of Forest Research* 13: 1011-1020.
- Putz, F.E. & Brokaw, N.V.L. (1989) Sprouting of Broken Trees on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 70: 508-512.
- Ricklefs, R.E. 1977. Environmental heterogeneity and plant species diversity: a hypothesis. *American Naturalist* 111, 376-381.
- RODRIGUES, R.R. 1986. Levantamento florístico e fitossociológico das matas da Serra do Japi, Jundiá, SP. Dissertação de Mestrado. Departamento de Biologia Vegetal. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) Campinas. 198p.
- RODRIGUES, R.R. Análise da vegetação as margens do rio passa cinco, Ipeúna, SP. Tese de doutorado. 1991. Departamento de Biologia Vegetal. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) Campinas. 371p.
- Runkle, J. R. (1981) Gap formation in some old-growth forests of the eastern United States. *Ecology* 62(4): 1041-1051.
- Runkle, J. R. 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology* 63: 1533-1546.
- Runkle, J.R. 1992. Guidelines and sample protocol for sampling forest gaps. General Technical Report, PNW-GTR-283. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, USA.
- SCHIAVINI, I. 1992. Estrutura das comunidades arbóreas de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga. Tese de Doutorado.: Universidade de Campinas. 139 p. (Doutorado em Ciência Florestal).
- Schnitzer, S.A. & Carson, W.P. (2001) Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. *Ecology* 82: 913-919.
- Schupp, E.W., Frost, E.J. 1989. Differential predation of *Welfia georgii* seeds in treefall gaps and the forest understory. *Biotropica* 21: 200-203.
- Schupp, E.W.; Milleron, T.; Russo, S. E. 2002. Dissemination limitation and maintenance of species-rich tropical forests. In: LEVEY, D.J.; SILVA, W.R.; GALETTI, M. (eds.). Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. Inglaterra: CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire. p. 35-53.
- Schupp, E.W. (1988) Seed and early seedling predation in the forest understorey and in treefall gaps. *Oikos* 51: 78.
- Schupp, E.W., Howe, H.F., Augspurger, C.K. & Levey, D.J. (1989) Arrival and Survival in Tropical Treefall Gaps. *Ecology* 70: 562-564.
- Shaetzel, R. J.; Burns, S.F.; Johnson, D.L. and Small, T.W. (1989) Tree uprooting: review of impacts in forest ecology. *Vegetatio* 79: 165-176.
- Sheil, D. & Burslem, D.F.R.P. (2003) Disturbing hypotheses in tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 18-26.
- Silveira, K., Skillman, J.B. & Dalling, J.W. (2003) Seed germination, seedling growth and habitat partitioning in two morphotypes of the tropical pioneer tree *Trema micrantha* in a seasonal forest in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 19: 27-34.



- Strong, D.R., Jr. (1977) Epiphyte Loads, Tree Falls, and Perennial Forest Disruption: A Mechanism for Maintaining Higher Tree Species Richness in the Tropics Without Animals. *Journal of Biogeography* 4: 215-218.
- Strykstra, R.J.; Bekker, R.M.; Bakker, J.P. Assessment of dispersal availability: its practical use in restoration management. *Acta Botanica Neerlandica*, v. 47, n. 1, p.57-70. 1998.
- SUGYAMA, M. Estudo de floresta de restinga da Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Botânica*, v. 11, p. 119-59. 1998b.
- TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. 1997. Colonização de clareiras naturais na floresta atlântica no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 20:57-66.
- TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. 1999. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no estado de São Paulo (Brasil). *Revista Brasileira de Botânica*. v. 22, p. 217-223.
- Tabarelli, M.; Mantovani, W. (1999) Clareiras naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma Floresta Atlântica de Montana. *Revista Brasileira de Biologia* 59(2): 251-261.
- TORQUEBIAU, E.F. Mosaic patterns in dipterocarps forest in Indonésia, and their implications for practical forestry. *Journal of Tropical Ecology*, v.2, p.301-325, 1986.
- Uhl, C.; Buschbacher, R.; Serrão, A.S. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. patterns of plant succession. *Journal of Ecology* 76:663-681.
- VAN DEN MEER, P. J. & BONGERS, F. 1996. Patterns of tree-fall and branch-fall in a tropical rain forest in French Guiana. *Journal of Ecology*, 84, p. 19-29.
- van der Meer; P. J.; Bongers, F.; Chatrou, L. & Riéra, B. (1994) Defining canopy gaps in a tropical rain forest: effects on gap size and turnover time. *Acta Oecologica* 15(6):701-704.
- Vieira, D.C.M. 2004. Chuva de sementes, banco de sementes e regeneração natural sob três espécies de início de sucessão em uma área restaurada em Iracemápolis (SP). Piracicaba, 2004 87p. Dissertação de mestrado. Esalq/USP.
- Watt, A.S. (1947) Pattern and process in plant community. *Journal of Ecology* 35:1-22.
- WEBB, L.J. 1959. A physiognomic classification of australian rain forests. *Journal of Ecology* 47:551-570.
- WHITE, P.S.; PICKETT, S.T.A. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: WHITE, P.S.; PICKETT, S.T.A. (Eds.). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. New York: Academic Press, p. 3-13.
- Whitmore, T.C. (1975) *Tropical Rain Forest of the Far East*,. Claredon Press, Oxford, England, 282 pp.
- Whitmore, T.C. (1990) *An Introduction to Tropical Rain Forests*. Oxford University Press, Oxford, England, 226 p.
- WHITMORE, T.C. 1976. Gaps in the forest canopy. In: TOMLINSON, P.B. & ZIMMERMANN, M.H. *Tropical trees as living systems*. Cambridge: Cambridge Un. Press, p. 639-649.
- Whitmore, T.C. 1978. Gaps in the forest canopy. In: Tomlinson, P.B., Zimmerman, M.H. (Eds). *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University Press, New York, p. 639-55.
- Whitmore, T.C. 1978. Gaps in the forest canopy. In: *Tropical Trees as Living Systems* (Tomlinson, P.B. and Zimmerman, M.H., eds), pp. 639-655, Cambridge University Press
- Whittaker, R.H. & Levin, S.A. (1977) The role of mosaic phenomena in natural communities. *Theoretical Population Biology* 12: 117-139.
- Wright, S.J. (2002) Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia* 130: 1-14.



- Young, K.R., Ewel, J.J. & Brown, B.J. (1987) Seed dynamics during forest succession in Costa Rica. *Vegetatio* 71: 157-173.
- ZAR, J. 1999 *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 663p.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Third Edition. Prentice-Hall, Inc., London. 662p.
- Zhang, S.Y. & Wang, L.X. 1995. Comparison of three fruit census methods in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 11: 281-294.

## **2. Estimativas de riqueza e mecanismos de manutenção da diversidade em florestas tropicais**

Sérgius Gandolfi

### ***2.1. Filtros da biodiversidade: Uma hipótese alternativa para o estudo de florestas***

#### **2.1.1. Introdução**

A descrição, a compreensão e a predição da dinâmica das florestas tropicais chuvosas e méxicas e da relação dessa com a manutenção da biodiversidade, não apenas têm fascinado, mas também têm desafiado sucessivas gerações de pesquisadores.

O uso de grandes parcelas permanentes como um método para coletar e acumular, no tempo, informações sobre a dinâmica de florestas nativas, embora não possa, isoladamente de outros estudos e métodos empregados em outras escalas espaciais e temporais, obter essa resposta, pode ser uma importante ferramenta voltada para esse fim.

Todavia, a simples coleta de dados não será totalmente útil se não se dispuser de uma ou várias teorias que orientem a formulação das pesquisas e a análise dos dados obtidos. Esse capítulo pretende justamente apresentar uma visão alternativa sobre como a dinâmica das florestas tropicais e subtropicais pode estar sendo parcialmente determinada pelas árvores que compõem o seu dossel (Gandolfi 1999, 2000, 2003).

Ao longo do século XX, diferentes imagens das comunidades vegetais foram criadas (Noy-Meir e van der Maarel 1987) por muitos pesquisadores importantes (Clements 1916, Gleason 1926, Watt 1947, 1964, Noy-Meir & van der Maarel 1987, etc.), e embora todas tenham salientando aspectos relevantes, presentes em algumas comunidades, elas ainda não se converteram numa teoria geral capaz de convenientemente explicar a composição, a estrutura e a dinâmica dos vários tipos de comunidades vegetais existentes, incluindo-se aí muitos aspectos observados das florestas tropicais e subtropicais.

Talvez essa dificuldade resulte da falta de uma síntese que reúna eficientemente um grande número de observações ainda dispersas, ou talvez nenhuma teoria isoladamente possa explicar a multiplicidade de fenômenos observados nessas florestas, ou ainda porque não exista



efetivamente um único mecanismo geral aplicável a todas elas. No entanto, novas hipóteses ou teorias podem contribuir para tornar mais nítidos alguns aspectos já observados e qual a sua eventual contribuição para sua compreensão.

Um método tradicionalmente empregado na busca de um mecanismo explicativo para a existência e permanência de uma vegetação num dado local tem sido a identificação de um fator ou de fatores que preferencialmente estariam limitando ou condicionando a permanência das espécies na vegetação estudada. Identificado esse fator, procura-se compreender as suas características no ecossistema em questão e sua ação sobre a dinâmica das espécies locais, propondo-se então um modelo explicativo para a dinâmica de toda a comunidade.

Nas florestas tropicais e subtropicais úmidas ou méxicas, muitos estudos têm mostrado que as diferenças na disponibilidade de luz no chão da floresta podem afetar o crescimento e a sobrevivência de plântulas e indivíduos jovens das espécies arbustivo-arbóreas (Hartshorn 1978, Denslow 1987, Whitmore 1978, 1996) levando vários autores a considerar que os regimes de luz são o principal fator limitante à regeneração dessas espécies nessas florestas tropicais (Chazdon & Pearcy 1988).

Assim, nas últimas décadas, os estudos nesses ecossistemas têm se concentrado em entender o papel da luz como o principal fator responsável pela dinâmica dessas florestas, descrevendo-se as respostas e as adaptações das espécies arbustivo-arbóreas aos diferentes regimes de luz existentes na floresta (dossel, sub-bosque e clareiras), e de como a variação temporal desses regimes, durante a abertura e fechamento de clareiras, levaria simultaneamente à substituição de espécies num dado ponto da floresta e à manutenção de todas essas espécies na comunidade.

Dentro dessa perspectiva, Gandolfi (2000), estudando os regimes de luz em uma Floresta Estacional Semidecidual, constatou que plântulas próximas que viviam sob a copa de árvores perenes e decíduas do dossel estavam simultaneamente submetidas a diferentes regimes de luz, podendo então ter diferentes oportunidades de crescimento e sobrevivência dentro floresta. Estas oportunidades distintas determinadas pelos diferentes regimes de luz criados pelo tipo de cobertura a que cada planta está submetida no sub-bosque poderiam representar então um mecanismo complementar ao da dinâmica de clareiras, ajudando a melhor explicar a dinâmica da floresta.

No entanto, baseado não apenas nesses dados sobre regimes de luz, mas também sobre outros fatores ambientais existentes na literatura, Gandolfi (2000, 2003) sugeriu a hipótese de que as diferentes espécies de árvores do dossel de uma floresta criariam sob si não apenas distintos regimes de luz, mas também uma heterogeneidade física (luz, solo, temperatura, aleloquímicos etc.) e biológica (predação de sementes, alelopatia, fauna de solo, patógenos, microorganismos etc.), que agiria seletivamente sobre as sementes que chegam e as plântulas, jovens e adultos que se estabelecem sob as suas copas, funcionando assim como “filtros da biodiversidade”. Esse



mecanismo parcialmente determinaria a diversidade atual da regeneração arbórea e do dossel futuro da floresta.

Segundo essa hipótese existiria nas florestas tropicais ou sub-tropicais um outro mosaico, além daquele determinado pela dinâmica das clareiras, que condicionaria importantes processos da sua manutenção podendo eventualmente explicar alguns aspectos não desenvolvidos pelas teorias atuais.

Acredita-se assim, que, embora fatores aleatórios também possam atuar seletivamente sobre as plantas que estão sob uma dada árvore do dossel, a influência direta dessa árvore, que aí permanece por décadas, criando condições ambientais específicas sob a projeção de sua copa, seria hierarquicamente o primeiro, ou o mais importante fator determinante da comunidade de plantas que aí irão sobreviver.

Vale ressaltar aqui, que muitos autores como Weaver & Clements (1938), Tansley, (1946), Lodhi (1977) e outros, em diferentes épocas e de diferentes maneiras, já haviam observado ou sugerido que as espécies arbóreas determinariam os tipos de plantas que sobrevivem e crescem sob suas copas.

Esse capítulo procura explorar a idéia de que as árvores do dossel de uma floresta podem funcionar como “filtros da biodiversidade”, uma visão alternativa que pode ser empregada na formulação de projetos ou na análise de dados provenientes de estudos feitos com o uso de parcelas permanentes.

Cinco tópicos serão aqui abordados: a) evidências de que diferentes espécies de árvores do dossel criam condições ambientais distintas (abióticas e bióticas) sob si, e de que essas condições distintas selecionariam as comunidades de plantas que vivem sob cada árvore do dossel (efeito de filtro), b) possíveis mecanismos de ação desse efeito de filtro, c) as conseqüências teóricas e práticas do efeito de filtro, d) problemas relacionados à identificação da ação dos filtros ecológicos como conseqüência da idéia de “filtros da Biodiversidade”, e) síntese e perspectivas.

### 2.1.2. A heterogeneidade criada pelas árvores

Na discussão sobre a ação das árvores do dossel como filtros ecológicos, podemos reunir evidências dispersas em vários estudos, desenvolvidos em distintas formações florestais tropicais ou não. Espera-se construir aqui um conjunto de idéias que possibilite apontar uma visão alternativa, permitindo o planejamento de novas observações e experimentos.

#### 2.1.2.1. *As Espécies arbóreas como engenheiras físicas do ecossistema florestal*

O papel dos indivíduos arbóreos na construção e na manutenção das comunidades florestais há muito tempo tem sido observado (Zinke 1962, Lodhi 1977) ou proposto (Clements 1916, Watt 1964); no entanto, só com a proposição de Jones et al. (1997), uma percepção mais



completa desse papel emergiu. Estes autores chamaram a atenção para o fato de que as árvores, assim como muitos outros organismos vivos, atuam como “engenheiras físicas do ecossistema”, pois podem modificar, manter ou criar, pela sua própria existência e desenvolvimento, o ambiente que as circunda, provendo novos ambientes e condições que afetam positiva ou negativamente outras espécies.

Assim, causando mudanças físicas no componente biótico ou abiótico, direta ou indiretamente, as espécies, em seu papel de “engenheiras físicas do ecossistema” controlariam a disponibilidade de recursos para outros organismos.

À medida que uma árvore dentro da floresta se desenvolve e cresce até atingir o dossel, apropria-se do espaço no seu entorno e sua presença parcialmente molda o ambiente à sua volta. Sua copa intercepta a luz e amortece o impacto do vento e da chuva; a queda de frutos, folhas e ramos forma camadas mais ou menos espessas e persistentes de serapilheira, onde herbívoros e predadores de sementes se abrigam, e que ao se decomporem alteram de forma específica a composição local do solo superficial.

As espécies arbóreas enquanto “engenheiras” atuam de múltiplas formas, seja, por exemplo, fornecendo ao longo de toda a sua estrutura tridimensional substrato para epífitas, ou fornecendo abrigo para insetos, ou ainda reintroduzindo nutrientes na superfície do solo, e assim favorecendo ou desfavorecendo plantas herbáceas, plântulas de espécies arbustivo-arbóreas, e os macro e micro organismos presentes na serapilheira ou no solo, etc.

Evidências do efeito dessa “engenharia física” na caracterização do solo e na comunidade de plantas herbáceas sob *Quercus robur* no Canadá já foram descritas por Andersson (1991).

Muitos autores já descreveram esses efeitos das árvores das florestas sobre o ambiente e sobre outras espécies a elas associadas salientando a sua importância na dinâmica florestal (p. ex., Loddhi 1977, Denslow 1996, Ponge et al. 1998), o que sugere que a proposição aqui apresentada de que as árvores do dossel agiriam como “filtros da biodiversidade”, não é uma idéia nova, sendo talvez uma generalização de observações mais restritas que são recorrentes na literatura, e que provavelmente essa idéia se articula com muitas outras proposições semelhantes já apresentadas.

A seguir, iremos detalhar como cada árvore do dossel pode afetar o ambiente sob si, efeito esse que seria apenas uma consequência da “engenharia física” produzida por cada espécie presente no dossel.

### 2.1.3. A Heterogeneidade física criada pelas árvores do dossel

#### 2.1.3.1. Regimes de Luz

Muitos estudos têm mostrado que, dentro das florestas tropicais, existem diferentes regimes de luz e que eles variam entre as clareiras e o sub-bosque (Barton et al. 1989, Chazdon & Pearcy



1991, Turnbull & Yates 1993, Rich et al. 1993, Chazdon & Fetcher 1984, Torquebiau 1988, Lieberman et al. 1989, Canham et al. 1990, Whitmore et al. 1993) Essas diferenças de disponibilidade de luz entre clareiras e o sub-bosque podem diferentemente afetar a germinação de sementes, o crescimento e a sobrevivência de plântulas e de indivíduos jovens (Bazzaz & Pickett 1979, Válio & Joly 1979, Denslow 1987, Oberbauer et al. 1988, Canham 1989, Vázquez-Yanes & Orosco-Segovia 1990, Vázquez-Yanes et al. 1990, Chazdon & Pearcy 1991, Pearcy et al. 1994, Souza & Válio 2003, Válio 2003, Zoltz et al. 1996), de tal maneira que as espécies arbustivo-arbóreas teriam distintas capacidades de sobreviver e de tolerar esses diferentes regimes (Whitmore 1989, 1996).

Esses aspectos têm levado os autores a considerar que, não existindo restrição hídrica, e aparentemente não existindo restrições nutricionais, a disponibilidade de luz seria o principal fator limitante que determinaria a regeneração e a distribuição espacial das espécies arbustivo-arbóreas dentro das florestas tropicais chuvosas e méxicas (Chazdon 1988, Poorter et al. 2005).

Com o tempo, essas observações levaram a uma visão dicotômica da floresta, na qual dois microhabitats existiriam, as clareiras e o sub-bosque, e a uma separação genérica das espécies em tolerantes e intolerantes à sombra. Ambos os aspectos tornaram-se a base para a formulação de pesquisas e para o entendimento da dinâmica dessas florestas tropicais.

Alguns autores, como Canham (1989) e de Lieberman et al. (1989), já há algum tempo chamaram a atenção para fato de também existirem importantes variações na disponibilidade de luz entre trechos distintos do sub-bosque tanto em florestas temperadas como tropicais. No entanto, grande parte dos estudos tendeu a se concentrar nas diferenças mais evidentes de regime de luz entre as clareiras e o sub-bosque a elas vizinho, e assim, enquanto as clareiras de diferentes tamanhos foram vistas como sítios que criavam diferentes disponibilidades de luz (Denslow 1980, 1987, Whitmore 1996), o sub-bosque foi comumente tratado como sendo um local com condições de luz bastante homogêneas.

Mais recentemente, vários autores (Smith et al. 1992, Nicotra et al 1999, Gandolfi 2000) mostraram que os regimes de luz no subosque podem variar de acordo com as espécies do dossel, o que possibilitaria a distintas espécies ocupar esses diferentes locais (Terborgh & Mathews 1999, Agyeman et al. 1999, Kobe 1999, Montgomery & Chazdon 2002, Bloor & Gruub 2003, Poorter & Arets 2003, Souza & Válio 2003, Poorter et al. 2005).

No estado de São Paulo, Gandolfi (2000) mostrou que ao longo de um ano os regimes de luz no sub-bosque de uma Floresta Estacional Semidecidual diferiam tanto sob as copas de árvores decíduas e perenifólias do dossel quanto sob diferentes espécies decíduas. Por exemplo, o mais alto valor de densidade diária de fluxo de fótons fotossintéticos observado ao longo de um ano sob a copa de duas árvores decíduas do dossel, *Esenbeckia leiocarpa* Engl. e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F.Macbr., foram respectivamente,  $2,90 \text{ mol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  e  $7,39 \text{ mol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , valores similares àqueles observados em clareiras pequenas. Entretanto, a poucos metros de



distância dessas árvores, sob a copa de uma árvore perenifólia do dossel, *Pachystroma longifolium* (Ness) I. M. Johnston, esse máximo valor atingiu apenas  $0,62 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ .

A constatação de que nas florestas tropicais úmidas e húmidas existe uma grande heterogeneidade de regimes de luz no sub-bosque (intensidade de luz e composição espectral) e de que as espécies tolerantes à sombra podem responder diferentemente a esses regimes (Montgomery & Chazdon 2002, Carnevale & Montagnini 2002, Souza & Válio 2003) permite supor que nessas florestas cada espécie de árvore do dossel, possuindo arquitetura, fenologia e densidade de folhas distintas, devem alterar de forma específica a luz que atravessa as suas copas, contribuindo assim para que as diferentes espécies do dossel florestal atuem como “filtros da biodiversidade”.

#### 2.1.3.2. Solo

A influência individual de uma árvore sobre o solo sob sua copa já foi há muito tempo demonstrada em muitas florestas temperadas (Zinke 1962, Beatty 1984, Boettcher & Kalisz 1990, Moughalu & Awokunle 1994, Finzi et al. 1998), e mais recentemente em plantios puros e mistos em áreas temperadas e tropicais (Challinor 1968, Montagnini & Sancho 1990, Fisher 1995, Binkley 1995, Binkley & Giardina 1998, Carnevale & Montagnini 2001, Montagnini et al. 1994, Gama-Rodrigues 1999, Montagnini 2001, mas veja, Powers et al. 2004).

O grau e as características específicas da influência de cada espécie de árvore sobre o solo variam e são determinados pela quantidade e pela composição química da serapilheira depositada sobre o solo, pela morte de partes do sistema radicular sob o solo, pelos exudatos liberados pela planta e pela precipitação interna e escoamento pelo tronco da água da chuva ou da neblina que fazem chegar ao solo uma água com composição química e pH diferentes da precipitação atmosférica.

À medida que diferentes espécies arbóreas, em função das suas características ecofisiológicas específicas, absorvem e acumulam diferentes concentrações de nutrientes e outros elementos químicos nos seus tecidos, e que esses são continuamente devolvidos ao solo, cada uma das espécies arbóreas do dossel tende a acumular sob a projeção de suas copas diferentes concentrações de elementos químicos sob as camadas superficiais do solo.

Por sua vez, vários estudos mostram que sob diferentes concentrações de nutrientes, tanto espécies tolerantes ou intolerantes à sombra apresentam aumentos diferenciais de crescimento e de acúmulo de biomassa, tanto em condições de alta ou baixa irradiância (p.ex., Burslem et al. 1995, Lawrence 2003), sugerindo que as diferenças de disponibilidade de macro e micronutrientes sob diferentes espécies do dossel podem concorrer para uma sobrevivência diferencial de plântulas presentes sob cada uma delas.





### 2.1.3.3. Serapilheira

As variações nas características dos solos observadas sob diferentes espécies arbóreas têm origem tanto na interceptação e alteração da água da chuva que goteja ou escorre sob uma copa, como na deposição de serapilheira produzida pela própria árvore. No entanto, os efeitos desses processos não se refletem unicamente no solo local, mas podem interferir, direta ou indiretamente, em muitos processos que afetam a sobrevivência de sementes, plântulas e juvenis presentes sob cada árvore.

Por sua vez, Badre et al. (1998) demonstraram que numa Floresta Temperada Aluvial francesa a decomposição da serapilheira de uma liana perene, *Hedera helix* L., é alterada pela espécie de árvore do dossel que a recobre, podendo o efeito entre as espécies ser oriundo das diferenças de composição química da precipitação interna sob cada copa.

A serapilheira de uma dada espécie, seja por criar um tipo específico de impedimento mecânico ou químico à emergência de plântulas, ou por interceptar a luz de uma maneira específica pode ter um papel seletivo sobre a germinação de sementes ou a emergência e sobrevivência de plântulas de várias espécies. Por isso, muitos autores (e.g. Facelli e Pickett 1991), têm discutido a importância da serapilheira na estruturação das comunidades vegetais.

Uma das maneiras mais simples pelas quais o solo sob uma árvore pode ser alterado se dá pela deposição e decomposição da sua serapilheira, sob a projeção da sua própria copa. Essa deposição, em termos qualitativos, quantitativos e temporais, deve variar entre espécies, em função da combinação entre as características fenotípicas e genotípicas de cada indivíduo, do ritmo fenológico da espécie e das características do solo e clima locais.

Essas diferenças na estrutura da serapilheira podem ser facilmente observadas quando comparamos espécies de folhas simples e compostas bipinadas, por exemplo. Aidar & Joly (2003), comparando a produção da fração foliar de quatro espécies arbóreas presentes em florestas ciliares e suas contribuições na transferência de nutrientes para o solo, mostraram que elas podem diferir marcadamente.

Em um estudo feito em uma Floresta Temperada Mista no Japão, Hirabuki (1991) constatou que cerca de 64% da serapilheira depositada sobre o solo era predominantemente composta por folhas vindas do dossel, e que o padrão observado tendia a corresponder à estrutura desse estrato. Constatou ainda que, para as principais espécies do dossel, esse mosaico de manchas formado pela serapilheira depositada sobre o chão da floresta correspondia às posições de suas copas.

Embora não se tenha encontrado na literatura referente a florestas tropicais úmidas e estacionais, dados semelhantes sobre a distribuição da serapilheira em relação à posição das árvores do dossel, acredita-se que nessas florestas a maior parte da serapilheira produzida por



cada árvore do dossel tenda a se depositar sobre a projeção da sua copa, salvo em áreas de maior declividade ou vento.

Contudo, a deposição de serapilheira sob uma dada árvore do dossel deve ser também, em parte, proveniente das outras árvores do dossel vizinhas a essa, sobretudo daquelas estejam muito próximas, sejam decíduas ou tenham copas muito densas.

Apesar disso, pode-se supor que a repetida deposição de serapilheira de uma dada árvore sob sua copa, ao longo de décadas, mais do que aquela proveniente de árvores vizinhas, seja a principal responsável pelos efeitos físicos e biológicos resultantes dessa deposição que ocorram na projeção dessa copa.

A serapilheira depositada sobre o solo pode reduzir, em maior ou menor grau, a variação da sua temperatura (Molofsky & Augspurger 1992), podendo interferir no aquecimento e evaporação da água do solo, além da germinação de sementes termossensíveis.

Vázquez-Yanez et al. (1990) demonstraram que as folhas da serapilheira inibem fortemente a germinação de sementes de espécies fotoblásticas positivas, mostrando que a serapilheira atua como um filtro para certas espécies em Florestas Tropicais Úmidas.

Em sua revisão, Wardle & Lavelle (1997) chamaram a atenção de que é crítico para o papel da qualidade da serapilheira para regular a biota do solo (macro e microorganismos), a natureza das interações das espécies aí presentes e a extensão através da qual essa biota facilitaria a decomposição da própria serapilheira. De acordo com esse autores, a relação entre a qualidade da serapilheira e os microorganismos é bem conhecida, sendo, por exemplo, positivos os efeitos da disponibilidade de nitrogênio no desenvolvimento da microflora e negativos os efeitos da presença de compostos como taninos.

Para Denslow (1996), por exemplo, a serapilheira de palmeiras e leguminosas do dossel poderia causar efeitos diferentes na dinâmica florestal, pois os altos teores de nitrogênio presentes na serapilheira das leguminosas levariam a uma taxa mais rápida de decomposição e de liberação de nutrientes, enquanto a serapilheira das palmeiras, sendo muito mais fibrosa, apresentaria taxas baixas de decomposição, contribuindo assim para a mortalidade de plântulas e a supressão da germinação.

Charpentier et al. (1995), citados por Wardle & Lavelle (1997), trabalhando com duas espécies arbóreas na floresta amazônica da Guiana Francesa, mostraram que minhocas endogênicas estavam ausentes da serapilheira produzida de *Dicorynia guianensis* que apresentava um alto conteúdo de complexos polifenólicos, que seqüestravam mais de 80% do nitrogênio da serapilheira. Ao contrário, essas minhocas formavam manchas claramente delimitadas ao pé dos indivíduos de *Qualea* sp., cuja serapilheira, que apresentava baixos níveis de complexos fenólicos e altos teores de alumínio, se acumulava e se decompunha rapidamente.



Wardle & Lavelle (1997) afirmaram que os efeitos de árvores individuais não seriam incomuns e concluem que podem resultar na formação de um mosaico de unidades com diferentes comunidades de animais e taxas de decomposição no chão da floresta.

Já Metcalfe & Turner (1998), estudando uma Floresta Pluvial em Singapura, mostraram que a escarificação pelo solo e/ou alterações na espessura da camada de serapilheira podem afetar a germinação de sementes muito pequenas ou reduzir o número de plântulas que emergem, sugerindo ainda que algumas espécies demandariam “clareiras na serapilheira” para germinar.

Molosky & Augspurger (1992), estudando o efeito da quantidade de folheto no estabelecimento inicial de espécies numa Floresta Semidecídua Tropical no Panamá, constataram que a presença da serapilheira afetou cinco das seis espécies testadas, mas que a natureza e a magnitude do efeito observado foram específicas para cada uma das espécies, sendo algumas mais pela presença da serapilheira na germinação e outras apenas no período de emergência das plântulas. Esses autores citam ainda vários estudos que permitem concluir que as folhas de diferentes espécies podem-se decompor a diferentes taxas, adicionando ainda mais heterogeneidade espacial à distribuição da serapilheira, e que a distribuição espacial e a quantidade de serapilheira influenciariam o recrutamento das espécies.

Estudando o papel da serapilheira na proteção das sementes e das plântulas da palmeira *Astrocaryum murumuru* e da leguminosa arbórea *Dipteryx micrantha* contra a predação, Cintra (1997) concluiu que, nos sítios onde havia serapilheira, a sobrevivência das sementes de ambas as espécies foi maior do que sobre o solo nu. Esse autor notou também que a serapilheira não afetou a sobrevivência das plântulas de *Dipteryx micrantha*, mas um maior número de plântulas de *Astrocaryum murumuru* sobreviveu quando havia uma camada mais rasa de serapilheira.

Esse conjunto de trabalhos indica que diferentes tipos de serapilheira pela sua estrutura, espessura, qualidade, composição química e decomposição, entre outros aspectos, podem criar diferentes microhabitats de regeneração dentro da floresta e que diferentes espécies podem apresentar respostas positivas ou negativas em relação a eles.

Dessa forma, uma vez que existem diferentes serapilheiras sob diferentes árvores do dossel e as espécies respondem diferentemente a eles, pode-se esperar que a interação entre esses dois aspectos resulte numa alteração das proporções relativas das espécies que regeneram numa área em função da composição do dossel, com conseqüentes reflexos na diversidade da floresta.

#### 2.1.3.4. *Biota do solo*

Crescente atenção tem sido dada à ação dos macro e microorganismos do solo na estruturação das comunidades florestais (Lavelle et al. 1993, Lodge et al. 1994), tanto pela ciclagem de nutrientes quanto pela ação como patógenos (Dobson & Crawley 1994, Castello et al. 1995), inclusive em relação ao efeito da dicotomia clareira/sub-bosque na ação desses patógenos sobre as espécies florestais.



Na medida em que as árvores numa floresta influenciam o solo na projeção de suas copas, esse padrão em manchas produzido por elas influencia a presença, a abundância, a distribuição espacial e os processos determinados pelos macro e microorganismos do solo (p.ex. decomposição, ciclagem de nutrientes) (Wardle & Lavelle 1997).

Tem-se demonstrado que nas florestas tanto os microorganismos quanto parte da fauna do solo (nematóides, microartrópodos, minhocas, etc.) apresentam uma distribuição espacial que tende a reproduzir a zona de influência das árvores (Boettcher & Kalisz 1990, 1991, Ettema & Wardle 2002), embora a agregação espacial dos organismos do solo também seja influenciada por processos populacionais como dispersão, reprodução e competição.

Por sua vez, essa tendência de agregação dos organismos no solo pode afetar a distribuição de nutrientes, favorecendo (micorrizas, fixadores de nitrogênio) ou desfavorecendo (patógenos) a sobrevivência das plantas, influenciando, desse modo, a própria distribuição espacial das plantas na floresta.

Na Suécia, numa floresta dominada por *Picea abies* e *Betula pubescens*, os microorganismos do solo apresentaram um padrão de distribuição espacial provavelmente influenciado pela posição de ambas as árvores (Saetre & Bääth 2002).

Afetando diretamente sementes, plântulas e indivíduos adultos, ou indiretamente herbívoros, polinizadores e dispersores de sementes, os patógenos podem alterar a composição de espécies, a diversidade e taxa e a direção do processo sucessional em comunidades vegetais (Dobson & Crawley 1994, Castello et al. 1995).

Esse efeito dos patógenos poderia, por exemplo, afetar a distribuição espacial de certas espécies de árvores. Packer & Clay (2000) mostraram que plântulas de *Prunus serotina* apresentavam grande mortalidade quando eram cultivados com solo coletado sob essa espécie, mas não eram afetadas quando plantadas com solo coletado distante dela, um efeito atribuído a fungos patogênicos associados a essa espécie arbórea.

Num estudo sobre a padrões e causas de mortalidade de plântulas de nove espécies arbóreas do dossel numa floresta semidecídua do Panamá, mostrou-se que a mortalidade causada por doenças era alta em três espécies, média em três e baixa em duas, e que em seis dessas espécies os patógenos eram a maior causa de mortalidade das plântulas (Augspurger 1984). Nesse mesmo estudo, foi possível observar que, para oito das nove espécies avaliadas, a proporção de plântulas sobreviventes cresceu com o aumento da distância das plântulas em relação aos indivíduos parentais, indicando que os patógenos podem ter uma importante influência na determinação do padrão espacial de algumas espécies.

Um outro aspecto que revela a importância do padrão espacial entre microorganismos e árvores pode ser visto nas florestas de dipterocarpaceas na Malásia. Em contato com as raízes de árvores maduras da mesma espécie, as plântulas de *Shorea leprosula* Miq. se infectam com ectomicorrizas em apenas 20 dias após a germinação, enquanto, se mantida isolada do contato



de árvores maduras dessa espécie, pode permanecer no campo não infectada por mais de seis meses (Alexander et al. 1992).

Portanto, parece possível esperar que em Florestas Estacionais Semidecíduais possa haver um padrão diferencial de ação dos patógenos que atacam plântulas, mediada pela dicotomia sub-bosque sob dossel perenifólio/sub-bosque sob dossel decíduo.

#### 2.1.3.5. Aleloquímicos

Os padrões espaciais observados em campo geralmente fornecem indícios importantes da existência de processos alelopáticos. Em certos casos, tanto sob a copa quanto no entorno de uma planta alelopática, formam-se zonas de inibição do crescimento (Inderjit e Callaway 2003), onde se observa uma menor densidade de indivíduos ou mesmo a ausência de determinadas espécies.

As interferências mais comuns decorrentes do processo alelopático incidem sobre a germinação e o crescimento tanto da parte aérea quanto do sistema radicular das plântulas (Rice 1984, Larcher 1995, Crawley 1997), afetando o sucesso do estabelecimento dos indivíduos. Como consequência, podem ocorrer alterações na densidade, dominância e padrão espacial das populações, bem como na diversidade da comunidade (Rice 1984, Chou 1999).

Apesar das dificuldades em se estabelecer se o efeito alelopático de espécies arbóreas sobre outras espécies vegetais é decorrente da liberação dos aleloquímicos através da exudação das raízes, da decomposição da serapilheira, da lixiviação desses compostos pela água da chuva ou mesmo da volatilização, vários estudos têm demonstrado a existência desses efeitos em espécie arbóreas florestais (Loddhi 1977, Loddhi & Jonhson 1989, Campbell et al. 1989, Borges et al. 1993, Gonzáles et al. 1995).

Borges et al. (1993), por exemplo, avaliando experimentalmente o efeito de folhas decompostas de quatro espécies arbóreas na germinação de uma planta-teste, observaram que todas as espécies testadas reduziam a germinação das sementes, mas que o grau da redução variava entre as espécies.

Recentemente, estudando os padrões da ocupação de espécies arbóreas sob as árvores do dossel em um trecho de Floresta Estacional Semidecídua na parcela permanente da Estação Ecológica dos Caetetus, observou-se que, dentre as espécies do dossel, o guarantã (*Esenbeckia leiocarpa* Engl.) destacava-se das demais pela composição e abundância de indivíduos abaixo de si (F. M. Souza et al., dados não publicados). Esse fato, juntamente com a informação de que as folhas de *E. leiocarpa* apresentam alcalóides e cumarinas (Delle Monache et al. 1989, Delle Monache et al. 1990, Nakatsu et al. 1990, Michael 1993) e com o conhecimento do potencial alelopático desses compostos (Whittaker e Feeny 1971, Rice 1984, Michael 1993, Larcher 1995), despertou a idéia de que essa espécie pudesse ser alelopática e apresentar algum tipo de interferência negativa sobre outras espécies arbóreas na floresta.



Com isso, avaliou-se em experimentos conduzidos em laboratório o potencial alelopático de folhas e cascas de *E. leiocarpa* sobre plantas-teste de alface (*Lactuca sativa* L.). Os resultados confirmaram a existência desse potencial, dado que os extratos de folhas reduziram a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes de alface, além de causarem anormalidade e reduzirem o crescimento das plântulas. Os extratos de casca também produziram efeitos negativos sobre a velocidade de germinação e o crescimento das plântulas, sendo que os danos foram sempre menores do que os causados pelo extrato de folhas (F. M. Souza et al., dados não publicados). Estes resultados fornecem um importante indicativo de que, caso esse fenômeno se repita em ambientes naturais, a presença de *E. leiocarpa* pode causar prejuízos a outras espécies de plantas, afetando o padrão de distribuição das espécies na comunidade.

#### 2.1.4. Outros aspectos

Se a dispersão de sementes de uma espécie arbórea tendesse a se localizar preferencialmente sob a sua planta-mãe e a mortalidade das plântulas ocorresse ao acaso, uma distribuição espacialmente agregada das plântulas e de jovens seria esperada. No entanto, de acordo com a hipótese de Janzen–Connell (Janzen 1970, Connell 1971), em função da maior propagação de doenças entre indivíduos próximos e ao aumento de herbívoros específicos e patógenos quando há maior densidade de hospedeiros, o recrutamento e a sobrevivência nas proximidades da planta-mãe ou de outros indivíduos vizinhos coespecíficos tenderiam a ser menores.

Essa mortalidade dependente da densidade teria como consequência uma redução da densidade de cada espécie junto a seus parentais, disponibilizando assim espaço e recursos para o estabelecimento de outras espécies, com exigência de recursos semelhante, mas não suscetíveis aos mesmos inimigos naturais. Por fim, isso resultaria na coexistência entre espécies arbóreas nas florestas tropicais.

Isso mostra a importância que patógenos específicos, herbívoros e predadores podem ter sobre o estabelecimento de novos indivíduos no interior da floresta.

Embora não atuando da maneira prevista pela hipótese de Janzen-Connell, já que as espécies do dossel no entorno de uma dada árvore-filtro podem ser permeáveis ou impermeáveis às sementes e plântulas dessa árvore, pode-se inferir também que, dentro da visão de “filtros da biodiversidade”, a atuação de patógenos específicos, herbívoros e predadores pode ser um importante componente da permeabilidade ou impermeabilidade de cada espécie-filtro sobre várias espécies-alvo.

Cada árvore do dossel, como qualquer outro indivíduo dentro da floresta, funciona como um anteparo, obstruindo mecanicamente a dispersão de propágulos e conseqüentemente interferindo na deposição de sementes e frutos sob sua copa. Embora a arquitetura, a dimensão e a altura da copa e a densidade da folhagem possam interferir em maior ou menor grau nessa interceptação, a



deposição é na realidade menos dependente desse aspecto do que das características específicas dos propágulos de árvores autocóricas e anemocóricas que sejam vizinhas a uma árvore-filtro.

Em resumo, considerando a chuva de sementes sob uma dada árvore-filtro, grande parte dos propágulos aí depositados não guardariam nenhuma relação direta com ela, sendo apenas um produto de vizinhança, sobretudo em relação a sementes autocóricas, anemocóricas e barocóricas. Todavia, diferentes espécies-filtro endozoocóricas podem oferecer diferentes recursos alimentares para diferentes tipos de dispersores de sementes. Esses recursos, oferecidos em diferentes abundâncias, por tempos distintos e em diferentes épocas do ano, podem atrair uma fauna variada para as copas dessas espécies, que podem funcionar como locais de pouso e alimentação, sob as quais, via regurgitação ou defecação, muitas sementes podem ser depositadas. Disso decorre que a chuva de sementes sob cada árvore endozoocórica do dossel pode ser, em parte, específica e também contribuir para um efeito de filtro (p. ex., Parrota 1995, Parrota et al. 1997, Wunderle 1997).

Por muito tempo, grande importância foi dada ao papel da competição no processo de organização das comunidades (Clements et al. 1926, Connell 1983, Casper & Jackson 1997). Mais recentemente, o papel das interações positivas em plantas vem sendo cada vez mais enfatizado (Hunter & Aarsen 1988, Callaway 1995, 1997, Withgott 2000, Bruno et al. 2003), sugerindo que a facilitação pode ter a mesma importância que a competição nesse processo. As interações positivas e negativas freqüentemente atuam simultaneamente e sobre os mesmo indivíduos, de tal forma que a resultante, positiva ou negativa, da presença de uma árvore do dossel sobre as plantas que regeneram sob si provavelmente dependerá do balanço entre competição e facilitação que devem estar atuando (veja Callaway & Walker 1997, Pugnaire & Luque 2001).

O efeito das árvores-berçário (nurse-plants) e o impacto na facilitação do desenvolvimento de plantas sob elas é bastante conhecido (Vieira et al. 1994, Fulbright et al. 1995, Callaway 1995), sendo considerado por muitos autores (p.ex., Tewksbury & Lloyd 2001) como um processo mais freqüente e importante em ambientes com condições ambientais adversas, como regiões áridas, semi-desérticas ou desérticas do que em condições mais mésicas, nas quais as interações competitivas predominariam.

Embora as florestas tropicais e subtropicais úmidas e chuvosas não possam ser consideradas ambientes drásticos, o efeito esperado das árvores do dossel como filtros da biodiversidade se assemelharia em parte ao efeito das plantas-berçário.

Pode-se perguntar se uma possível condição de estresse não estaria passando despercebida nesses ecossistemas, pois no chão dessas florestas, plântulas recém-germinadas estão efetivamente submetidas a níveis de radiação fotossinteticamente ativa muito baixos, ou seja, sob um forte estresse fótico. Assim, germinar sob diferentes espécies do dossel pode



significar estar sob maior ou menor estresse fótico, dependendo das características de interceptação de luz de cada espécie-filtro, com espécies mais permeáveis funcionando, talvez, como berçários.

Pode-se esperar ainda que não somente os aspectos já salientados sejam os únicos ou mais importantes na determinação do efeito de filtro, existindo provavelmente muitos outros que não foram ainda discutidos, mas que podem igualmente estar atuando no mesmo sentido (p.ex., a disponibilidade diferencial de água sob diferentes árvores do dossel, etc.).

Sem dúvida, outros fatores seletivos atuam sobre as plantas que se instalam sob uma árvore do dossel, que não são por ela determinados. Todavia, parece também provável que, hierarquicamente, seja a ação direta ou indireta das condições criadas por essa árvore, que permanece por um longo período influenciando um mesmo ponto da floresta, o primeiro ou o mais importante fator determinante da composição das espécies que permanecem sob a sua copa.

#### 2.1.5. Os possíveis mecanismos de ação do efeito de filtro.

A idéia de que as árvores do dossel agiriam com “filtros da biodiversidade” está subentendida em muitos estudos presentes na literatura e não contraria a idéia de um ciclo de crescimento florestal (Whitmore 1975), sendo, ao contrário, complementar a ela.

O efeito de espécies arbóreas do dossel no padrão espacial de plantas que crescem sob sua influência já foi observado por autores como Weaver & Clements (1938) e Tansley (1946), e evidências desse efeito já foram descritas em plantios homogêneos ou em algumas Florestas Temperadas. (Ovington 1955, Beatty 1984).

Para Grime (1997), haveria um corpo crescente de evidências experimentais que dão suporte à hipótese de que as propriedades do ecossistema são fortemente afetadas pelas características das suas plantas dominantes. Existiriam, segundo ele, poucas dúvidas de que as espécies de plantas que habitualmente dominam certas comunidades exercem controle sobre a aptidão das suas espécies subordinadas. Todavia, parece também que, a longo prazo, há um potencial de as plantas subordinadas e a cobertura do solo agirem como um filtro seletivo sobre as dominantes potenciais que regeneram após uma perturbação da comunidade, tal como a abertura de uma clareira na floresta. Evidências da ação de algumas espécies vegetais como filtros ecológicos já foram relatadas tanto em florestas temperadas quanto em florestas tropicais.

Mais recentemente, George & Bazzaz (1999 a,b) propuseram que o estrato herbáceo e arbustivo de uma floresta podem funcionar como importantes filtros ecológicos em florestas tropicais e temperadas, influenciando a composição e a estrutura do dossel. Através de estudos realizados em florestas decíduas em Massachusetts (USA), esses autores demonstraram que samambaias (*Dennstaedtia* e *Osmunda*) que dominam trechos do sub-bosque dessas florestas atuam como filtros ecológicos em relação a plântulas de espécies do dossel. De acordo com esses autores, a presença de um sub-bosque bem desenvolvido de samambaias influencia o





ambiente ao nível do chão, de maneira a levar a uma redução diferencial na emergência, no estabelecimento, no crescimento e na sobrevivência de plântulas de espécies arbóreas do dossel. Essa redução diferencial seria o mecanismo através do qual esse sub-bosque de samambaias poderia agir como um filtro ecológico.

Esse processo, no entanto, não agiria de forma homogênea sobre as espécies arbóreas, de forma que, enquanto em alguns casos a redução dos níveis de luz provocado pela presença dessas samambaias poderia ser o fator que determinaria a redução na emergência de algumas espécies, em outros, os níveis mais elevados de predação a que estariam sujeitas certas espécies quando sombreadas pelas samambaias seria a causa das reduções observadas.

Esses autores demonstraram ainda que esse efeito de filtro pode determinar quais indivíduos e espécies sobreviveriam em diferentes condições presentes no sub-bosque, e que a seletividade desse filtro poderia influenciar a densidade, a composição e os padrões espaciais de distribuição de plântulas de espécies do dossel no sub-bosque dessas florestas, inclusive com possíveis conseqüências na determinação do futuro dossel da área.

Já Peters et al. (2004) observaram que a morte e a queda de folhas da palmeira *Irartea deltoides*, uma espécie do dossel presente em quase todas as florestas do oeste da Amazônia, podem causar grande impacto sobre a composição e a estrutura da comunidade de juvenis presentes nas suas proximidades, selecionando algumas espécies e agindo assim, como um filtro ecológico.

Várias evidências sugerem que uma dada espécie arbórea do dossel pode produzir um conjunto peculiar de condições ambientais (luz, serapilheira, solo, herbivoria, etc.), resultando na presença de um ou mais microsítios sob a projeção da sua copa, que seriam favoráveis ou não à presença e sobrevivência de uma ou mais espécies vegetais.

Portanto, cada árvore do dossel poderia funcionar como uma membrana semipermeável, ou filtro (espécie-filtro), em relação às espécies vegetais cujas sementes sejam depositadas sob a projeção de sua copa (espécies-alvo).

Entre as espécies-alvo presentes numa floresta tropical ou sub-tropical, é normalmente grande a variabilidade de respostas ecofisiológicas às condições abióticas, à resistência a predadores, herbívoros e patógenos, à dependência de microorganismos, etc. Parece provável que muitas das condições criadas por diferentes espécies-filtro estejam dentro da amplitude de respostas de muitas espécies-alvo, o que resultaria serem várias espécies-filtro semelhantes ou mesmo idênticas no que se refere a uma ou várias espécies. Nesse sentido, pode-se esperar que várias espécies-filtro do dossel sejam igualmente permeáveis a uma dada espécie-alvo.

De forma semelhante, várias espécies do dossel poderiam criar condições desfavoráveis para dadas espécies-alvo, que então não ocorreriam sob suas copas mesmo que suas sementes alcançassem esses locais, sendo essas espécies-filtro, na prática, impermeáveis a elas.



O efeito de filtro de uma espécie do dossel sobre uma dada espécie-alvo provavelmente é distinto se o indivíduo-alvo é uma semente, plântula, jovem ou adulto. Portanto, pode-se supor que a eliminação, parcial ou total, de uma espécie-alvo possa se dar em vários momentos ao longo de sua vida, podendo a sua permanência depender da fase de vida considerada. Assim, sob uma dada espécie-filtro, certas espécies-alvo sequer germinariam, enquanto outras poderiam atingir a fase de plântula, mas não atingir a fase juvenil.

Parece importante considerar também que essas interações poderão variar de acordo com a ocorrência de distúrbios, que podem modular, em certo grau, essa permeabilidade ou impermeabilidade de uma espécie-filtro.

Por exemplo, se a deciduidade de uma árvore do dossel é concomitante a déficits hídricos inverniais, o efeito da deciduidade da copa pode expor as plântulas situadas sob ela a um forte estresse, que pode levar algumas delas à morte (Gandolfi, 2000).

Todavia, em anos mais chuvosos, essa perda de folhas pode não estar associada a um período de estresse hídrico, de tal maneira que as plântulas expostas a altos níveis de radiação solar poderiam nesse ano específico sobreviver. Essas plântulas, superando nesse ano um tamanho crítico, sob uma espécie-filtro que normalmente não lhes é desfavorável, podem agora atingir um porte tal que lhes permita sobreviver às próximas estações secas, podendo assim estar presentes sob uma dada espécie-filtro que normalmente lhes seria impermeável.

Entre a permeabilidade e a impermeabilidade total, provavelmente existem espécies do dossel apenas parcialmente permeáveis a uma dada espécie-alvo, podendo essa espécie ocorrer sob suas copas apenas em circunstâncias excepcionais.

Em resumo, uma espécie-filtro poderia ser classificada, em relação a uma espécie-alvo sob sua copa, como:

- impermeável: quando sementes viáveis de uma dada espécie-alvo depositadas sob a copa de uma espécie-filtro não consigam ali germinar, ou quando suas plântulas não consigam sobreviver, podendo apenas estar momentaneamente presentes sob a espécie-filtro, até serem eliminadas. Um exemplo de impermeabilidade seria a não-germinação de sementes, ou a baixa sobrevivência de plântulas de espécies pioneiras sob a projeção da própria copa de suas árvores-mãe, ou sob outras árvores do dossel;
- totalmente permeável: quando sementes viáveis de uma dada espécie-alvo depositadas sob a copa de uma espécie-filtro são capazes de germinar e as plântulas são capazes de se estabelecer e desenvolver-se até a maturidade reprodutiva. A espécie-alvo poderia apresentar assim, grande presença, sobrevivência e abundância sob a espécie-filtro.
- parcialmente permeável: quando sementes viáveis de uma dada espécie-alvo depositadas sob a copa de uma espécie-filtro apenas eventualmente conseguem aí germinar, e poucas plântulas e juvenis podem permanecer. Neste caso, a porcentagem de sobrevivência da espécie-alvo sob a espécie-filtro seria menor que sob a copa de



uma espécie permeável, sua presença seria então esporádica e sua abundância menor sob a espécie-filtro, mesmo que essas espécies sejam vizinhas.

O uso dessas definições tem algumas conseqüências importantes, como por exemplo a necessidade de observações contínuas para que se possa estabelecer qual o tipo de relação existente entre os pares de espécies em consideração, uma vez que a ausência de uma espécie-alvo sob uma árvore do dossel não implica em impermeabilidade, pois essa ausência pode decorrer apenas da ausência de deposição de sementes da primeira espécie sob a segunda.

Considerando-se que as sementes de várias espécies-alvo possam chegar sob a projeção da copa de uma árvore-Filtro, podemos esperar que, para algumas dessas espécies-alvo, a espécie-filtro seja permeável, para outras seja parcialmente permeável, e para ainda outras, impermeável. Disso resulta que nem todas as espécies que chegam sob uma dada espécie-filtro poderiam aí sobreviver, sendo esperada uma diferença entre a composição da chuva de sementes, do banco de sementes, das plântulas, dos jovens e dos indivíduos adultos que seriam observados sob a copa de uma árvore-Filtro (Vieira, 2004).

O mesmo raciocínio, quando aplicado simultaneamente a várias espécies-filtro, sugere que serão encontradas diferenças na composição e na estrutura da comunidade de plântulas presentes sob elas. Quanto às espécies-alvo, elas poderiam estar sob algumas espécies-filtro e não sob outras, ser abundantes sob umas e esporádicas sob outras, etc..

Ambos os padrões poderiam ser observados nas florestas tropicais e sub-tropicais, mas isso não comprovaria por si só a existência de um efeito de filtro atribuído às árvores do dossel, pois ainda que todas as espécies-filtro apresentassem iguais características de permeabilidade ou impermeabilidade, poder-se-ia ainda observar esses padrões sob elas, bastando apenas que a chuva de sementes variasse.

Outro aspecto a ser considerado é que nem a mortalidade ocorrida sob uma dada espécie-filtro decorre diretamente desta, podendo apenas resultar de outros fatores, tais como uma predação esporádica, ou da ocorrência de um distúrbio natural.

Vale, no entanto, salientar a que mortalidade de plântulas dependente da densidade de indivíduos da mesma ou de diferentes espécies que competiriam entre si, muitas vezes considerada o fator explicativo da presença ou ausência de indivíduos num dado local da floresta, seria, de acordo com a hipótese aqui apresentada, apenas um efeito secundário, dado que primeiramente foi preciso que a árvore do dossel que recobre os indivíduos em competição fosse permeável a eles, sem o que a competição entre certas espécies não poderia ocorrer.

Vê-se assim, que a hipótese aqui apresentada abre interessantes perspectivas para a predição da composição florística, estrutura e padrão espacial das espécies arbustivo-arbóreas numa floresta. No entanto, a transição entre essa formulação teórica e a obtenção de evidências a seu favor depende de um longo caminho.



Nas últimas duas décadas e meia, a discussão sobre a regeneração das florestas tropicais tem sido focada principalmente no processo de abertura, ocupação e fechamento de clareiras e no desenvolvimento de espécies arbóreas pertencentes a grupos ecológicos distintos, adaptados a diferentes regimes de luz (Whitmore 1989, 1996), uma perspectiva que reduz as possíveis explicações dos padrões observados a uma relação unicausal, a luz.

Alternativamente, ao se tentar pesquisar e discutir a regeneração das florestas tropicais e subtropicais em termos de “filtros de biodiversidade”, passa-se a uma abordagem multicausal, onde a sobrevivência e o desenvolvimento de plântulas e jovens situados sob diferentes árvores do dossel poderiam, em cada caso, ser determinados por fatores abióticos e bióticos distintos, associados a cada uma dessas árvores.

Neste contexto, cada espécie de árvore do dossel representaria uma variável sintética e integradora dos múltiplos fatores (luz, nutrientes, patógenos, alelopatia, etc.) associados a ela, que agiriam sobre sementes, plântulas e jovens.

Apesar de essa hipótese estar sendo aqui apresentada, uma teoria completa e mais abrangente talvez possa ser obtida mais adiante quando dados estiverem sendo produzidos diretamente para tentar comprová-la, tal qual se tem observado com os estudos sobre dinâmica de clareiras.

Por exemplo, a serapilheira que cai sob uma determinada árvore recebe, em maior ou menor grau, a contribuição das árvores do seu entorno (C.B. Rodrigues, comunicação pessoal). Portanto, os efeitos da serapilheira sobre a regeneração e o solo sob diferentes pontos na projeção da copa de uma árvore poderiam variar espacialmente, dependendo de qual é a árvore vizinha ao local considerado, e qual é a contribuição quantitativa e qualitativa da sua serapilheira nesse ponto.

Seguindo esse raciocínio, pode-se perguntar até que ponto o “efeito filtro” de uma dada árvore depende só dela, ou esse efeito depende também das árvores presentes no seu entorno, pois também contribuiriam para o efeito final.

Num extremo, pode-se pensar que cada árvore do dossel será um filtro específico e único, dada a especificidade do conjunto de espécies que compõe o seu entorno direto, e no outro extremo, que o caráter determinante do efeito de filtro se dá por condições resultantes da espécie-filtro, independentemente da variação do seu entorno direto, uma situação que deve ser mais comum em espécies alelopáticas.

Seja por causa da serapilheira, ou de outro fator, como a luz, a condição sob a projeção da copa de uma árvore do dossel depende também parcialmente da sua vizinhança imediata, o que sugere uma outra questão a ser pesquisada. Sabendo-se que dentro da floresta os indivíduos de uma dada espécie-filtro possuem diferentes vizinhanças, será efetivamente possível observar um padrão de ação definido para cada espécie-filtro do dossel?



Feitas essas observações, a visão mais geral da dinâmica florestal que se pode até aqui oferecer está relacionada a essa hipótese e à que se segue.

O elemento principal da dinâmica florestal seria a árvore do dossel, sob a qual instala-se uma comunidade de plântulas, juvenis e adultos jovens que constituirá grande parte da biodiversidade de uma floresta e parte da qual irá compor, no futuro, o dossel após as fases transitórias de clareira e preenchimento.

A heterogeneidade existente sob a projeção da copa de uma dada árvore do dossel não resulta apenas do seu papel de engenheira física, que cria, mantém e altera habitats, depende também da interferência das árvores do dossel que lhe são vizinhas e se justapõem a ela formando o seu entorno direto.

Uma árvore que vive na floresta por um longo tempo, por exemplo 80 ou 150 anos, e permanece no dossel por mais da metade desses anos, interferirá mais amplamente nas condições de luz, umidade, temperatura e solo sob si; entretanto, durante o mesmo período, as árvores no seu entorno poderão variar com a mortalidade, o surgimento e o fechamento de clareiras ao longo da sua permanência nesse local.

Pode-se considerar então que uma dada árvore do dossel, e também as demais árvores do dossel que compõem o seu entorno imediato, seja um importante foco de análise da dinâmica florestal.

Nesse contexto, cada espécie do dossel produziria um efeito de filtro específico para as espécies que regeneram sob si; no entanto, esse filtro não seria totalmente idêntico entre indivíduos da mesma espécie, uma vez que entre eles divergiria o conjunto de espécies que se encontra no seu entorno.

Assim, o dossel de uma floresta seria um conjunto de filtros resultantes das peculiaridades de cada espécie que atualmente o compõem e da vizinhança que cada árvore tem no seu entorno e as espécies presentes no sub-bosque tenderiam a se distribuir de acordo com as características de permeabilidade ou impermeabilidade que cada espécie-filtro apresenta em relação a cada espécie-alvo, e das limitações de dispersão que cada espécie apresenta.

Quando uma árvore morre e forma uma pequena clareira, a sua morte significaria a desapropriação de um espaço antes construído por essa árvore, e parte dos efeitos dessa construção permaneceriam ainda no local por algum tempo.

Quando várias árvores morrem gerando uma clareira múltipla haveria a desapropriação e desconstrução de vários espaços, decorrentes da queda dessas várias árvores, gerando um clareira muito mais heterogênea dado um efeito residual múltiplo proveniente de cada espécie.

O surgimento de uma clareira marca o aparecimento de um filtro distinto do que até então existia, até que um novo conjunto de espécies iniciem um processo de ocupação do espaço agora aberto.



A nova construção provavelmente será por espécies pioneiras num processo que deve variar de acordo com as espécies presentes, por exemplo, *Cecropia* spp., *Solanum* spp., ou *Trema micrantha*.

Na medida em que muitas espécies presentes no sub-bosque, hoje submetidas aos filtros que atualmente compõe o dossel atual, sobreviverão e farão parte do dossel futuro da floresta, pode-se concluir que a influência do dossel atual da floresta não se restringe apenas à determinação de parte da biodiversidade atual aí existente, mas também da biodiversidade futura desse dossel.

#### 2.1.6. Problemas relacionados à identificação do efeito filtro e conseqüências

Entre as dificuldades existentes na obtenção de resultados que confirmem a existência desse efeito de filtro, muitas podem ser relacionadas à disponibilidade de métodos que efetivamente descrevam tanto o processo como os padrões dele resultantes, enquanto outros podem resultar de uma construção ainda parcial de uma teoria baseada nessa hipótese, o que depende da obtenção de dados.

Por exemplo, provavelmente dentro da floresta outros filtros podem existir, como as ervas e arbustos presentes sob as árvores do dossel que também podem ter um papel determinante na composição da vegetação sob si (Tansley 1946, Ovington 1955, Boettcher & Kalisz 1991, George & Bazzaz 1999 a,b), ou ainda montículos e buracos (pits/mounds), um microrrelevo criado pelo desenraizamento de árvores do dossel que apresenta diferente regeneração de espécies em cada uma dessas duas superfícies (Putz 1983, Shaetzel et al. 1989, Peterson & Campbell 1993).

Apesar de outros fatores interferirem na dinâmica florestal, a sua existência não se contrapõe à idéia de que as árvores do dossel sejam, hierarquicamente, o filtro principal, uma vez que elas exercem um efeito seletivo continuado sobre um dado trecho da floresta durante anos, décadas, ou mesmo séculos (Vieira et al. 2005).

O efeito de filtro do dossel seria mais evidente se o processo seletivo determinado por uma espécie-filtro do dossel sobre uma espécie-alvo for constante entre os indivíduos dessa espécie-filtro, e não um fenômeno presente mas variável entre os indivíduos da espécie.

Outros fatores que podem dificultar a discriminação desse efeito são a presença pretérita de clareiras atualmente já fechadas no entorno de uma árvore filtro ou a mudança de sua vizinhança ao longo das décadas em que uma árvore do dossel permanece dentro da floresta. Ambas as situações podem fazer com que a presença atual de certos regenerantes sob essa copa seja reflexo da influência de condições ambientais pretéritas (luz lateral) ou do aporte de propágulos de árvores que já desapareceram, dificultando análises sobre as condições ambientais geradas por uma espécie na comunidade de plântulas sob si.

Quando se trata da presença e abundância de plântulas e jovens sob a planta-mãe, variações intra-específicas podem ser também esperadas, pois nem sempre a frutificação é



sincrônica entre indivíduos da mesma espécie, afetando assim a presença, a abundância e a permanência de plântulas sob suas copas.

Uma outra dificuldade esperada diz respeito à ausência ou à presença de uma espécie sob outra. Se a ausência de uma certa espécie-alvo sob uma ou mais espécies-filtro é pouco informativa sobre permeabilidade ou impermeabilidade, a sua presença, ao contrário, efetivamente comprova que a espécie-filtro é em algum grau permeável a essa espécie-alvo. Esse fato pode ser um primeiro elemento para futuras análises e predições.

A partir da observação desse tipo num trecho de floresta, poder-se-ia prever que quando essas duas espécies estiverem no dossel e forem vizinhas, esse mesmo padrão poderia ser outra vez observado e, portanto, estudos em trechos vizinhos poderiam servir para testar essa hipótese.

Assim, se numa dada floresta soubermos quais são as espécies-filtro sob as quais uma certa espécie-alvo pode se desenvolver, e se localizarmos onde esses indivíduos do dossel das espécies alvo e filtro são vizinhos, então, poderíamos prever a presença, e eventualmente, até um certo grau de abundância da espécie-alvo sob cada indivíduo do dossel das espécies-filtro permeáveis a ela.

Generalizando, se para cada espécie-alvo da floresta soubermos quais são as espécies-filtro sob as quais ela pode viver, então poderíamos parcialmente prever a biodiversidade do sub-bosque atualmente existente naquela floresta e no seu futuro dossel. Todavia, também a ausência, ligada à impermeabilidade de certas espécies-filtro a certas espécies-alvo, poderia ser deduzida. Assim, se uma espécie-filtro apresenta repetidas vezes uma espécie-alvo como sua vizinha no dossel e nunca essa espécie-alvo apresenta indivíduos sob a espécie-Filtro, então se pode supor a existência de uma impermeabilidade. E essa poderia ser testada predizendo-se a ausência dessa espécie-alvo sob outros indivíduos da espécie-filtro presentes na floresta, mas ainda não observados.

Essa possibilidade parecer se bastante viável, sobretudo quando houver um marcante efeito alelopático da espécie-filtro sobre a espécie-alvo, o que muitas vezes pode ser suspeitado quando sob essas árvores é sempre muito pequena a presença de plântulas, ou essas pertencem a um número restrito de espécies.

Vários métodos podem ser empregados para se determinar a existência ou não desse efeito de filtro, tanto observacionais como experimentais, como por exemplo, levantamentos para determinação de presença ou ausência de espécies arbustivo-arbóreas sob plantios homogêneos de diferentes espécies arbóreas situadas sob o mesmo tipo de clima e solo e sob topografia plana, complementados por experimentos para a definição do fator ou fatores causais que favorecem ou desfavorecem certa espécies (Chou & Yang 1982, Loddhi 1975, Parrota 1995), ou se o padrão reflete apenas uma limitação da dispersão.

Experimentos para determinação do efeito de extratos de parte da planta, da serapilheira, ou do solo coletado sob espécies com potencial efeito alelopático sobre espécies teste (p.ex.,



*Lactuca sativa* L.) são métodos tradicionalmente usados em estudos sobre alelopatia (Chou & Kuo 1986, Campbell et al. 1989, Borges et al. 1993).

A utilização de extratos de espécies-filtro em testes com diferentes espécies-alvo e a comparação desses resultados com os padrões de presença, abundância e distribuição espacial das plântulas dessas espécies-alvo sob as espécies-filtro, quando ambas estão presentes como árvores do dossel vizinhas, podem evidenciar se a alelopatia pode ser um fator determinante do grau de permeabilidade-impermeabilidade de uma espécie-filtro sobre uma espécie-alvo.

Esse procedimento seria especialmente útil em estudos de parcelas permanentes, onde eventualmente vários pares com as mesmas espécies vizinhas podem existir na parcela e podem ser acompanhados no tempo.

Em talhões homogêneos, o uso de técnicas experimentais, como a semeadura direta, o plantio de mudas ou a transferência pode ser uma estratégia interessante de avaliação do efeito de filtro sobre várias espécies-alvo sob condições semelhantes.

Posteriormente, os mesmos experimentos poderiam ser feitos em talhões mistos ou em florestas naturais, comparando-se os resultados obtidos, ou ainda, observando se as tendências obtidas em talhões puros e mistos pode ser observada nas florestas nativas.

Outros experimentos usando plantios, fertilização, controle de competidores, adição ou remoção de serapilheira, etc. feitos de forma independente ou combinados, podem também fornecer importantes informações sobre o efeito de filtro ecológico que espécies-filtro podem ter sobre espécies-alvo. (p.ex., Beatty 1984, Horn 1985, George & Bazzaz 1999 a e b, Beckage & Clark 2003, Garcia & Houle 2005).

Comparações entre a chuva ou o banco de sementes e a regeneração natural sob diferentes indivíduos arbóreos do dossel de uma mesma espécie podem sugerir a existência de um efeito de filtro, mas não permitem comprovar a sua ocorrência, pois enquanto a chuva de sementes é um evento atual, o banco e a regeneração resultam de um efeito acumulativo, e portanto a presença na chuva de sementes atual e ausência no banco, ou na regeneração não permite saber se se trata apenas de uma variação da chuva ou um efeito de impermeabilidade (Vieira 2004).

Já sob vários indivíduos da mesma espécie, uma grande deposição na chuva de sementes, grande presença viável no banco, e ausência ou pequena abundância na regeneração são evidências fortes de um efeito seletivo exercido por essa espécie do dossel (Vieira 2004).

Uma análise exploratória para investigar a existência de padrões de ocorrência de espécies do subdossel e subosque sob as árvores que ocupam o estrato superior da floresta é através da utilização de técnicas de análises multivariadas. A partir de matrizes de abundância e frequência das espécies que ocorrem sob as espécies do dossel é possível executar análises de correspondência (CA) e observar se a distribuição dessas espécies em um espaço multidimensional difere do que o que ocorre ao acaso (Legendre e Legendre 1998). Um aspecto a





ser salientado é que como muitas das espécies são pouco abundantes, sua ausência tem pouco significado diante de uma análise da comunidade. Nesses casos, é necessário estabelecer, ainda que arbitrariamente, um número mínimo de indivíduos de cada espécie para que ela possa ser incluída em uma análise desse tipo (de 5 a 10 indivíduos, por exemplo).

Outro aspecto importante a ser considerado é o estabelecimento de hipóteses *a priori*. Partindo de informações de estudos prévios, do conhecimento sobre a autoecologia das espécies (síndrome de dispersão, abundância de indivíduos, alelopatia etc.) e de observações de campo, a formulação de hipóteses sobre a “ação” de espécies ou grupos funcionais (grupos de espécies em relação às exigências luminosas, deciduidade, síndrome de dispersão etc.) sobre espécies ou grupos de espécies abaixo delas pode facilitar a definição de métodos e a obtenção de respostas de forma mais clara e objetiva. Um exemplo seria o teste da hipótese de que as árvores decíduas favorecem o estabelecimento de indivíduos de espécies secundárias iniciais, ou com exigências intermediárias de luz. Partindo da premissa que os níveis de luz sob árvores decíduas do dossel são mais elevados que sob dossel perenifólio (dados de literatura) e considerando que as espécies secundárias iniciais seriam favorecidas por esse aumento temporário de luminosidade na floresta, sobressaindo-se às espécies dos demais grupos ecológicos, seria possível testar objetivamente esse fenômeno, comparando-se a abundância, densidade e riqueza desse grupo de espécies entre as duas situações.

Entretanto, apenas o acompanhamento dos indivíduos desde sua fase de plântula, juntamente com outros fatores que reconhecidamente interferem no processo de formação do mosaico florestal, como a chuva de sementes, por exemplo, permitirão a obtenção de repostas mais concretas a essas perguntas. A análise de indivíduos já adultos, embora possa nos fornecer indícios de relações entre as espécies ou grupos de espécies, traz consigo o agravante de que a presença de um indivíduo adulto de uma dada espécie pode estar relacionada a uma condição ambiental passada e totalmente diferente da observada naquele momento. Considerando a execução de trabalhos dessa natureza em uma parcela permanente onde apenas os indivíduos adultos estão mapeados, há de se incluir em sub-projetos individuais o levantamento de informações dos indivíduos jovens também.

Quando se pretende comparar estratos florestais, é importante levar em conta que os estratos inferiores estão mais sujeitos à micro-heterogeneidade ambiental. Por exemplo, as árvores exploram áreas maiores de solo, abrangendo sua heterogeneidade, enquanto arbustos e ervas ocupam uma ou outra mancha dessa heterogeneidade (Sagers & Lyon 1997). A elevada variabilidade espacial das características físicas e químicas da camada superficial do solo (Vieira 1997) resulta em mais microssítios edáficos para as espécies herbáceas e subarborescentes, que em geral apresentam sistemas radiculares superficiais, do que para as lenhosas e suas raízes mais profundas (Sagers & Lyon 1997).



Em relação à participação de outros componentes da comunidade vegetal como filtros da biodiversidade, alguns autores procuraram verificar e quantificar a influência dos estratos inferiores na regeneração florestal, seja na fase de recrutamento de plântulas ou no estabelecimento de jovens das espécies arbóreas. George & Bazzaz (1999 a,b) propuseram que o estrato herbáceo e arbustivo de sub-bosque atuaria como um filtro ecológico influenciando a composição e a estrutura do dossel, e Harms *et al.* (2004) avaliaram a influência da cobertura vegetal herbácea e de fatores abióticos sobre a densidade de jovens de espécies de dossel, concluindo que o sub-bosque tem maior influência na disponibilidade de luz e na regeneração de plântulas de árvores. O sub-bosque poderia limitar a densidade de plântulas e jovens de espécies arbóreas por competição, mas condições estressantes como seca, sazonalidade e pobreza em nutrientes agiriam principalmente sobre a densidade e a diversidade de espécies de sub-bosque, com conseqüente redução da competição (Gentry & Emmons 1987, Fajardo & de Graaf 2004, Harms *et al.* 2004). Por outro lado, Davis *et al.* (1998) encontraram maior competição entre plantas herbáceas e plântulas de espécies arbóreas quando a biomassa herbácea e o conteúdo de água no solo foram menores, sugerindo que as plantas responderiam mais diretamente à quantidade de um recurso do que à biomassa das plantas vizinhas.

Embora provavelmente a filtragem exercida pelo dossel seja mais importante do que a de outros filtros na determinação da composição e estrutura da comunidade florestal (Gandolfi 2000, 2003), o estrato herbáceo também deve participar desse processo de forma aditiva principalmente nas fases de recrutamento e estabelecimento inicial.

Poucos estudos abordaram a participação dos estratos herbáceo e arbustivo de sub-bosque na comunidade florestal, sendo que alguns autores destacaram a importância do sub-bosque tanto floristicamente (Gentry & Dodson 1987), como funcionalmente, por sua participação na ciclagem de nutrientes (Garkoti & Singh 1997) ou por sua influência nos processos de regeneração natural que determinam a composição, estrutura e dinâmica da floresta (George & Bazzaz 1999 a,b, Montgomery & Chazdon 2001, Harms *et al.* 2004).

As interações entre os estratos da floresta e/ou destes com fatores ambientais foram objeto de estudo de diversos autores, mostrando a influência do dossel ou do sub-bosque sobre a disponibilidade de luz no interior da floresta (Kabakoff & Chazdon 1996, Nicotra *et al.* 1999, Montgomery 2004), a influência dessa disponibilidade sobre a densidade do banco de plântulas (MacDougall & Kellman 1992), as relações entre o dossel e plântulas e/ou jovens de espécies arbóreas (Beatty 1984, Terborgh & Mathews 1999, Svenning 2000, Catovsky & Bazzaz 2002, Wittmann & Junk 2003, Enoki & Abe 2004), entre o dossel e o sub-bosque arbustivo ou herbáceo (Hardin & Wistendahl 1983, Beatty 1984, Gilliam *et al.* 1995, Sagers & Lyon 1997, Lyon & Sagers 1998, George & Bazzaz 1999 a,b, Liira *et al.* 2002), entre o sub-bosque e as plântulas e jovens de espécies arbóreas (Gentry & Emmons 1987, Davis *et al.* 1998, Fajardo & de Graaf 2004, Harms *et*



al. 2004), entre o herbáceo e as plântulas de espécies arbóreas (Maguire & Forman 1983, George & Bazzaz 1999 a,b).

Uma forma de se obter evidências de uma possível participação do estrato herbáceo como filtro adicional para o estabelecimento de jovens de espécies arbóreas pode ser por meio da caracterização fitossociológica daquele estrato e do banco de jovens, seguida por testes de correlação entre os parâmetros encontrados. No caso de obtenção de correlações significativas entre essas comunidades para determinadas espécies, pode-se partir para uma análise mais detalhada destas, seja por meio de experimentação ou por estudos de longo prazo em parcelas permanentes.

#### 2.1.7. Conseqüências teóricas e práticas da hipótese de “filtros da biodiversidade”.

Ainda em relação à coexistência de espécies dentro da floresta, podemos inferir que, se cada árvore do dossel age como um “filtro da biodiversidade”, então a disponibilidade de sítios favoráveis de regeneração para cada espécie-alvo dentro da floresta dependerá da permeabilidade ou da impermeabilidade de cada espécie-filtro em relação a cada espécie-alvo onde as suas sementes forem depositadas, incluindo-se aí a sua própria árvore-mãe e indivíduos coespecíficos.

Contrariamente ao esperado pela hipótese de Janzen-Connell, nenhum padrão prévio de distribuição espacial das plântulas das espécie-alvo dentro da floresta seria previsto a priori, pois esse padrão deve variar entre espécies-alvo, e mesmo entre indivíduos de uma dada espécie-alvo, de acordo com a composição local do dossel sob a qual suas sementes foram dispersas.

Como conseqüência, tanto padrões espaciais semelhantes aos previstos pela hipótese de Janzen-Connell como outros diferentes desses poderiam ser igualmente explicados com base na variação da permeabilidade-impermeabilidade das diferentes espécies-filtro em relação às espécies-alvo (Augspurger 1984).

Dentro dessa visão, o padrão previsto pela hipótese de Janzen-Connell seria um padrão mais restrito do que um padrão geral, pois dependeria sempre da existência de um gradiente crescente de permeabilidade do dossel quanto mais as sementes da espécie-alvo estão distantes da planta-mãe e coespecíficos.

A hipótese de “filtros da biodiversidade” implicaria, assim, numa grande variabilidade de respostas entre espécies-alvo e dentro de cada espécie-alvo, podendo, onde houver pequena permeabilidade ou impermeabilidade, abrir espaço para a coexistência de espécies nas florestas tropicais.

Muitas outras conseqüências teóricas da hipótese aqui proposta podem ser entrevistas, por exemplo, uma vez que o “efeito filtro” poderia decorrer em alguns casos da tolerância à luz, em outros da disponibilidade de nutrientes, ou da ação de patógenos, ou da proteção da serapilheira contra predação, etc.. Pode-se então considerar que cada espécie do dossel representaria uma



variável sintética, que integra muitos fatores abióticos e bióticos relacionados à regeneração das espécies arbustivo-arbóreas, numa abordagem que permitiria abandonar a dicotomia clareira/não-clareira como o único foco central das explicações da dinâmica florestal.

A busca de se definir o fator ou fatores causais que expliquem a manutenção de uma grande riqueza e coexistência de espécies, sobretudo nas florestas tropicais úmidas, levou a que mais de uma centena de hipóteses ou teorias explicativas (p.ex., Grubb 1977, Denslow 1980, 1987, Hubbell 2001) já tenham sido propostas. (Palmer 1994, Chesson 2000, Brokaw & Busing 2000, Wright 2002). Essas hipóteses, no entanto, não são todas testáveis, nem todas mutuamente exclusivas, sendo muitas apenas repetições, ampliações ou reduções de outras já formuladas (Palmer 1994).

Essas hipóteses ou teorias podem ser agrupadas de muitas maneiras distintas, e embora nenhum desses agrupamentos seja satisfatório, as mais importantes ou conhecidas têm sido referidas como relativas ao nicho e aleatórias, ou neutras (Brokaw & Busing 2000, Hubbell 2001a, Poots et al. 2002, Wright 2002).

As hipóteses genericamente agrupadas como “diferenciação de nichos” partem da premissa da existência de uma grande heterogeneidade ambiental e da existência de competição entre as espécies. Assim, as espécies tenderiam a se especializar num conjunto peculiar de condições de sobrevivência e crescimento, ou nicho, para poder permanecer na comunidade, o que resultaria na coexistência de um grande número de espécies nas florestas tropicais (p.ex., Grubb 1977, Ricklefs 1977, Chazdon et al. 1999, Denslow 1987, Terborgh & Mathews 1999, Poots et al. 2004, Poorter et al. 2005).

As hipóteses genericamente agrupadas como “causadas por fatores aleatórios”, ou ainda “neutras” pressupõem que a dispersão e substituição ao acaso de espécies na comunidade, mais do que interações competitivas, explicariam a presença de espécies numa comunidade (p.ex., Brokaw & Busing 2000, Hubbell et al. 2001 a,b, Dalling et al. 2002, Norris 2003).

Reduzindo-se os possíveis mecanismos que permitem a coexistência de espécies apenas a essa dicotomia “especialização de nicho” versus “limitação de dispersão, ou neutralidade”, a hipótese aqui apresentada seria uma variação da “especialização de nicho”, embora a própria definição de nicho e sua mensuração sejam discutíveis (Palmer 1994).

A idéia de que as árvores do dossel atuam como filtros dentro da floresta têm, no entanto, algumas diferenças importantes que podem ser delineadas. Primeiro, ela propõe que, sob diferentes espécies-filtro, uma espécie-alvo terá maiores ou menores possibilidades de sobrevivência e permanência, o que não é determinado por um único fator limitante, como a luz por exemplo, mas sim por um conjunto complexo de fatores abióticos e bióticos cuja atuação não é constante no espaço nem no tempo.

A existência de dezenas de filtros sobre o sub-bosque, que criam ambientes distintos entre si em relação a múltiplos fatores como nutrientes, luz, aleloquímicos, etc., aumenta



significativamente a heterogeneidade disponível dentro da floresta se comparada à visão de que existiria na floresta um sub-bosque bastante homogêneo e alguns tamanhos distintos de clareiras que definiriam um gradiente restrito de regimes possíveis de luz a ser partilhado por centenas de espécies arbustivo-arbóreas.

Isso significa dizer que uma espécie de árvore do dossel não equivale a um nicho que será ocupado por uma única espécie a ela especializada, significa dizer que cada espécie condiciona a área sob si, mas sofre também a influência das árvores no seu entorno, e que, portanto há entre indivíduos da mesma espécie variações relacionadas ao efeito de sua vizinhança.

Significa dizer ainda que, entre diferentes árvores de uma espécie-filtro, varia espacialmente a chegada de propágulos, e que mesmo para uma dada árvore dessa espécie, variam a cada ano as sementes aí depositadas. Atuando no espaço e no tempo sobre conjuntos diferentes de propágulos, os patógenos, herbívoros e predadores de sementes localizados sob cada um desses indivíduos de uma espécie?-Filtro poderão reduzir a cada ciclo, ou de forma espacialmente diversa, o número de espécies de plântulas que efetivamente serão recrutadas e se estabelecerão. Entre essa comunidade peculiar de plântulas sob cada indivíduo de uma espécie-filtro, poderão, a cada ano, se estabelecer interações como competição, facilitação e alelopatia de forma variável, já que a presença e a densidade de cada espécie pode ser distinta em cada local.

A resultante de todos esses aspectos seria que provavelmente não haveria uma especialização de nichos, mas sim uma “ocupação” momentânea de nichos. Do ponto de vista evolutivo, pode-se considerar que, a cada geração, um conjunto de genótipos variados será selecionado de forma variada sob diferentes árvores-filtro e clareiras, favorecendo uma variabilidade maior ou menor em função dessa variada seleção, fato que predisporia as espécies arbóreas a ocupar sítios variados, e assim permanecer dentro da floresta. Se os filtros variam com a composição do dossel e o próprio dossel varia no tempo, maior seria a probabilidade de se estabelecer quando se possui características mais generalizadas do que especializadas.

Assim, essa hipótese não advogaria num sentido estrito a especialização de nicho e incorporaria também elementos da limitação de dispersão.

Se efetivamente as espécies arbóreas necessitam de habitats distintos para sobreviver e se reproduzir, e esses habitats não são distribuídos homoganeamente nem são homoganeamente abundantes através da floresta, então eles, em parte, definirão o padrão dessas espécies na floresta atual. Dentro dessa visão, bastaria então se ter uma compreensão adequada das exigências de habitat de cada espécie, e poder-se-ia melhor compreender os processos necessários à preservação e a recuperação de populações e comunidades.

Essa visão, num extremo, levaria à crença de que apenas a tolerância ao ambiente define toda a organização de comunidades, uma visão mais típica dos primórdios da Ecologia (Noy-Meir & van der Maarel 1987).



A idéia de “filtros da biodiversidade” reconhece o papel fundamental que cada espécie arbórea tem como “engenheira física”, que cria microsítios específicos, nos quais diferentes espécies terão diferentes desempenhos, mas não postula que a tolerância ao hábitat seja o único fator explicativo da sobrevivência e da distribuição das espécies dentro da floresta. Sugere sim que, dentro de cada microsítio específico formado sob cada espécie-filtro, interações específicas importantes acontecerão (competição, facilitação, alelopatia) e resultarão num grau de permeabilidade específica de uma espécie em relação à outra, que, no entanto, pode ser variável no espaço e no tempo.

Assim, a organização de uma comunidade seria um processo histórico único, onde a relação alvo-filtro introduziria previsibilidade na construção da comunidade, mas onde a sucessão específica de eventos aleatórios, como a dispersão ou os distúrbios, atuando sobre padrões já formados ou em formação, introduziram imprevisibilidade ao padrão final da comunidade.

Toda a formulação aqui apresentada demanda muitas adaptações relacionadas a questões específicas, tais como aquelas relativas aos locais com grandes declives, ou à influência das clareiras situadas ao lado das árvores do dossel, ou o reconhecimento de outros possíveis filtros ecológicos que possam sobrepor-se na floresta, etc., aspectos que devem ser incorporados numa teoria que evolua a partir dessa hipótese explicativa.

Além dessas conseqüências teóricas, algumas conseqüências práticas podem também existir, destacando-se aquelas relativas à restauração ecológica e à silvicultura tropical.

Na restauração florestal de áreas degradadas, o uso de projetos que formem um dossel com poucas espécies arbóreas, ou de espécies que correspondam a filtros similares, pode levar a um menor aporte de sementes de novas espécies pela menor atração de dispersores, assim como a um pequeno número de microsítios distintos de regeneração no sub-bosque da área restaurada. Como conseqüência, poder-se-ia restringir o recrutamento das espécies aí depositadas, afetando a velocidade do processo sucessional local e comprometendo, a curto prazo, a biodiversidade dessa floresta.

Já no manejo silvicultural de florestas nativas, a intensiva extração seletiva de algumas poucas espécies madeireiras do dossel poderia levar à redução ou ao desaparecimento local de alguns micro-hábitats específicos, criados pelas copas das espécies sob intensa extração, com conseqüentes reduções locais de densidade das espécies que são mais dependentes desses micro-hábitats e da biodiversidade local da floresta.

#### 2.1.8. Síntese e perspectivas

Dessa forma, o efeito filtro exercido pela composição e estrutura do dossel atual poderia condicionar não apenas a biodiversidade atual, mas também parcialmente a biodiversidade do futuro dossel da floresta.



Essa hipótese de trabalho não contraria as observações que até aqui têm sido feitas sobre as fases de clareira e ciclo de regeneração florestal, mas apenas refinam e complementam a dinâmica das fases de construção e madura.

Apesar de muitos argumentos terem sido apresentados sobre a visão de que as árvores do dossel funcionam como “Filtros da Biodiversidade”, muito esforço precisa ser feito para que se possa testar com sucesso essa hipótese.

Todavia, a exploração da visão de que outros mosaicos, além dos já descritos, poderiam condicionar a composição, estrutura e dinâmica das florestas, abre perspectivas interessantes para a formulação de novas observações e experimentos, bem como para o desenvolvimento de modelos mais adequados ao estudo da regeneração e da manutenção da biodiversidade das florestas tropicais e subtropicais.

## **Referências Bibliográficas**

- Aidar, M.P.M. & Joly, C.A. (2003) dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. Ex Benth. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 26(2):193-202.
- Agyeman, Y.K.; Swaine, M.D. & Thompson, J. (1999) Response of tropical forest tree seedlings to irradiance and derivation of a light response index. *Journal of Ecology* 87:815-827.
- Alexander, I., Ahmad, N. & See, L.S. (1992) The role of mycorrhizas of some Malaysian forest trees. *Philosophical Transaction of Royal Society of London B* 335:379-388.
- Andersson, T. (1991) Influence of stemflow and throughfall from common oak (*Quercus robur*) on soil chemistry and vegetation patterns. *Canadian Journal Forest Research* 21:917-924.
- Augspurger, C.K. (1983) Seed dispersal of the tropical tree *Platypodium elegans*, and the escape of its seedlings from fungal pathogens. *Journal of Ecology* 71:759-771.
- Augspurger, C.K. (1984) Seedling survival of tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology* 65(6):1705-1712.
- Augspurger, C.K. & Kelly, C.K. (1984) Pathogens mortality of tropical tree seedlings: experimental studies of the effects of dispersal distance, seedling density and light conditions *Biotropica* (Berlin) 61:211-217
- Badre, B.; Nobelis, P. & Trémolières, m. (1998) Quantitative study and modeling of the litter decomposition in a European alluvial forest. Is there an influence of overstorey tree species on the decomposition of ivy litter (*Hedera helix* L.)? *Acta Oecologica* 19(6): 491-500.
- Barton, A.M.; Fetcher, N. & Redhead, S. (1989). The relationship between throughfall gap size and light flux in a Neotropical Rain Forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 5: 437-439.
- Bazzaz, F.A. & Pickett, S.T.A. (1979). Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:287-310.
- Beatty, S.W (1984) Influence of microtopography and canopy species on spatial patterns of forest understorey plants. *Ecology* 65(5):1406-1419.
- Beckage, B. & Clark, J.S. (2003) Seedling survival and growth of three forest tree species: the role of spatial heterogeneity. *Ecology* 84(7):1849-1861.



- Binkley, D. (1995) The influence of tree species on forest soils: process and patterns. In: Mead, D.J. & Cornforth, J.S. (Eds.) Proceedings of Trees and Soil Workshop. Agronomy Society of New Zeland Special Publication No.10, Lincoln University Press, Canterbury, NZ, pp 1-33.
- Binkley, D. & Giardina, C. (1998) Why do tree species affect soils? The Warp and Woof of tree-soil interactions. *Biogeochemistry* 42:89-106.
- Boettcher, S.E. & Kalisz, P.J. (1990) Single-tree influence on soil properties in the mountains of eastern Kentucky. *Ecology* 71:1365-1372.
- Boettcher, S.E. & Kalisz, P.J. (1991) Single-tree influence on earthworms in the forest soils in Eastern Kentucky. *Soil Scientific Society of America Journal* 55:862-865
- Bloor, J.M.G. & Grubb, P.J.(2003) Growth and mortality in high and low light: trends among 15 shade-tolerant tropical rain forest tree species. *Journal of Ecology* 91:77-85.
- Borges, E.E.L; Lopes, E.S. & Silva, G.F. (1993) Avaliação de substância alelopáticas em vegetação de uma floresta secundária. 1- Árvores. *Revista Árvore* 17(1):69-84.
- Brokaw, N. & Busing, R.T. (2000) Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. *Trends in Ecology and Evolution* 15(5):183-197.
- Bruno, J.F.; Stachowicz, J.J. & Bertness, M.D. (2003) Inclusion of facilitation into Ecological Theory. *Trends in Ecology and Evolution* 18(3):119-125.
- Burslem, D.F.R.P.; Grubb, P.J. & Turner, I.M. (1995) Responses to nutrient addition among shade-tolerant tree seedlings of lowland tropical rain forest in Singapore. *Journal of Ecology* 83:113-122
- Callaway, R.M. (1997a) Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78:1958-1965.
- Callaway, R.M. (1997b) Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. *Oecologia* 112:143-149.
- Callaway, R.M. (1995) Positive Interactions among Plants. *The Botanical Review* 61(4): 306-349.
- Campbell, D.G., Richardson, P.M. & Rosas JR., A. (1989) Field screening for allelopathy in tropical forest trees, particularly *Duroia hirsuta*, in the Brazilian Amazon. *Biochemical Systematics and Ecology* 17(5): 403.
- Canham, C.D.; Denslow, J.S.; Platt, W.J.; Runkle, J.R.; Spies, T.A. & White, P.S. (1990) Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research* 20:620-631.
- Canham,C.D.(1989) Different response to gaps among shade-tolerant tree species. *Ecology*. 70(3):548-549.
- Carnevale, N.J. & Montagnini, F. (2002) Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. *Forest Ecology and Mangement* 163:217-227.
- Casper, B.B. & Jackson, R.B. (1997) Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematic* 28:545-570.
- Castello, J.D.; Leopold, D.J. & Smallidge, (1995) Pathogens, patterns, and processes in Forest Ecosystems. *BioScience* 45(1):16-23.
- Catovsky, S. & Bazzaz, F.A. 2002. Feedbacks between canopy composition and seedling regeneration in mixed conifer broad-leaved forests. *Oikos* 98: 403-420.
- Challinor, D. (1968) Alterations of surface soil characteristics by four species. *Ecology* 49(2): 286-290.
- Chazdon, R.L.; Colwell, R.K. & Denslow, J.S. (1999) Tropical tree richness and resource-based niches. *Science* 285(3)1459a.





- Chazdon, R.L. & Pearcy, R.W. (1991). The importance of sunflecks to forest understorey plants. *BioScience* 41(11):760-766.
- Chazdon, R.L. (1988). Sunflecks and their importance to forest understorey plants. *Advances in Ecological Research* 18:1-63.
- Chazdon, R.L. & Fetcher, N. (1984) Photosynthetic light environments in a lowland Tropical Rain Forest in Costa Rica. *Journal of Ecology* 72:553-564.
- Chesson, P. (2000) Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31:343-366.
- Chou, C-H. & Kuo, Y-L (1986) Allelopathic research of subtropical vegetation in Tawain - III: Allelopathic exclusion of understorey by *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Journal of Chemical Ecology* 12(6):1431-1448.
- Chou, C-H. & Yang, C-M. (1982) Allelopathic research of subtropical vegetation in Tawain – II: Comparative exclusion of understorey by *Phyllostachys edulis* and *Cryptomeria japonica*. *Journal of Chemical Ecology* 12(6):1431-1448.
- Chou, C. H. 1999. Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture . *Critical Reviews in Plant Sciences* 18: 609-636.
- Cintra, R. (1997) Leaf litter effects on seed and seedling predation of the palm *Astrocaryum murumuru* and the legume tree *Dipteryx micrantha* in Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*. 13:709-725
- Clark, D.B. & Clark, D.A. (1991) The impact of physical damage on canopy tree regeneration in Tropical Rain Forest. *Journal of Ecology* 79:447-457.
- Clements, F.E. (1916) *Plant Succession: An analysis of community functions*. Carnegie Institution Washington Publications, Washington DC, USA. nº 242.
- Connell, J.H. (1971). On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: Den Boer, P.J. & Gradwell, G (Eds.). *Dynamics of Numbers in Populations*. Proceedings of the Advanced Study Institute Center for Agricultural Publication and Documentation, Wageningen, The Netherlands, pp. 298–312.
- Crampton, C.B. (1984) concentric zonation of gleyed soils under individual tree canopies in southwestern British Columbia, Canada. *Geoderma* 32:329-334
- Crawley, M. J. 1997. *Plant Ecology*. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Dalling, J.W.; Muller-Landau, H.C.; Wright, S.J. & Hubbell. S.P. (2002) Role of dispersal in the recruitment limitation of neotropical pioneer species. *Journal of Ecology* 90:714-727.
- Davis, M.A.; Wrage, K.J. & Reich, P.B. 1998. Competition between tree seedlings and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. *Journal of Ecology* 86: 652-661.
- Delle Monache, F., Benedetto, R., Souza, M. A. M. & Sandor, P. 1990. *Esenbeckia leiocarpa*: Ila. further components. *Gazzetta Chimica Italiana* 120: 387-389.
- Delle Monache, F., Delle Monache, G., Souza, M. A. M., Cavalcanti, M. S. & Chiappeta, A. 1989. Isopentenylindole derivatives and other components of *Esenbeckia leiocarpa*. *Gazzetta Chimica Italiana* 119: 435-439.
- Denslow, J.S. (1996) Functional group diversity and responses to disturbance. In: Oriens G.H.; Dirzo, R. & Cushman, J.H. (Eds.) *Biodiversity and Ecosystem Processes in Tropical Forests*. *Ecological Studies* 122, Springer-Verlag, Berlin, pp. 127- 151
- Denslow, J.S. (1987). Tropical Rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:431-451.
- Denslow, J.S. (1980). Gap partitioning among Tropical Rainforest succession trees. *Biotropica* (Suppl.) 12:47-55.



- Dobson, A. & Crawley, M. (1994) Pathogens and structure of plant communities. *Trends in Ecology and Evolution* 9(10):393-397
- Enoki, T. & Abe, A. 2004. Saplings distribution in relation to topography and canopy openness in an evergreen broadleaved forest. *Plant Ecology* 173: 283-291.
- Ettema, C.H. & Wardle, D.A. (2002) Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 17(4):177-183
- Facelli & Pickett, S.T.A. (1991a) Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review* 57(1):1-32.
- Fajardo, A. & de Graaf, R. 2004. Tree dynamics in canopy gaps in old-growth forests of *Nothofagus pumilio* in Southern Chile. *Plant Ecology* 173: 95-105.
- Fisher, R. 1995. Amelioration of degraded rain forest soils by plantations of native trees. *Soil Science Society of America Journal* 59, no. 2: 544-49.
- Finzi, A.C.; Canham, C.D. & van Breemen, N. (1998) Canopy tree-soil interactions within Temperate Forests: Species effects on pH and cations. *Ecological Applications* 8(2):447-454.
- Fulbright, T.E.; Kuti, J.O.; & Tipton, A.R. (1995) Effects of nurse-plant canopy temperature on shrub seed germination and seedling growth. *Acta Oecologica* 16(5):621-632
- Gama-Rodrigues, A.C. , Barros, N.F. e Mendonça, E.S. (1999) alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 23(3):581-592
- Gandolfi, S. (1999) Sucessão, grupos ecológicos e as florestas Semidecíduas. In: Anais do 1º Simpósio sobre Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais.: IPEF/ESALQ -USP, Piracicaba, BR, CD-ROM. p. 1-3.
- Gandolfi, S. (2000) História Natural de uma Floresta Semidecidual no Município de Campinas (São Paulo, Brasil), Tese de doutoramento, Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP, Vol.1 e 2, 520p.
- Gandolfi, S. (2003) Regimes de luz em florestas estacionais e suas possíveis conseqüências. In: Claudino-Sales, W. (Org.). *Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação*. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza. BR, p. 305-311.
- Garcia, D. & Houle, g. (2004) Fine-scale patterns of recruitment in red oak (*Quercus rubra*): What matters most, abiotic or biotic factors? *Écoscience* 12(2):223-235.
- Garkoti, S.C. & Singh, S.P. 1997. Structure and function of herbaceous vegetation in high mountains of Central Himalaya. *Tropical Ecology* 38: 153-156.
- Gentry, A.H. & Dodson, C. 1987. Contribution of non-trees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica* 19: 149-156.
- Gentry, A.H. & Emmons, L.H. 1987. Geographical variation in fertility, phenology, and composition of the understory of neotropical forests. *Biotropica* 19: 216-227.
- George, L.O. & Bazzaz, F.A. (1999a) The fern understory as an ecological filter: emergence and establishment of canopy-tree seedlings. *Ecology* 80(3):833-845.
- George, L.O. & Bazzaz, F.A. (1999b) The fern understory as an ecological filter: growth and survival of canopy-tree seedlings. *Ecology* 80(3):846-856.
- Gesper, P.L. & Holwaychuk, N. (1971) Some effects of stem flow from forest canopy trees on chemical properties of soils. *Ecology* 52(4):691-702.
- Gilliam, F.S.; Turrill, N.L. & Adams, M.B. 1995. Herbaceous-layer and overstory species in clear-cut and mature Central Appalachian hardwood forests. *Ecological Applications* 5(4): 947-955.



- Gleason, H.A. (1926) The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of Torrey Botanical Club* 53:1-20.
- González, L.; Souto, X.C.; & Reigosa, M.J. (1995) Allelopathic effects of *Acacia melanoxylon* R.Br. *phyllodes* during their decomposition. *Forest Ecology and Management* 77:53-63.
- Grime, J.P. (1998) Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* 86: 902-910.
- Guillman, L.N. & Ogden, J. (2005) Microsite heterogeneity in litterfall risk to seedlings. *Austral Ecology* 30(5):497-504.
- Hardin, E.D. & Wistendahl, W.A. 1983. The effects of floodplain trees on herbaceous vegetation patterns, microtopography and litter. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 110: 23-30.
- Harms, K.E.; Powers, J.S.; Montgomery, R.A. 2004. Variation in small sapling density, understory cover, and resource availability in four neotropical forests. *Biotropica* 36: 40-51.
- Hartshorn, G.S. (1978). Tree falls and tropical forest dynamics. In: Tomlinson, P.B. & Zimmermann, M.H. (eds.) *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University Press, New York, USA, pp. 617-638.
- Hirabuki, Y. (1991) Heterogeneous dispersal of tree litterfall corresponding with patchy canopy structure in a temperate mixed forest. *Vegetatio* 94: 69-79, 1991, Bélgica.
- Horn, J.C. (1985) Responses of understory tree seedlings to trenching. *American Midland Naturalist* 114(2):252-258.
- Hubbell, S.P. (2001a) The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, New Jersey, USA, p.
- Hubbell, S.P. (2001b) The unified neutral theory of biodiversity and biogeography: Synopsis of the theory and some challenges ahead. In: Silvertown, J. & Antonovics, J. (Eds.) *Integrating Ecology and Evolution in Spatial Context*. British Ecological Society, Blackwell, Oxford, UK, pp.393-411..
- Inderjit & Callaway, R.M. 2003. Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant and Soil* 256: 1-11.
- Janzen, D.H. (1970) Herbivores and the number of tree species in Tropical Forests, *American Naturalist* 104(940): 501-528.
- Jones, C.G.; Lawton, J.H. & Shachak, M. (1997) Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* 78(7):1946 - 1957.
- Kabakoff, R.P. & Chazdon, R.L. 1996. Effects of canopy species dominance on understory light availability in low-elevation secondary forest stands in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 12: 779-788.
- Kobe, R.K. (1999) Light gradient partitioning among tropical tree species through differential seedling mortality and growth. *Ecology* 80(1):187-281.
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag, Berlin.
- Lavelle, P.; Blanchart, E.; Martin, A. & Martin, S. (1993) a hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica* 25(2):130-150.
- Lawrence, D. (2003) The response of tropical tree seedlings to nutrient supply meta-analysis for understanding a changing tropical landscape. *Journal of Tropical Ecology* 19:239-250
- Lawton, J.H. & Jones, C.G. (1995) Linking species and ecosystems: organisms as ecosystem engineers. In: Jones, C.G. & Lawton, J.H. (eds.) *Linking Species and Ecosystems*. Chapman & Hall, New York, USA, pp.141-150.
- Legendre, P.; Legendre, L. 1998. *Numerical Ecology*. Developments in Environmental Modelling 20. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 853 p.



- Lieberman, M.; Lieberman, D. & Peralta, R. (1989) Forest are not just a swiss cheese: Canopy stereogeometry of non-gaps in Tropical Forests. *Ecology* 70(3):550-552.
- Liira, J.; Zobel, K.; Mägi, R. & Molenberghs, G. 2002. Vertical structure of herbaceous canopies: the importance of plant growth-form and species-specific traits. *Plant Ecology* 163: 123-134.
- Lodge, D.J.; MacDowell, W.H. & Mc Swiney, C.P. (1994) The importance of nutrient pulses in tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution* 9(10):384-387.
- Lodhi M.A.K. (1977) The influence and comparison of individual forest trees on soil properties and possible inhibition of nitrification due to intact vegetation. *American Journal of Botany* 64(3): 260-264.
- Lodhi M.A.K. (1975) Soil-plant phytotoxicity and its possible significance in patterning of herbaceous vegetation in a Bottoland Forest. *American Journal of Botany* 62(6): 618-622.
- Lodhi, M.A.K. & Johnson, F.L. (1989) Forest understory biomass heterogeneity: is "moisture complex" or associated litter the cause? *Journal of Chemical Ecology* 15(1):429-437.
- Lyon, J. & Sagers, C.L. 1998. Structure of herbaceous plant assemblages in a forested riparian landscape. *Plant Ecology* 138: 1-16.
- MacDougall, A. & Kellman, M. 1992. The understory light regime and patterns of tree seedlings in tropical riparian forest patches. *Journal of Biogeography* 19: 667-675.
- Maguire, D.A. & Forman, R.T.T. 1983. Herb cover effects on tree seedling patterns in a mature hemlock-hardwood forest. *Ecology* 64(6): 1367-1380.
- Metcalf, D. J. & Turner, I. M. (1998) Soil seedbank from lowland rain forest in Singapore: canopy-gap and litter-gap demanders. *Journal of Tropical Ecology* 14:103-108.
- Michael, J. P. 1993. Quinoline, Quinazoline, and Acridone Alkaloids. *Natural Product Reports* 10: 99-108.
- Molofsky, J. & Augspurger, C.K. (1992). The effect of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. *Ecology* 73(1): 68-77.
- Montagnini, F. (2001) Strategies for the recovery of degraded ecosystems: Experiences from Latin America. *Interciencia* 26(10):498-503
- Montagnini, F.; Fanzeres, A. & Vinha, S.G. (1994) Studies on restoration ecology in the Atlantic Forest region of Bahia, Brazil. *Interciencia* 19(6):323-330
- Montagnini, F.; & Sancho, F. (1990) Impacts of native trees on tropical soils: a study in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Ambio* 19(8):386-390.
- Montgomery, R.A. 2004. Effects of understory foliage on patterns of light attenuation near the forest floor. *Biotropica* 36: 33-39.
- Montgomery, R.A. & Chazdon, R.L. 2001. Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. *Ecology* 82: 2707-2718.
- Montgomery, R.A. & Chazdon, R.L. (2002) Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. *Oecologia* 131, 165-174
- Moughalu, J.I. & Awokunle, H.O. (1994) Spatial pattern of soil properties under tree canopy in Nigerian Rain Forest Region. *Tropical Ecology* 35(2):219-228
- Nakatsu, T., Johns, T. & Kubo, I. 1990. Isolation, structure and synthesis of novel 4 quinolinone alkaloids from *Esenbeckia leiocarpa*. *Journal of Natural Products* 53: 1508-1513.
- Nicotra, A. B, Chazdon, R.L. & Iriarte, S.V.B. (1999) Spatial heterogeneity of light and woody seedlings regeneration in tropical wet forests. *Ecology* 80(6):1908-1926
- Norris, S. (2003) Neutral Theory: A new, unified model for Ecology. *Bioscience* 53(2): 124-129.



- Noy-Meir, I. & van der Maarel, E. (1987) Relations between community theory and community analysis in vegetation science: some historical prospects. *Vegetatio* 69:5-15.
- Oberbauer S.P.; Clarck, D.B.; Clarck, D.A & Quesada, M. (1988). Crown light environments of saplings of two species of Rain Forest emergent trees. *Oecologia* 75:207-212.
- Ovington, J.D. (1955) Studies of the development of woodland conditions under different trees: III – The ground flora. *Journal of Ecology* 43(1):1-21.
- Parrota, J.A. (1995) Influence of overstorey composition on understory colonization by native species in plantation on degraded tropical site. *Journal of Vegetation Science* 6:627-636.
- Parrota, J.A.; Turnbull, J.W. & Jones, N. (1997) Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99:1-7.
- Packer A. & Clay, K.(2000) Soil pathogens and spatial patterns of seedlings in a temperate tree. *Nature* 404: 278-281.
- Palmer, M.W. (1994) Variation in species richness: towards a unification of hypotheses. *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica* 29:511-530.
- Pearcy, R.W.; Chazdon, R.L.; Gross, L.J. & Mott, K.A. (1994) Photosynthetic utilization of sunflecks: a temporally patchy resource on a time scale of seconds to minutes. In: Caldwell, M.M. & Pearcy, R.W. (Eds.) Exploitation of environmental heterogeneity by plants: Ecophysiological processes above and belowground. Academic Press, California, USA, p. 145-174
- Peters H.A.; Pauw, A.; Miles, R.S. & Terborg, J.W. (2004) Falling palm fronds structure Amazonian Rainforest sapling communities. *Proceedings of Royal Society of London B (Suppl.)* 271:5367-5369.
- Peterson, C. J. & Campbell, J. E. (1993) Microsite differences and temporal change in plant communities of treefall pits and mounds in a old-growth forest. *Bulletin of The Torrey Botanical Club* 120(4): 451-460.
- Ponge, J.F.; André, J.; Zackrisson, O.; Bernier, N.; Nilsson, M.C. & Gallet, C. (1998) The forest regeneration puzzle. *BioScience* 48(7): 523-530.
- Poorter, L., Bongers, F., Sterck, F.J. & Wöll, H. (2005) Beyond the regeneration phase: differentiation of height-light trajectories among tropical tree species. *Journal of Ecology* 93:256-267.
- Potts, M.D.; Davies, S.J.; Bossert, W.H.; Tan, S. & Supardi, M.N. (2004) Habitat heterogeneity and niche structure of trees in two tropical rain forests. *Oecologia* 139:446-453.
- Powers, J.S., Kalicin, M.H. & Newman, M.E. (2004) Tree species do not influence local soil chemistry in a species-rich Costa Rica rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 20:587-590.
- Pugnaire, F.J. & Luque, M.T. (2001) Changes in plant interactions along a gradient of environmental stress. *Oikos* 93:42-49.
- Putz, F.E. (1983) Treefall pits and mound, buried seeds, and the importance of soil disturbance to pioneer trees on Barro Colorado Island, Panamá. *Ecology* 64(5):1069-1074.
- Rice, E. L. 1984. Allelopathy. Academic Press, Orlando, Florida.
- Rich, P.M.; Clarck, D.B.; Clarck, D.A. & Oberbauer, S.F. (1993) Long-term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology* 65: 107 – 127.
- Sagers, C.L. & Lyon, J. 1997. Gradient analysis in a riparian landscape: contrasts among forest layers. *Forest Ecology and Management* 96: 13-26.
- Shaetzel, R. J.; Burns, S.F.; Johnson, D.L. & Small, T.W. (1989) Tree uprooting: review of impacts in forest ecology. *Vegetatio* 79:165-176.



- Souza, R.P. & Válio, I.F.M. (2003) Seedling growth of fifteen Brazilian tropical tree species differing in successional status. *Revista Brasileira de Botânica* 26(1):37-47.
- Smith, A.P.; Hogan, K.P. & Idol, J.R. (1992) Spatial and temporal patterns of light and canopy structure in a lowland tropical moist forest. *Biotropica* 24(4):503-511.
- Svenning, J.C. 2000. Small canopy gaps influence plant distribution in the rain forest understory. *Biotropica* 32: 252-261.
- Tansley, A.G. (1946) *Introduction to Plant Ecology*. George Allen & Unwin Ltd., London, UK., 260p.
- Terborgh, J. & Matthews, J. (1999) Partitioning of the understory light environment by two Amazonian treelets. *Journal of Tropical Ecology* 15:751-763.
- Tewksbury, J.J. & Lloyd, J.D. (2001) Positive interactions under nurse-plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia* 127:425-434.
- Torquebiau, E.F. (1988). Photosynthetically active radiation environment, patch dynamics and architecture in a Tropical Rain Forest in Sumatra. *Australian Journal of Plant Physiology* 15:327-342.
- Turnbull, M. H. & Yates, D. J. (1993) Seasonal variation in red/far-red ratio and photon flux density in an Australian Sub-Tropical Rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology* 64:111-127.
- Válio, I.F.M. (2003) Seedling growth of understorey species of a Southeast Brazilian Tropical Forest. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46(4):697-703.
- Válio, I. F. M. & Joly, C. A. (1979) Light sensitivity of the seeds on the distribution of *Cecropia glaziovii* Snethlage (Moraceae). *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* 91:371-376.
- Vázquez-Yanez, C., Orosco-Segovia, A. Rincón, E.; Sánchez-Coronado, M.E.; Huante, P.; Toledo, J.R. & Barradas, V.L. (1990a) Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. *Ecology* 75(1);1952-1958.
- Vázquez-Yanez, C. & Orosco-Segovia, A. (1990b) Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. *Oecologia* 83: 171-175.
- Vieira, D.C.M. (2004) Chuva de sementes, banco de sementes, e regeneração natural sob três espécies de início de sucessão em uma área restaurada em Iracemópolis (SP), Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, Br, 87p.
- Vieira, I.C.; Uhl, C. & Nepstad, D. (1994) The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a "succession facilitator" in an abandoned pasture, Paragominas, Amazônia. *Vegetatio* 115:91-99.
- Vieira, S.; Trumbore, S.; Camargo, P.C.; Selhorst, D.; Jeffrey Q. Chambers, J.Q.; Higuchi, N. & Martinelli, L.A. (2005) Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(51):18502-18507.
- Vieira, S.R. 1997. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo em Campinas (SP). *Bragantia* 56: 181-190.
- Voigt, G.K. (1960) Alteration of the composition of rainwater by trees. *American Midland Naturalist* 63(2):321-326.
- Wardle, D.A. & Lavelle, P. (1997) Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In: Cadish, G. & Giller, K.E. *Driven by Nature: Plant litter quality and decomposition*. CAB International, p. 107-124.
- Watt, A.S. (1947) Pattern and process in plant community. *Journal of Ecology* 35:1-22.
- Watt, A.S. (1964) The community and the individual. *Journal of Animal Ecology* 33 (Issue British Ecological Society Jubilee Symposium): 203-211.



- Weaver, J.E. & Clements, F.E.(1938) *Plant Ecology*, 2<sup>nd</sup> Edition, Mac Graw-Hill Book Company, New York, USA, 601p.
- Whitmore, T.C. (1996) A review of some aspects of tropical rain forest seedlings ecology with suggestions for further enquiry. In : SWAINE, M.D. (ed.) *The ecology of tropical forest tree seedlings*. (Man & Biosphere Series; Vol. 18), UNESCO and The Parthenon Publishing. Group Ltda, Paris, France, p. 3- 39.
- Whitmore, T.C. (1989) Forty years of Rain Forest ecology 1948-1988 in perspective. *GeoJournal* 19(4):347-360.
- Whitmore, T.C. (1978). Gaps in the forest canopy. In: Tomlinson, P.E. & Zimmermann, M.H. (Eds.) *Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press, New York, USA, pp. 639-655.
- Whitmore, T.C. (1975). *Tropical Rain Forest of the Far East*,. Claredon Press, Oxford, England, 282 p.
- Whitmore T.C.; Brown, N.D.; Swaine, M.D.; Kennedy, D.; Goodwin-Bailey, M.C.I. & Gong, W.K. (1993). Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation total in a Bornean Tropical Rain Forest. *Journal of Tropical Ecology* 9: 131-151.
- Whittaker, R. H. & Feeny, P. P. 1971. Allelochemicals: Chemical interactions between species. *Science* 171: 757-770.
- Will, G.M. (1955) Removal of mineral nutrients from tree crowns by rain. *Nature* 176: 1180.
- Withgott, J.(2000) Botanical nursing. *BioScience* 50(6):479-484.
- Wittmann, F. & Junk, W.J. 2003. Sapling communities in Amazonian white-water forests. *Journal of Biogeography* 30: 1533-1544.
- Wright, S.J. (2002) Plant diversity in Tropical Forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia* 130:1-14.
- Wunderle, J.M. (1997) The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99:223-235.
- Zinke, P. J. (1962) The pattern on influence of individual forest trees on soil properties. *Ecology* 43(1)
- Zoltz, G. & Winter, K. (1994) Photosynthesis of tropical canopy tree, *Ceiba pentandra*, in a lowland forest in Panama. *Tree Physiology* 14 :1291-1301.



### 3. Ecofisiologia do uso do nitrogênio em espécies arbóreas

Marcos Pereira Marinho Aidar

Carlos Alfredo Joly

Erico Fernando Lopes Pereira-Silva

Rose Pereira Muniz de Souza

#### 3.1 Uso de nitrogênio em espécies arbóreas

O ciclo biológico do nitrogênio é a conversão do elemento nitrogênio (N) entre as suas diferentes formas dentro da biosfera. O ar é constituído de cerca de 80% de gás nitrogênio ( $N_2$ ), e junto com sedimentos e minerais rochosos, é uma das principais fontes deste elemento na terra. Todos os organismos necessitam de alguma forma de N para produzir aminoácidos e proteínas, ácidos nucleicos, e no caso de bactérias, a parede celular. Portanto, o acesso a um adequado suprimento de N é um pré-requisito para todas as formas de vida. O N é o quarto elemento na composição dos seres vivos, após o carbono, hidrogênio e oxigênio, e apresenta vários estados de oxidação (de  $^{-3}NH_4^+$  a  $^{+5}NO_3^-$ ). As transformações entre as diferentes formas são realizadas por microorganismos, sendo estes os principais responsáveis pela ciclagem de N na biosfera. Apenas bactérias e algas azuis são capazes de fixar  $N_2$  em formas acessíveis para os outros organismos. Os principais processos envolvidos no ciclo de N são: denitrificação – conversão do N orgânico em N gasoso ( $N_2$ ) e óxido nítrico ( $N_2O$ ); nitrificação – conversão dos íons amônia ( $NH_4^+$ ) em nitrato ( $NO_3^-$ ) e nitrito ( $NO_2^-$ ); e fixação de  $N_2$  – conversão de N gasoso em íons amônia e N orgânico (Figura 1).

O ciclo e a disponibilidade de N em solos de floresta foram extensivamente revisados por Atiwill *et al.* (1993), e os autores concluem que a nitrificação não é inibida em muitos solos ácidos, e que mais de 25% da matéria orgânica pode ser mineralizada em florestas tropicais ao ano. Anderson *et al.* (1991) sugerem que o solo da floresta tropical contém de 50 a 80% do N e fósforo (P) do sistema, e que suas quantidades no solo são relativamente grandes quando comparada com a ciclagem anual. A ciclagem de N entre plantas e solo sugere que este é raramente um fator limitante à produção em floresta tropical, exceto em condições especiais, e que P pode ser limitante como consequência da pequena quantidade em circulação. A nitrificação em solos geralmente é realizada por bactérias aeróbias que produzem  $NO_3^-$  pela oxidação da  $NH_4^+$  presente no solo. Este processo demanda oxigênio e, portanto é mais ativo em solos bem drenados e aerados. Em solos mais úmidos (como em Floresta de Restinga) e compactados, a condição anaeróbia favorável à ocorrência de denitrificação passa a ser dominante, e ocorre a redução do  $NO_3^-$  a  $N_2$  tornando o primeiro menos disponível para as plantas. Em ambos os





processos a emissão de óxido nítrico (gás componente do efeito estufa) para a atmosfera é bastante considerável.

Anderson *et al.* (1991) sugere que a nitrificação aumenta após o corte da floresta, mas pode decrescer a níveis basais em 6 meses se o crescimento da vegetação secundária não for impedido. A nitrificação e a lixiviação do  $\text{NO}_3^-$  aumentam dramaticamente após queima, mas estas perdas chegam apenas a cerca de 15% do total, dependendo do tipo de solo. Stewart *et al.* (1993) indicam que o aumento da taxa de nitrificação pode durar até 5 anos após o episódio de fogo, para então declinar, com uma crescente disponibilidade de  $\text{NH}_4^+$ . Martinelli *et al.* (1999) indicam que N é mais disponível em florestas tropicais que em temperadas, podendo inclusive encontrar-se em excesso. Os autores sugerem como consequência, que a floresta tropical deve apresentar ciclagem de N mais aberta e mais enriquecida em  $^{15}\text{N}$ .

O nitrogênio está disponível para plantas superiores terrestres em diferentes formas, que incluem N mineral ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e  $\text{NH}_4^+$  voláteis,  $\text{N}_2$  molecular (fixação simbiótica) e N orgânico (aminoácidos e peptídeos). O  $\text{NO}_3^-$  é considerado a principal fonte de N mineral assimilado pelas raízes das plantas superiores, mas há evidências de que  $\text{NH}_4^+$  pode ser predominante em algumas situações (Stewart *et al.* 1993; Aidar *et al.* 2003). Recentemente, foi demonstrado que N orgânico é fonte importante para comunidades de plantas em uma grande amplitude climática e edáfica (Schmidt *et al.* 1999).

Marschner (1995) indica que  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  correspondem a aproximadamente 80% do total de íons assimilados pelas raízes das plantas terrestres, e que a forma assimilada tem forte impacto no processo de assimilação de outros cátions e ânions, respectivamente, e também na regulação do pH celular e da rizosfera. Pate (1983) sugere que os custos relativos para assimilação de N seguem a seguinte seqüência: fixação  $\text{N}_2$  >  $\text{NO}_3^-$  >  $\text{NH}_4^+$ . O potencial que a simbiose com micorrizas apresenta em relação à nutrição do hospedeiro em P é bem conhecido, mas a sua significância quanto à nutrição de N, incluindo N orgânico, não é ainda muito clara (Turnbull *et al.* 1995). Aidar *et al.* (2004) indicam que simbiose com micorriza é freqüente em espécies da floresta tropical, e que a ocorrência de colonização decresceu ao longo da sucessão e com o aumento da fertilidade do solo.

A redução de  $\text{NO}_3^-$  em  $\text{NO}_2^-$  (nitrito) na raiz ou folha é realizada pela enzima Nitrato Redutase (NR), que é uma enzima altamente regulada pelo substrato, luz, carboidratos, água, temperatura, além de outros fatores ambientais. A estabilidade da enzima *in vivo* favorece ensaios de atividade em condições de campo configurando um indicador do uso potencial de  $\text{NO}_3^-$  como fonte de N para plantas terrestres.

Os estudos ecofisiológicos sobre o uso de nitrogênio em plantas arbóreas tropicais apontam que os grupos funcionais na sucessão secundária têm preferências diferenciadas quanto ao uso das fontes disponíveis no solo: as espécies pioneiras têm preferência por  $\text{NO}_3^-$  e possuem níveis relativamente altos de NR, enquanto que as espécies mais avançadas na sucessão têm



preferência por  $\text{NH}_4^+$  como fonte primária e apresentam níveis relativamente baixos da enzima NR (Stewart *et al.* 1990, 1992; Aidar *et al.* 2003).

A ameaça do aquecimento global como resultado da intensificação do efeito estufa provocado pelas emissões atmosféricas descontroladas de gases originados das atividades econômicas humanas tem provocado crescente preocupação e debate nos últimos anos. As alterações climáticas previstas trarão sérias conseqüências para todos os ecossistemas, além de grande impacto sobre o estilo de vida contemporâneo. Muitos autores indicam que as atividades humanas já dobraram a taxa, que continua a aumentar, da entrada do N nos ecossistemas terrestres resultando em sérios impactos (Vitousek *et al.* 1997) tais como: perdas de nutriente e acidificação do solo, rios e lagos; aumento da quantidade de carbono em ecossistemas terrestres; e perda de biodiversidade, especialmente plantas adaptadas a solos distróficos.

Vitousek *et al.* (1997) apontam que florestas e áreas úmidas variam significativamente em relação à suas capacidades de retenção de N, e que o estado atual do conhecimento na área é ainda muito restrito. O problema principal é que nossa compreensão dos possíveis efeitos das alterações climáticas globais sobre a estabilidade e funcionamento dos ecossistemas florestais é ainda incipiente. Particularmente, é necessário mais informação sobre a relação entre o suprimento de N, associações microbianas, mecanismos fisiológicos e ecológicos que regulam o crescimento da planta e a composição de espécies das comunidades vegetais (Nordin 1998). Este autor enfatiza ainda, que o armazenamento de N em espécies perenes, e a capacidade de assimilação e transporte na planta são características fundamentais para um melhor entendimento dos processos de utilização de N em plantas.

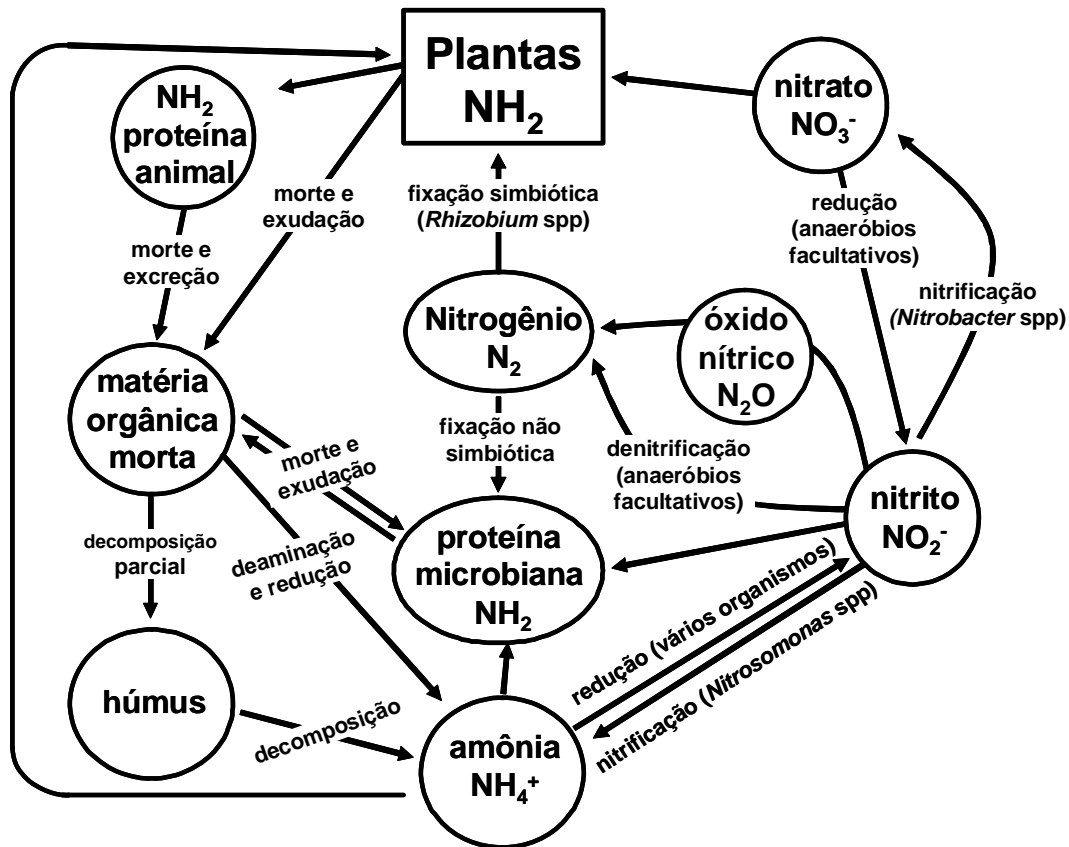


Figura 1. Ciclo biológico do N, identificando as suas diferentes formas, e os principais processos e componentes.

### 3.2. Metodologia para avaliação das estratégias do uso de nitrogênio em espécies arbóreas

O estudo das preferências de uso de nitrogênio em espécies arbóreas é realizado através do desenvolvimento de algumas técnicas experimentais a fim de compor um cenário ecofisiológico quanto às diferentes exigências e estratégias empregadas pelas espécies em função das fontes disponíveis no ecossistema em estudo. A escolha das espécies arbóreas para avaliação deve ser baseada na importância que apresentam na estruturação do ecossistema do ponto de vista fitossociológico, estrutural e funcional. Também espécies e famílias consideradas como referência devem ser escolhidas, visando parâmetros de comparação com outras áreas e ecossistemas.

A classificação sucessional foi baseada em Gandolfi *et al.* (1995) que separa grupos de pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias. Com o objetivo de avaliar as características sazonais, as coletas são realizadas nas estações de verão e inverno.

A abordagem é realizada através do emprego de algumas metodologias visando avaliar os seguintes parâmetros: capacidade de redução de  $\text{NO}_3^-$  foliares e radiculares através do ensaios



de atividade da NR *in vivo*; determinação do conteúdo de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foliares e radiculares; determinação do conteúdo de N total e composição isotópica ( $\delta^{15}\text{N}$ ) foliares; composição de compostos nitrogenados de baixo peso molecular na seiva do xilema (aminoácidos, amidas e  $\text{NO}_3^-$ ); disponibilidade de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  no solo através do uso de resina de troca iônica; análise do conteúdo total de N no solo; ocorrência de simbiose radicular (micorriza e nodulação).

Atividade de nitrato redutase *in vivo*: a coleta de material foliar deve ser realizada pela manhã, sendo amostrados de dois a três ramos do ápice dos indivíduos selecionados. Os ramos e folhas devem ser resfriados em gelo para posterior análise. Folhas totalmente expandidas devem ser utilizadas nos ensaios segundo Stewart *et al.* (1986) utilizando tampão fosfato ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$  100mM), 1-propanol 1% (v/v) e  $\text{KNO}_3$  (100mM). Três tipos de ensaios podem ser realizados: atividade potencial, quando é fornecido o substrato  $\text{NO}_3^-$  na solução de incubação; atividade endógena, quando não é fornecido o substrato na solução de incubação; e indução de atividade, quando é fornecido  $\text{NO}_3^-$  por 24h em ramos destacados mantidos em água e a seguir a atividade potencial da enzima é avaliada como descrito acima.

Conteúdo de nitrogênio total (Nt),  $\text{NO}_3^-$  e composição isotópica ( $\delta^{15}\text{N}$ ) foliares: folhas secas em estufa a  $50^\circ\text{C}$  e moídas são analisadas para Nt e  $\delta^{15}\text{N}$  por fluxo contínuo de isótopos em espectrofotometria de massa de acordo com a metodologia descrita por Aidar *et al.* (2003). Folhas frescas picadas (0,5g) são submetidas à extração por metanol (1:5 w/v) e mantidas em temperatura ambiente por 24 h, quando então são congeladas para análises posteriores de conteúdo de  $\text{NO}_3^-$  de acordo com Cataldo *et al.* (1975).

Coleta e análise de fluido do xilema: a coleta de seiva do xilema deverá ser feita pela manhã através do uso de bomba de vácuo manual em ramos das plantas coletadas. O material vegetal deve ser coletado com o uso de escada, podão e com o auxílio de escalador quando necessário. O fluido deverá ser recolhido, resfriado e transportado para o laboratório e então congelado para análises posteriores. As análises serão feitas em cromatografia líquida de alta performance para determinação do conteúdo de aminoácidos e amidas.  $\text{NH}_4^+$  deve ser determinada colorimetricamente segundo McCullough (1967). A determinação de  $\text{NO}_3^-$  deve ser realizada segundo Cataldo *et al.* (1975).

Análise de solos: são analisadas as taxas de mineralização e amonificação nos solo *in situ* durante os períodos úmido e seco através do uso de sacos de resina de troca iônica mista (Dowex MR-3, Sigma) colocados cinco centímetros abaixo da superfície do solo por um período de 5 dias, de acordo com Stewart *et al.* (1993) e Aidar *et al.* (2003). A resina de troca iônica deve ser submetida a eluição com KCl 2N e o conteúdo de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  em solução são determinados segundo citado acima. As análises físicas e químicas devem ser realizadas segundo os parâmetros de fertilidade de solos proposto por Camargo *et al.* (1986).



### **3.3 Estudos sobre a ecofisiologia do uso de nitrogênio em espécies arbóreas no âmbito do projeto**

Duas das quatro áreas do projeto temático citado vêm sendo estudadas e os resultados resumidos são apresentados a seguir.

#### **3.3.1 Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC)**

A atividade NR e conteúdo de nitrogênio foliar foram avaliados em uma Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia, SP. Os resultados dos parâmetros fitossociológicos foram utilizados para a seleção das espécies mais importantes na área (Rodrigues 2004), tendo sido coletadas de 2 a 3 indivíduos de cada uma. A espécie *Cecropia galziovii*, que mesmo apresentando baixo IVI, foi selecionada para o estudo por se tratar de uma espécie referência para a atividade NR. Os indivíduos das espécies selecionadas foram preferencialmente coletadas ao longo dos transectos perpendiculares definidos e nos dois tipos de solos predominantes na área. A caracterização pedológica dos solos no trecho florestal estudado foi descrito em Rodrigues (2003) e indica a ocorrência de sedimentos holocênicos arenosos de origem marinha apresentando principalmente Espodossolos Ferrocárbicos hidromórficos (permanecem saturados com água em um ou mais horizontes dentro de 100 cm de superfície) e Espodossolos Ferrocárbicos órticos (pode ou não ocorrer saturação hídrica sazonal por período de alguns meses).

Para a caracterização de variação fisionômica entre trechos da Floresta de Restinga, foram utilizados os diagramas de perfis de vegetação ao longo de transeções dentro da área das parcelas permanentes, abrangendo as duas toposseqüências onde a classificação dos solos já foi realizada (Figura 2).

As 21 espécies lenhosas selecionadas e coletadas em abril de 2005, representam 181% do IVI da área de estudo e apresentaram atividade NR muito limitada (Tabela 1), podendo ser consideradas como muito baixa ou baixa (Aidar *et al.* 2003). As espécies *Myrcia racemosa* e *Calophyllum brasiliensis* apresentaram atividade um pouco mais expressiva, mas ainda não configurando uma clara evidência do uso de nitrato ao nível foliar. As espécies apresentaram também de baixa a média concentração de N foliar. Estes resultados em conjunto sugerem pequena disponibilidade de  $\text{NO}_3^-$  no ecossistema e um ambiente relativamente pobre em nitrogênio de modo geral. Mesmo as espécies leguminosas, normalmente mais ricas em N apresentaram baixa atividade de NR e apenas média concentração de N foliar.

Desse modo, ao indicar que as plantas não utilizam o  $\text{NO}_3^-$  como fonte de nitrogênio, pois este não parece estar disponível no solo, podemos sugerir que as espécies possuem outra estratégia de assimilação do nitrogênio, provavelmente envolvendo a  $\text{NH}_4^+$  como sua principal



fonte nutricional. Em solos ácidos do cerrado as espécies vegetais estão adaptadas a esta condição e utilizam a  $\text{NH}_4^+$  preferencialmente. Provavelmente as espécies estudadas dependam de mecanismo de reciclagem interna do nitrogênio que é escasso no ecossistema, sugerindo que são muito eficientes na utilização desse elemento (Aidar *et al.* 2003).

Tabela 1: Médias (desvio padrão entre parêntesis) da atividade da nitrato redutase e conteúdo de N foliar apresentadas pelas espécies estudadas na Floresta de restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso.

Espécie	Família	IVI	ANR	N
<i>Aparisthium cordatum</i> (A. Juss.) Baill.	Euphorbiaceae	3.7	45 (70)	2.6 (1.8)
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) JFMacbr	Fabaceae	9.5	0 (0)	2.3 (7.0)
<i>Balizia pedicellaris</i> (DC.) Barneby & JW Grimes	Mimosaceae	7.8	4 (6)	2.3 (3.8)
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathlge	Cecropiaceae	0.1	99 (109)	2.1 (4.4)
<i>Xylopia langsdorffiana</i> A. St.-Hil. & Tul	Annonaceae	16.2	0 (0)	1.9 (1.7)
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	Fabaceae	2.1	0 (0)	1.7
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	34.8	22 (35)	1.6 (5.1)
<i>Erythroxylum amplifolium</i>	Erythroxylaceae	0.2	0 (0)	1.6 (0.2)
<i>Amaioua intermedia</i> Mart.	Rubiaceae	13.7	9 (13)	1.5 (1.7)
<i>Miconia cubatanensis</i> Hoehne	Melastomataceae	4.5	0 (0)	1.5 (0.9)
<i>Ocotea pulchella</i> (Ness) Mez	Lauraceae	14.3	0 (0)	1.5
<i>Myrcia racemosa</i> (O. Berg) D. Legrand	Myrtaceae	7.6	82 (60)	1.4 (2.9)
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	Clusiaceae	4.6	0 (0)	1.3 (3.5)
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	11.1	23 (10)	1.3 (1.8)
<i>Didymopanax angustissimum</i> Marchal	Araliaceae	8.9	0 (0)	1.3 (1.7)
<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	Myrcinaceae	1.2	0 (0)	1.2
<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	Myrtaceae	6.0	0 (0)	1.1 (2.0)
<i>Calyptanthes conccina</i> DC.	Myrtaceae	5.3	0 (0)	1.1 (1.1)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i> Cambess.	Theaceae	9.1	0 (0)	1.1 (0.8)
<i>Pouteria beaurepairei</i> (Ludge) Roem. & Schult.	Sapotaceae	6.2	0 (0)	0.9
<i>Calophyllum brasiliensis</i> Cambess	Clusiaceae	14.8	80 (7)	0.9

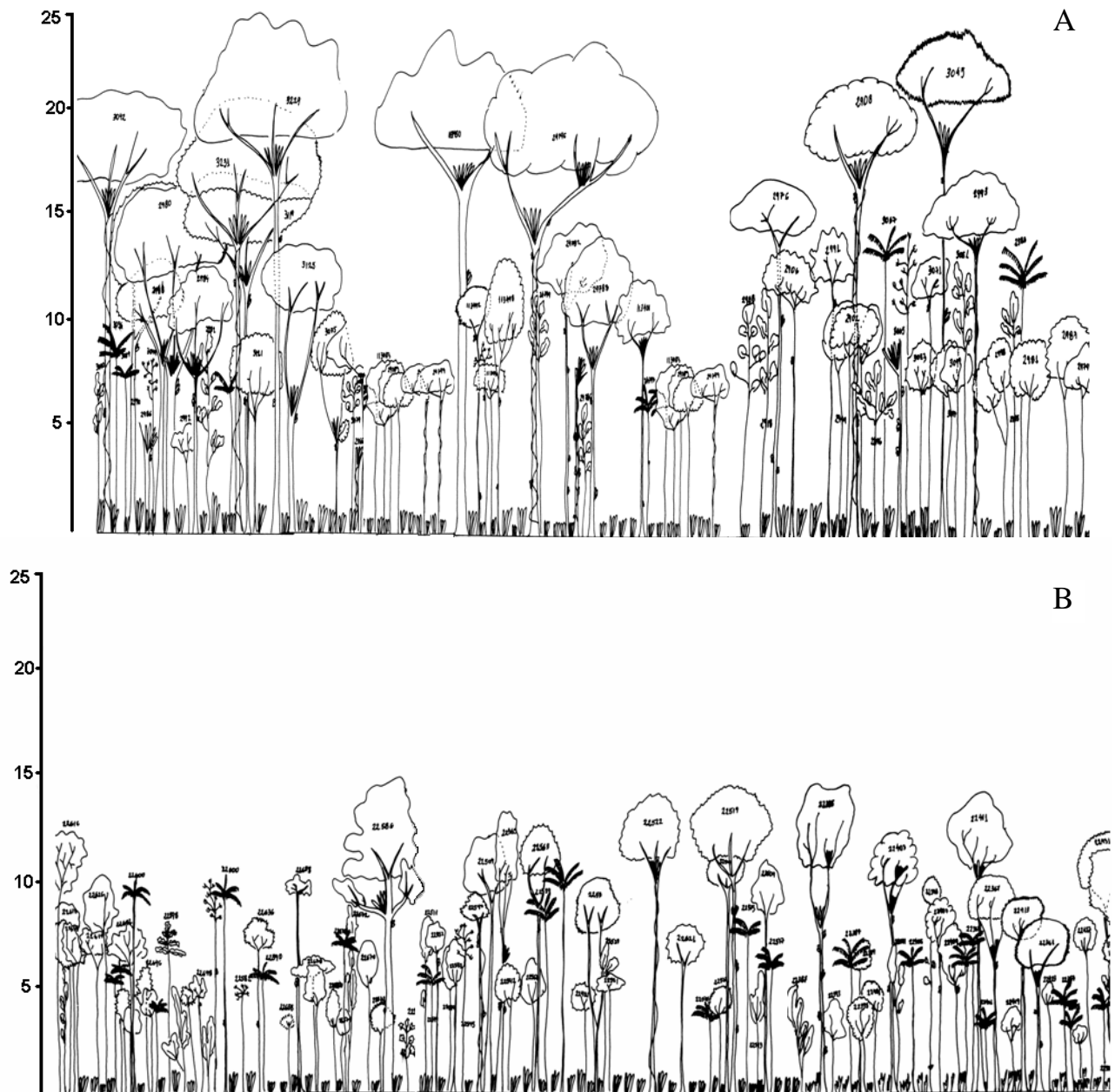


Figura 2. Diagrama de perfil das duas fisionomias predominantes na Floresta de Restinga da Ilha do Cardoso: A – vegetação sobre solo Espodossolo Ferrocárbico típico, compondo um dossel mais alto (22m); B – vegetação sobre solo Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico, há um dossel mais baixo (14m). (Adaptado de Souza & Rodrigues 2004).

Os diferentes indivíduos de *Cecropia gaziovii*, espécie considerada de referência para atividade NR foliar devido sua especialização no uso da redução foliar e radicular de  $\text{NO}_3^-$ , apresentaram valores muito variáveis de atividade de NR (0, 62 e 235  $\text{pkat g}^{-1}\text{PF}$ ), sugerindo que a disponibilidade de  $\text{NO}_3^-$  no ambiente estudado é limitada e provavelmente esta disponível apenas em áreas disjuntas temporal e especialmente, isto é, ocorrendo em pulsos e manchas.



As espécies coletadas nos solos Hidromórfico e Órtico não demonstraram diferenças significativas quanto a atividade NR. Também não foram observadas diferenças significativas em relação ao conteúdo N foliar nos indivíduos coletados nos dois tipos de solos (Tabela 2).

A comparação entre os valores apresentados pelas diferentes famílias botânicas para a media da concentração de N foliar indica que há uma clara diferenciação em grupos taxonômicos: espécies da família das leguminosas apresentam em media  $2.2 \pm 0.5$  % do seu peso seco, conteúdo não muito elevado mas consideravelmente maior que as espécies de Myrtaceae e Myrsinaceae ( $1.2 \pm 0.2$ ), e um grupo intermediário ( $1.6 \pm 0.5$ ) que inclui as famílias Cecropiaceae, Melastomataceae, Lauraceae, e Rubiaceae, confirmando resultados já obtidos em outras fisionomias da Mata Atlântica (Aidar *et al.* 2003) e em Cerradão (Pereira-Silva *et al.* 2006).

As espécies *Aparisthium cordatum*, *Andira antheimia*, *Balizia pedicellaris* apresentam atividade NR muito baixa e maior conteúdo de N foliar (media 2,4%). Este ultimo é um valor que pode ser considerado relativamente baixo quando comparado com outras áreas considerando-se que duas delas são leguminosas que normalmente apresentam maior concentração de nitrogênio em suas folhas. Assim, podemos sugerir que há pequena disponibilidade de nitrogênio no ambiente estudado. É importante ressaltar que em hidromorfo, a nodulação é muito limitada. Outro aspecto importante a ser considerado é a capacidade potencial de reciclagem interna através da remobilização do N (Aidar *et al.* 2003), aspecto esse que não foi possível verificar nesse estudo.

Tabela 2: Comparação da atividade da enzima nitrato redutase ( $\text{pkat g}^{-1}\text{PS}$ ) e conteúdo de N na folha (%PS) em diferentes solos ( Hidromorficos e Órticos). Análise estatística para Teste t indica que não há diferenças significativas entre os dois tipos de solos; ANR  $p > 0.3$  e %N ( $p > 0.9$ ).

Espécie	Solo Hidromórfico		Solo Órtico	
	ANR	N	ANR	N
<i>Andira antheimia</i>	0.0	3.1	0.0	1.7
<i>Amaioua intermedia</i>	0.0	1.4	21.8	1.7
<i>Aparisthium cordatum</i>	0.0	2.6	135.2	2.8
<i>Balizia pedicellaris</i>	6.0	2.7	10.2	2.3
<i>Euterpe edulis</i>	68.5	1.8	0.0	2.5
<i>Garcinia gardneriana</i>	0.0	1.5	0.0	1.0
<i>Miconia cubatanensis</i>	0.0	1.4	0.0	1.6
<i>Myrcia racemosa</i>	31.0	1.2	157.9	1.6
<i>Tapirira guianensis</i>	25.0	1.2	21.8	1.4
media (dp)	15 (23)	1.9 (0.7)	39 (62)	1.8 (0.6)

### Conclusão

As atividades da NR nas espécies estudadas na Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso foram muito limitadas, podendo ser consideradas como muito baixa ou baixa. Este resultado sugere que as plantas não utilizam o  $\text{NO}_3^-$  como fonte de nitrogênio, e portanto podemos sugerir que as espécies utilizam outra fonte de nitrogênio, sendo a  $\text{NH}_4^+$  provavelmente





a principal fonte de nitrogênio disponível para o uso das plantas, mesmo considerando que é um ambiente bastante limitado em nutrientes.

A grande variação nas atividades de NR observada em *Cecropia gaziovii*, sugere que a disponibilidade de nitrato no ambiente estudado é bastante limitada e provavelmente está disponível em manchas espacial e temporalmente disjuntas.

Os valores apresentados pelas diferentes famílias botânicas para a média concentração de nitrogênio foliar sugerem que há uma clara diferenciação em grupos: o grupo das leguminosas, com conteúdo relativamente alto, mirtáceas com conteúdo relativamente baixo e outras no grupo intermediário que inclui as demais famílias. Não existe diferença significativa, nas atividades da enzima NRA e concentração de nitrogênio foliar nas diferentes categorias de solos analisadas.

### 3.3.2 Parque Estadual de Carlos Botelho PECB

A seleção de espécies foi realizada na categorização sucessional proposta por Gandolfi (2000) e pela sua importância na estruturação do ecossistema em estudo. Após a escolha das espécies, foi elaborado um esquema para localização dos indivíduos a serem amostrados dentro das sub-parcelas, considerando a facilidade de acesso e a distribuição dos indivíduos (Figura 3). Foram selecionados de dois a três indivíduos de cada espécie, os quais foram analisados quanto às suas características de aquisição e uso de nitrogênio em dois períodos de 2005, no verão e no inverno (meses de Janeiro e Julho). Os resultados preliminares são apresentados a seguir e referem-se basicamente as atividades de NR foliares e disponibilidade de N no solo.

Foram coletadas 22 espécies arbóreas que representam 25% do índice de valor de importância (IVI) do total das espécies amostradas no PECB, segundo o Rodrigues (2004). Dessas espécies, 27% predominam no estrato com mais 12 m de altura, 18% estão presentes estrato intermediário ( $8 < h < 12$ m) e 55% se encontram no estrato mais inferior ou sub-bosque da floresta ( $h < 8$ m) (Tabela 4).

O agrupamento das espécies em termos de características sucessionais (Tabela 4) mostra que 27% são pioneiras, 18% são secundárias iniciais, 32% são secundárias tardias e o restante (23%) são espécies não caracterizadas (Nc). Segundo Gandolfi *et al.* (1995), são classificadas como Nc as espécies com pouca informação ou que ocorrem em baixa densidade e de forma bastante dispersa, o que dificulta a caracterização quanto ao uso de nitrogênio. Algumas espécies foram representadas por um ou dois indivíduos em função da localização dentro das sub-parcelas ou em função da dificuldade de coleta em altura elevada. Considerando o conhecimento florístico local (Rodrigues, 2004), as famílias melhor representadas na área, por ordem de riqueza, Myrtaceae, Leguminosae, Rubiaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae e Sapotaceae, estão representadas na amostragem deste trabalho.

No período seco, a redução de nitrato em folhas das espécies selecionadas (Tabela 4) apresentaram uma amplitude entre 668 (*Cecropia glaziovii*) e 38 pkat gPF<sup>-1</sup> (*Eugenia cuprea*), com média 155 pkat gPF<sup>-1</sup>. Para o período úmido, a amplitude foi maior variando de 924 (*C. glaziovii*) a 3 pkat gPF<sup>-1</sup> (*Rapanea hermogenesii*), com média 121 pkat gPF<sup>-1</sup>. Durante o período úmido, mais de 90% das espécies apresentaram atividade NR menor que 200 pkat.gPF<sup>-1</sup> e, durante o período seco, mais de 70% tiveram valores inferiores a esse. São valores relativamente baixos quando comparados com os resultados obtidos por Aidar *et al.* (2003) para a Mata Atlântica sobre solo calcário eutrófico, onde o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> apresentavam maior disponibilidade no solo do que no PECB. Entretanto, são valores próximos aos obtidos por Stewart *et al.* (1992, 1993) para formações vegetais do Brasil e da Austrália .

Apesar da escassez de nitrato no solo no momento da amostragem nos dois períodos (Tabela 5), os níveis de atividade NR podem ser considerados elevados, sugerindo que a disponibilidade de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> deve ocorrer no solo em picos temporários. Quando o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> esta disponível, as plantas assimilam e transportaram o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para as folhas onde então são estocados para uso posterior. Isso fica evidenciado pela relativa alta concentração de nitrato foliar nos dois períodos estudados (dados não apresentados).

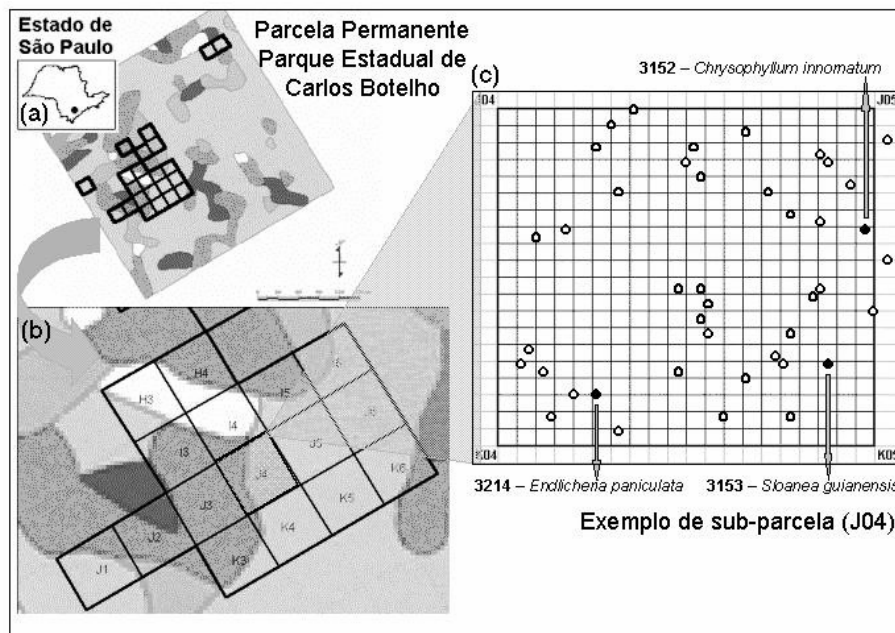


Figura 3. Localização da Parcela Permanente do PECB no contexto estadual (a), algumas das sub-parcelas selecionadas para amostragem (b) e sub-parcela J04 com o exemplo de três indivíduos escolhidos para amostragem (c).



Tabela 3. Lista das espécies selecionadas no Parque Estadual de Carlos Botelho, SP; Chave – chave de identificação das espécies, n - número de indivíduos, Do – dominância nos estratos: S – superior, M – médio, I – inferior, ER – estratégia de regeneração: Pi – pioneira; Si – secundária inicial; St – secundária tardia; Nc – não classificada; h – altura média dos indivíduos, DAP – diâmetro a altura do peito dos indivíduos analisados, e IVI – índice de valor de importância.

Espécie	Chave	Família	n	Do	ER	h	DAP	IVI
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Ha	Euphorbiaceae	3	S	Pi	19,7	141,0	10,2
<i>Guapira opposita</i>	Go	Nyctaginaceae	3	I	Si	7,3	38,5	8,2
<i>Tetrastylidium grandifolium</i>	Tg	Olacaceae	1	S	Nc	18,0	63,5	7,5
<i>Bathysa australis</i>	Ba	Rubiaceae	3	I	Si	7,3	24,0	5,7
<i>Pterocarpus rohrii</i>	Pr	Fabaceae	3	I	Pi	7,3	37,3	5,3
<i>Cryptocarya moschata</i>	Cm	Lauraceae	1	S	St	19,0	185,0	4,1
<i>Marlierea suaveolens</i>	Ms	Myrtaceae	3	I	Nc	7,2	25,7	3,7
<i>Chrysophyllum innornatum</i>	Ci	Sapotaceae	3	M	St	10,0	74,5	3,4
<i>Eugenia cuprea</i>	Ec	Myrtaceae	3	I	Nc	4,6	21,0	3,2
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Ts	Bignoniaceae	4	M	Si	8,0	35,4	3,0
<i>Endlicheria paniculata</i>	Ep	Lauraceae	3	I	Si	7,5	27,2	2,8
<i>Alchornea glandulosa</i>	Ag	Euphorbiaceae	3	I	Pi	7,3	29,5	2,6
<i>Cariniana estrellensis</i>	Ce	Lecythidaceae	3	M	St	11,5	69,5	2,2
<i>Sloanea guianensis</i>	Sg	Elaeocarpaceae	3	S	St	14,7	86,8	2,1
<i>Hymenaea courbaril</i>	Hc	Caesalpiniaceae	2	S	St	12,8	128,5	2,0
<i>Guarea macrophylla</i>	Gm	Meliaceae	3	I	Nc	5,3	25,2	1,6
<i>Cecropia glaziovii</i>	Cg	Cecropiaceae	3	I	Pi	7,5	20,0	1,5
<i>Casearia sylvestris</i>	Cs	Flacourtiaceae	2	I	Pi	6,5	21,8	1,4
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	Tr	Euphorbiaceae	3	M	Pi	10,5	30,9	1,2
<i>Roupala brasiliensis</i>	Rb	Proteaceae	3	S	St	18,7	89,7	1,1
<i>Inga marginata</i>	Im	Mimosaceae	3	I	St	6,2	23,8	1,0
<i>Rapanea hermogenesii</i>	Rh	Myrsinaceae	3	I	Nc	5,8	35,0	1,0

Tabela 4. Valores médios e desvio padrão (DP) da atividade de nitrato redutase (ANR) nos períodos seco e úmido das espécies lenhosas selecionadas no Parque Estadual de Carlos Botelho, SP.

Espécie	Úmido		Espécie	Seco	
	pkat/gPF	DP		pkat/gPF	DP
<i>Cecropia glaziovii</i>	923,75	325,29	<i>Cecropia glaziovii</i>	667,55	169,13
<i>Casearia sylvestris</i>	371,33	2,46	<i>Casearia sylvestris</i>	382,79	374,33
<i>Sloanea guianensis</i>	195,53	304,41	<i>Sloanea guianensis</i>	43,54	0,00
<i>Pterocarpus rohrii</i>	155,16	106,52	<i>Pterocarpus rohrii</i>	230,49	146,69
<i>Guapira opposita</i>	123,51	69,43	<i>Guapira opposita</i>	74,88	25,24
<i>Chrysophyllum innornatum</i>	107,76	135,34	<i>Chrysophyllum innornatum</i>	107,14	84,26
<i>Inga marginata</i>	105,83	86,49	<i>Inga marginata</i>	519,81	275,11
<i>Marlierea suaveolens</i>	104,21	10,77	<i>Marlierea suaveolens</i>	87,23	34,01
<i>Eugenia cuprea</i>	98,88	62,28	<i>Eugenia cuprea</i>	37,98	11,82
<i>Tabebuia serratifolia</i>	95,64	47,52	<i>Tabebuia serratifolia</i>	145,14	173,21
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	80,51	54,18	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	94,17	38,31
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	55,75	60,60	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	42,84	7,84
<i>Alchornea glandulosa</i>	42,76	20,73	<i>Alchornea glandulosa</i>	53,49	8,84
<i>Roupala brasiliensis</i>	38,21	9,89	<i>Roupala brasiliensis</i>	69,70	51,15
<i>Cariniana estrellensis</i>	25,32	4,66	<i>Cariniana estrellensis</i>	53,88	23,87
<i>Endlicheria paniculata</i>	22,93	13,64	<i>Endlicheria paniculata</i>	50,79	20,72
<i>Guarea macrophylla</i>	19,92	7,13	<i>Guarea macrophylla</i>	191,13	161,75
<i>Bathysa australis</i>	17,45	10,03	<i>Bathysa australis</i>	356,01	271,42
<i>Hymenaea courbaril</i>	15,52	0,65	<i>Hymenaea courbaril</i>	66,69	0,00
<i>Cryptocarya moschata</i>	7,18	0,00	<i>Cryptocarya moschata</i>	38,44	0,00
<i>Tetrastylidium grandifolium</i>	45,39	0,00	<i>Tetrastylidium grandifolium</i>	41,22	0,00
<i>Rapanea hermogenesii</i>	2,78	4,61	<i>Rapanea hermogenesii</i>	45,08	25,20

Tabela 5. Valores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) (desvio padrão entre parênteses) para os períodos seco e úmido no solo do PECB, avaliados através de resina de troca iônica.

	Seco	Úmido
$\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{g/g}$ )	0	0
$\text{NH}_4^+$ ( $\mu\text{g/g}$ )	0,14 (0,08)	0,27 (0,04)

As espécies que se destacaram pela alta atividade NR dois períodos de análise foram *Cecropia glaziovii*, *Casearia sylvestris*, *Inga marginata*, *Bathysia australis* e *Pterocarpus rohrii*. Em estudos realizados por Stewart *et al.* (1992) e Aidar *et al.* (2003), foi verificado que espécies de estágios iniciais de sucessão, como *C. glaziovii* estudada no PECB (Figura 4), possuem alta atividade de nitrato redutase foliar.

A partir dessa categorização em grupos sucessionais foi possível verificar que, tanto no período seco como no período úmido, espécies pioneiras, como *C. glaziovii* e *C. sylvestris*, apresentaram elevada atividade de nitrato redutase. Das espécies pioneiras, 50% tiveram atividade superior a  $200 \text{ pkat g}^{-1} \text{ PF}$  no período seco e, 30% no período úmido; das secundárias iniciais, 75% apresentaram atividade menor que  $200 \text{ pkat g}^{-1} \text{ PF}$  para os dois períodos; e 85% das secundárias tardias tiveram atividade inferior a esse valor de atividade de nitrato redutase no período seco e 100% no período úmido.

Ficou evidente que a média para os dois períodos foi bastante diferenciada entre os grupos Pi e Si, entretanto, em relação aos grupos Si e St, a média de atividade não foi significativamente diferente para os dois períodos. Estes resultados corroboram os obtidos por Aidar *et al.* (2003).

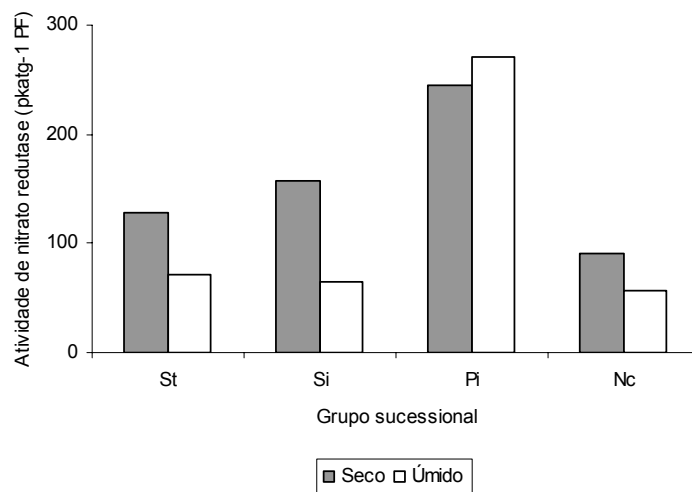


Figura 4. Variação de atividade de nitrato redutase por grupo sucessional para os períodos seco e úmido, Parque Estadual de Carlos Botelho, SP. As espécies estão agrupadas de acordo com Gandolfi (2000) em St (Secundária tardia), Si (Secundária inicial), Pi (Pioneira) e Nc (Não caracterizada).



### Conclusão

Os Esses resultados preliminares apresentados neste relatório mostram que espécies pioneiras possuem níveis relativamente altos de atividade de nitrato redutase e têm preferência ao nitrato como fonte de nitrogênio, reforçando os resultados apresentados por Stewart & Orebanjo (1983), Smirnoff *et al.* (1984), Stewart *et al.* (1988, 1990) e Aidar *et al.* (2003).

Os resultados da análise de resina de troca iônica mostraram a escassez de nitrato no solo nos dois períodos analisados. Essa escassez pode estar relacionada a picos temporários na concentração desse íon que, quando disponibilizado, é rapidamente assimilado pelas plantas. O conteúdo de  $\text{NO}_3^-$  relativamente elevado nas folhas indica que o composto esteve disponível em algum momento não muito anterior ao momento das coletas, evidenciando que esta disponibilidade deve ocorrer em pulsos, tanto temporal como espacialmente.

### 3.3.3 Principais dificuldades encontradas no trabalho nas áreas de trabalho, Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e Carlos Botelho.

As duas principais dificuldades enfrentadas nas coletas de campo foram: falta de energia elétrica para os equipamentos de atividade enzimática (bomba de vácuo, espectrofotômetro) e também refrigeração das coletas, amostras e soluções; deficiência de coleta de material vegetal da copa das árvores mais altas, devido à dificuldade de realização através de coletores especializados contratados.

## 3.4. Conclusão geral

Ambos ambientes estudados, Floresta de Restinga e Floresta Ombrófila Densa, apresentaram disponibilidade muito pequena de  $\text{NO}_3^-$  no solo durante os períodos de coleta. Os resultados obtidos para conteúdo de N e redução de nitrato foliares na Restinga indicam pequena disponibilidade de  $\text{NO}_3^-$  no ambiente e também baixo conteúdo foliar de N, sugerindo que o ecossistema é bastante oligotrófico para esse elemento. Também pode ser sugerido que a disponibilidade desse composto apresenta grande variabilidade espacial e temporal.

A relativamente alta concentração de  $\text{NO}_3^-$  foliar nas espécies da Floresta Densa indica que esse composto esteve disponível pouco tempo antes do período em que foram realizadas as coletas sazonais na área de estudo. Também foi observado alta capacidade de redução de  $\text{NO}_3^-$  nas folhas das espécies avaliadas, notadamente as espécies pioneiras, cujo melhor exemplo é o Gênero *Cecropia*. Estes dois aspectos sugerem que a Floresta Densa apresenta pulsos sazonais e temporais de disponibilidade de  $\text{NO}_3^-$ .



O conjunto de resultados obtidos até o momento indica que é necessário aprofundar o estudo sobre a influência das condições sazonais, temporais e espaciais na mineralização e disponibilidade de  $\text{NO}_3^-$  nos ecossistemas em estudo.

## **Referências Bibliográficas**

- Aidar, M.P.M.; Schmidt, S.; Moss, G.; Stewart, G.R. e Joly, C.A. 2003. Nitrogen use strategies of neotropical rainforest trees in threatened Atlantic Forest. *Plant, cell and environment* 26:389-400.
- Aidar, M.P.M.; Carrenho, R. e Joly, C.A. 2004. Aspects of arbuscular mycorrhizal fungi in an Atlantic Forest chronosequence Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. *Biota Neotropica* 4 <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?article+BN02504022004>
- Anderson, J.M. e Spencer, T. 1991. Carbon, nutrient and water balances of tropical rain forest ecosystems subject to disturbance. *MAB Digest* 7, UNESCO, Paris, 95p.
- Attiwill P.M. e Adams M.A. 1993. Nutrient cycling in forests. *New Phytologist* 124: 561-582.
- Camargo, O.A.; Moniz, A.C.; Jorge, J.A. & Valadares, J.M.A.S. 1986. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. *Technical Bulletin of Campinas Agronomic Institute* 106. 94p.
- Cataldo, D.; Haaron, M.; Scharader, L.E.; Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications of soil science and plant analysis* 6(1):71-80.
- Gandolfi, S.; Leitão Filho, H.F. e Bezerra, C.L.F. 1995. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma Floresta Mesófila Semidecídua no município de Guarulhos. *Revista Brasileira de Biologia* 55(4):753-767
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
- Martinelli, L.A.; Piccolo M.C.; Townsend, A.R.; Vitousek, P.M.; Cuevas, E.; McDowell, I.W.; Robertson, G.P.; Santos, O.C. e Treseder, K. 1999. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. *Biogeochemistry* 46:45-65
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clinica Chimica Acta* 17:297-304.
- Nordin, A. 1998. Physiological Ecology of nitrogen utilisation by forest plants. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 76:1-46.
- Pate, J.S. 1983. Patterns of nitrogen metabolism in higher plants and their ecological significance. pp. 225-256. In: *Nitrogen as an Ecological Factor* (Lee J.A., McNeil S. & Rorison I.H., eds.). Blackwell, Oxford.
- Pereira-Silva, E.F.L., Santos, J.E., Hardt, E. & Aidar, M.P.M. 2005. Atividade de nitrato redutase e conteúdo de nitrogênio em folhas de espécies lenhosas de um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. In: J.E. Santos & J.S.R. Pires (editores). *Estação Ecológica de Jataí vol. 3*. Editora Rima, São Carlos. In press.
- Rodrigues, R.R. 2004. III Relatório Científico do projeto Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado São Paulo: 40 ha de Parcela Permanentes. <http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/>
- Rodrigues, R.R. 2003. II Relatório Científico do projeto Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado São Paulo: 40 ha de Parcela Permanentes. <http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/>



- Schmidt, S. e Stewart, G.R. 1999. Glycine metabolism by plant roots and its occurrence in Australian plant communities. *Australian Journal of Plant Physiology* 26: 253-264.
- Smirnov, N.; Tood, P.; Stewart, G.R. 1984. The occurrence of nitrate reduction in the leaves of woody plants. *Annual Botanical* 54:363-374.
- Souza, R.P.M. e Rodrigues, R.R. 2004. Fisionomia da floresta de restinga numa parcela permanente na Ilha do Cardoso, Cananéia-SP. Anais do III Simpósio Interno do Projeto Parcelas Permanentes 11 a 14 de julho de 2004. P.E. Ilha do Cardoso Cananéia - SP
- Stewart, G.R.; Popp M.; Holzapfel I.; Stewart J.I. e Dickie-Eskew, A. 1986. Localization of nitrate reduction in ferns and its relationship to environment and physiological characteristics. *The new phytologist* 104:373-384.
- Stewart, G.R.; Gracia, C.A; Hegarty, E.E.; Spetch, R.L. 1990. Nitrate reductase and chlorophyll content in sun leaves of subtropical Australian closed-forest (rainforest) and open-forest communities. *Oecologia* 82:544-551.
- Stewart, G.R.; Hegarty, E.E.; Spetch, R.L. 1988. Inorganic nitrogen assimilation in plants of Australian rainforest communities. *Physiology Plant* 74:26-33.
- Stewart, G.R.; Joly, C.A; Smirnov, N. 1992. Partitioning of inorganic nitrogen assimilation between the roots and shoots of cerrado and forest trees of contrasting plant communities of South East Brazil. *Oecologia* 91:511-517.
- Stewart, G.R.; Orenajo, T.O. 1983. Studies of nitrate utilisation by the dominant species of regrowth vegetation of tropical West Africa: A Nigerian example. In: Lee, J.A., McNeill, S. & Rorison, I.H. (eds.). *Nitrogen as an ecological factor*, Blackwell, pp.167-188.
- Stewart, G.R.; Pates, J.S.; Unkovich, M. 1993. Characteristics of inorganic nitrogen assimilation of plants in fire-prone Mediterranean type vegetation. *Plant, cell and environment* 16:351-363.
- Turnbull M.H., Goodall R. & Stewart G.R. 1995. The impact of mycorrhizal colonization upon nitrogen source utilization and metabolism in seedlings of *Eucalyptus grandis* Hill. ex. Maiden and *Eucalyptus maculata* Hook. *Plant, Cell and Environment* 18, 1386-1394.
- Vitousek, P.M.; Aber, J.D.; Howarth, R.W.; Likens, G.E.; Matson, P.A.; Schindler, D.W.; Schlesinger, W.H.; Tilman, D.G. (1997) Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecological Applications* 7(3): 737- 750



## 4. Elementos Químicos

Elvis J. De França, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Camila Elias, Angela A.

Ferrari, Márcio A. Bacchi

Laboratório de Radioisótopos, Centro de Energia Nuclear na Agricultura,

Universidade de São Paulo,

### 4.1 Introdução

A implicação dos elementos químicos está relacionada com a funcionalidade dessas substâncias nos processos fisiológicos essenciais dos organismos vivos. A essencialidade está relacionada com o peso molecular dos elementos químicos sendo aqueles mais leves, essenciais (Sterner, 1995). Os elementos químicos podem ser divididos em três grupos funcionais: - estruturais (C, H, O, N, P, S, Si, Ca), - eletrolíticos (K, Na, Ca, Cl, Mg), e - enzimáticos (V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, B, Sn, Se, F, I, Mg). Esses elementos causam significativas mudanças nos ecossistemas quando presentes em altas concentrações, enquanto outros elementos têm efeito tóxico sobre organismos geralmente em quantidades traço (Markert et al., 2000), ou seja, concentrações menores que  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  (Mcnaught & Wilkinson, 1997).

Algumas classificações biológicas de elementos químicos têm sido sugeridas em complementação à classificação da tabela periódica, construídas a partir de semelhanças físico-químicas e utilização pelos seres vivos (Markert et al., 2000). Proposto por Fränzle & Markert (2000), o Sistema Biológico dos Elementos (BSE) demonstrou a evolução na utilização de elementos químicos por seres vivos (Figura 4.1.1). É interessante ressaltar que a essencialidade de alguns elementos ainda não foi confirmada, enquanto outros, como As, Br, Cd, Cr, Hg, Sb e Zn, são considerados poluidores (Aidid, 1988).

Os componentes biológicos de um ecossistema podem acumular elementos químicos, especialmente metais pesados, devido à característica de adaptabilidade às variações químicas do ambiente (Kabata-Pendias & Pendias, 1984; Koyama et al., 1987). Assim, estes organismos podem ser utilizados como bioindicadores para informar a qualidade do ambiente ou como biomonitores para quantificar esta qualidade (Markert, 1991). Empregam-se como bioindicadores ou biomonitores musgos, plantas superiores e animais (Markert, 1993; Bruns et al., 1999; Wappelhorst et al., 2000; Pichtel et al., 2000; Murray & Hendershot, 2000; Burton et al., 2000). As vantagens da utilização de plantas vasculares como biomonitoras são a morfologia, fisiologia e ecologia bem conhecidas, a facilidade de identificação das espécies, sendo necessário especialista em ocasiões esporádicas, fáceis cultivo e reprodução, a grande relevância ecológica por serem interceptoras de elementos químicos em ecossistemas florestais, especialmente espécies arbóreas, e a tolerância à toxicidade pela maior parte das espécies mesmo em áreas



com poluição atmosférica elevada (Markert, 1993). Além disso, espécies bioacumuladoras devem ser aquelas com maior taxa de crescimento no ecossistema (Sterner, 1995),.



Figura 4.1.1. Sistema Biológico dos Elementos construído a partir da correlação de dados da função fisiológica dos elementos individuais em organismos vivos, do desenvolvimento evolutivo do ambiente inorgânico e de informações da absorção dos elementos pela planta (molécula simples ou troca de íons). Os elementos H e Na exercem várias funções no sistema biológico, por isso não são fixos no sistema. Adaptado de Fränzle & Markert (2000)

Entretanto, um dos principais problemas no uso de plantas para a monitorização ambiental de elementos químicos é a existência de inúmeros processos que podem influenciar a composição química dos vegetais (Reimann et al., 2001). A partir do estudo de alguns desses processos como a ciclagem bioquímica e a contribuição atmosférica, é possível conhecer a proveniência dos elementos químicos observados nas folhas das árvores, obtendo-se padrões ambientais de referência de alta qualidade, desejáveis na definição de estratégias para a conservação do ecossistema. Para isso, técnicas analíticas multielementares são recomendadas. No Brasil, é relevante o emprego da técnica de análise por ativação neutrônica instrumental (INAA) no estudo de biomonitoradores (Saiki et al., 1997; França et al., 2003a; Coccaro et al., 2000; Maria et al., 2000; França et al., 2004; França et al., 2005; Elias et al., 2006). Tal conhecimento



vem se tornando cada vez maior pela necessidade de avaliar a influência antrópica sobre os ecossistemas e de estabelecer padrões de referência para estudos de impacto ambiental.

A determinação química multielementar por INAA facilita a avaliação da contaminação da superfície do material vegetal a ser analisado (Ferrari et al., 2006). A contaminação da superfície de folhas é um fato conhecido e bastante preocupante em análise de plantas, pois o material exógeno incrementa a concentração dos elementos químicos determinados (Wyttenbach & Tobler, 1998). Este problema é resolvido pela lavagem com substâncias detergentes apropriadas que, mesmo retirando o material depositado nas folhas, não promovem a lixiviação de elementos químicos endógenos (Markert, 1995). Além disso, a determinação de alguns elementos, como Ti e Al (Ernst, 1995; Fernandes et al., 1995) e Sc (Fernandes, 1993; Hinton et al., 1995; Fernandes, 1997) auxilia na estimativa da contaminação superficial. Com a lavagem de folhas, avalia-se a influência da contaminação superficial, tanto pela diferença observada entre as concentrações químicas elementares das folhas lavadas com solvente mais água destilada e água de torneira, quanto pela razão de concentração folha/solo de elementos traçadores de solo, parâmetro este bastante utilizado para estudos dessa categoria (Markert, 1995; Wyttenbach & Tobler, 1998). Elementos químicos como Fe, Hf, Sc e Th mostram-se enriquecidos nos compartimentos vegetais (França et al., 2003), com evidência da relação com as partículas de solo aderidas às folhas. Conseqüentemente, estudos de ciclagem e biomonitoração podem ser diretamente influenciados pelo material contaminante da superfície.

A manutenção de um ecossistema é dependente de fatores como clima, estresse hídrico, disponibilidade de elementos químicos, poluição e manejo (Hovmand & Riis-Nielsen, 1999). A ciclagem de elementos químicos é resultado da interação desses fatores, o que a torna essencial ao funcionamento de um ecossistema (Putman, 1994). Os ecossistemas naturais estão sujeitos a impactos antrópicos de caráter direto ou indireto. Indiretamente, a poluição afeta a conservação de ecossistemas naturais, pois interfere na ciclagem de elementos químicos (Grantz et al., 2003). Estudos envolvendo ciclagem em ecossistemas brasileiros ficam muitas vezes limitados à avaliação dos elementos químicos nutrientes determinados por técnicas analíticas usuais. Porém, existem outros elementos químicos na vegetação de importância científica e prática, cuja distribuição merece ser investigada.

Algumas espécies vegetais proporcionam maior sensibilidade de detecção de impactos quando selecionadas com base no conhecimento do processo de bioacumulação de elementos químicos nos compartimentos. A identificação de espécies nativas bioindicadoras facilita a monitoração da unidade de conservação com relação ao fluxo de elementos químicos, não necessitando, assim, do emprego de organismos exóticos.

Organismos epifíticos têm grande potencial de aplicação como biomonitores para a avaliação do grau de poluição atmosférica (Wolterbeek, 2002), contribuindo significativamente para a conservação da biodiversidade. Bromélias biomonitoras já vêm sendo utilizadas para



avaliar o impacto da poluição atmosférica em ecossistemas, principalmente a espécie *Tillandsia usneoides* (Calasans et al., 1997; Pyatt et al., 1999; Figueiredo et al., 2001), devido à sua ampla distribuição, à adaptação morfológica para retirada de nutrientes da atmosfera e ao sistema radicular reduzido, voltado para a fixação da planta. Todavia, de acordo com os resultados do levantamento fitossociológico realizado (Breier, 2005), *Tillandsia usneoides* não ocorre no interior das parcelas permanentes. Ao considerar o caráter de conservação de biodiversidade da pesquisa realizada, a biomonitoração ativa (Markert, 1991), realizada pela transferência de indivíduos cultivados para o interior das parcelas, torna-se inaceitável. Dessa maneira, é altamente recomendado o estudo de utilização de bromélias nativas das parcelas para a biomonitoração.

Além disso, a determinação de elementos químicos em espécies de bromélias epífitas permite avaliar aspectos da ciclagem de elementos químicos. Os organismos epífitos formam um compartimento especial acima do nível do solo (Breier, 2002), sendo importantes para a ciclagem de elementos químicos e, conseqüentemente, para a conservação do ecossistema (Golley et al., 1978). Desse modo, bromélias de ecossistemas tropicais vêm sendo estudadas na avaliação da ciclagem (Nadkarni & Matelson, 1992). Diferentemente das espécies terrestres, as epífitas são reflexo das entradas atmosféricas do ecossistema, que tornam-se fontes essenciais de elementos químicos para as florestas tropicais (Jordan, 1985).

Os compartimentos solo, folha, serrapilheira e epífita foram investigados quanto à composição de elementos químicos visando os estudos de ciclagem e de biomonitoração. A composição de elementos químicos de folhas foi utilizada na tentativa de discriminação das espécies arbóreas. A metodologia foi desenvolvida na Parcela Permanente do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), cujo bioma da Mata Atlântica é caracterizado como um dos mais diversos e complexos para estudos dessa categoria. Além disso, a Mata Atlântica é considerada um dos mais importantes ecossistemas em termos de conservação da biodiversidade global devido à sua constante perda de hábitats e ao endemismo de algumas espécies (Myers et al., 2000).

A determinação de elementos químicos foi realizada a partir dos projetos de Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado Direto desenvolvidos no Laboratório de Radioisótopos do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (LRI/CENA/USP), empregando-se a técnica de análise por ativação neutrônica instrumental (INAA). O Laboratório de Radioisótopos realiza suas atividades no âmbito do Sistema da Qualidade para laboratórios de ensaio e calibração (Norma NBR 17025), assim como é um centro-satélite de elementos traços da UNESCO na América Latina (UNESCO Satellite Centre).

## **4.2 Material e Métodos**



#### 4.2.1 Amostragem

A seleção dos compartimentos do ecossistema a serem estudados foi então direcionada a partir dos objetivos dos três sub-projetos do Projeto 40ha de Parcelas Permanentes desenvolvidos no período de 2000 a 2006, todos financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP):

- Projeto de Doutorado Direto número 03/01075-2 “Espécies Arbóreas Nativas da Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana (Mata Atlântica) Bioacumuladoras de Elementos Químicos”,
- Projetos de Iniciação Científica números 02/13686-3 “Análise por Ativação Neutrônica Instrumental Aplicada ao Estudo da Contaminação da Superfície de Folhas” e 04/11027-8 intitulado “Bromélias para a Biomonitoração de Elementos Químicos na Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana (Mata Atlântica)”, respectivamente.

Os estudos foram desenvolvidos nos 10,24ha amostrados da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadula de Carlos Botelho, que é subdividida em 256 sub-parcelas (20 x 20 m) nomeadas de A a P no sentido latitudinal e de 0 a 15, longitudinalmente, com numeração e mapeamento de todos os indivíduos do estrato arbóreo com perímetro à altura do peito (PAP) maior que 15 cm (Figura 4.2.1.1). Os projetos foram baseados nos estudos fitossociológicos das espécies arbóreas, assim como das espécies epifíticas, também estudadas na parcela permanente (Breier et al., 2005).

Folhas das espécies arbóreas mais abundantes foram coletadas (Tabela 4.2.1.1). Folhas de bromélias foram coletadas no entorno da parcela permanente (Tabela 4.2.1.2) nas seguintes localizações, ou seja, saída, A00, A01, A03, A04, A05, A06, A08, A11, A12, B00, C00, D00, E00 e F00, devido à necessidade de retirada dos indivíduos completos. As amostras de solos foram coletadas em pontos distribuídos em cruz sob a projeção das copas das árvores na profundidade de 0–10 cm. Amostras de serrapilheira foram coletadas utilizando redes projetadas acima do solo nos meses de agosto e setembro de 2004.

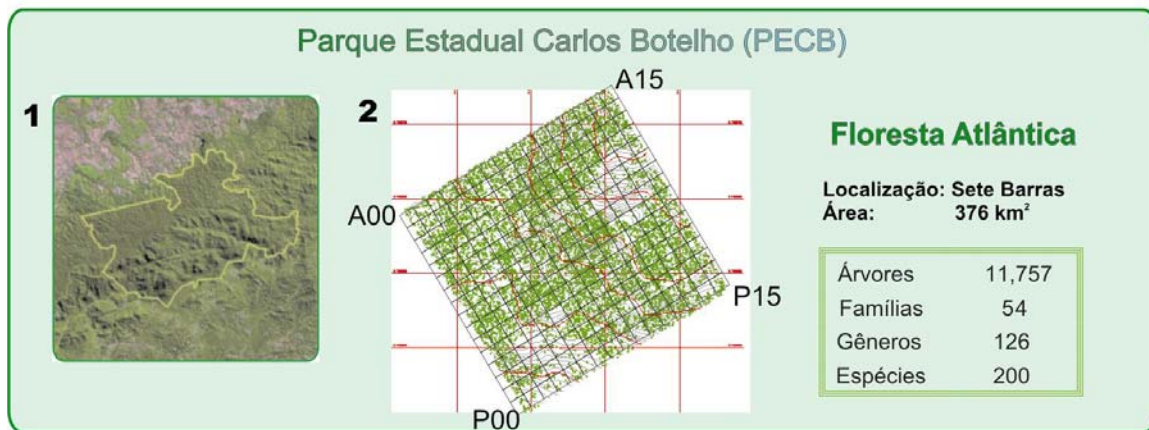
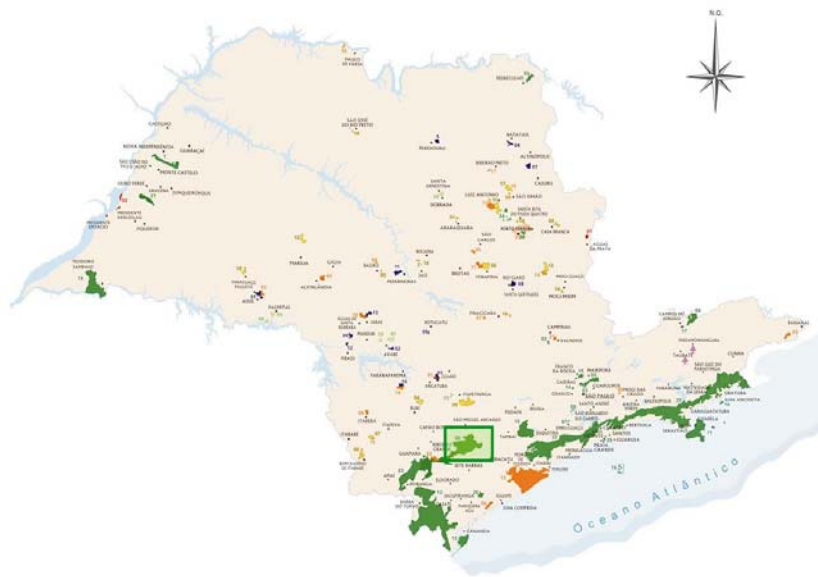


Figura 4.2.1. Unidades de conservação do Estado de São Paulo. (1) Imagem de satélite (Landsat) do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB). (2) Indivíduos arbóreos mapeados nos 10,24ha dea Parcela Permanente de Floresta Ombrófila densa Sub-Montana (Floresta Atlântica) e sub-parcelas






Tabela 4.2.1.1 Espécies arbóreas estudadas na parcela permanente do Parque Estadual Carlos Botelho

Nome	Abreviatura	Família
<i>Alsophila sternbergii</i>	Aste	Cyatheaceae
<i>Bathysa australis</i>	Baus	Rubiaceae
<i>Calycorectes australis</i>	Caus	Myrtaceae
<i>Chrysophyllum innornatum</i>	Cinn	Sapotaceae
<i>Chrysophyllum viride</i>	Cvir	Sapotaceae
<i>Coussarea contracta</i>	Ccon	Rubiaceae
<i>Endlicheria paniculata</i>	Epan	Lauraceae
<i>Eugenia cuprea</i>	Ecup	Myrtaceae
<i>Eugenia melanogyna</i>	Emna	Myrtaceae
<i>Eugenia mosenii</i>	Emii	Myrtaceae
<i>Eugenia xiriricana</i>	Exir	Myrtaceae
<i>Euterpe edulis</i>	Eedu	Arecaceae
<i>Garcinia gardneriana</i>	Ggar	Clusiaceae
<i>Gomidesia flagellaris</i>	Gfla	Myrtaceae
<i>Guapira opposita</i>	Gopp	Nyctaginaceae
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Halc	Euphorbiaceae
<i>Marlierea suaveolens</i>	Msua	Myrtaceae
<i>Marlierea tomentosa</i>	Mtom	Myrtaceae
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	Mmyr	Myrtaceae
<i>Nectandra membranacea</i>	Nmem	Lauraceae
<i>Neomitranthes glomerata</i>	Nglo	Myrtaceae
<i>Rudgea jasminoides</i>	Rjas	Rubiaceae
<i>Tetrastylidium grandifolium</i>	Tgra	Olacaceae
<i>Virola bicuhyba</i>	Vbic	Myristicaceae



Tabela 4.2.1.2 Espécies de epífitas coletadas na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana, do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB)

<b>Espécies</b>	<b>Identificação</b>	<b>Número de replicatas</b>	<b>Imagem</b>
<i>Aechmea coelestis</i>	AC	2	
<i>Billbergia amoema</i>	BA	3	
<i>Canistropsis billbergioides</i>	CB	5	
Espécie não determinada	Sp	1	Sem imagem
<i>Nidularium cf. inocentii</i>	NI	1	
<i>Nidularium krisgreeniae</i>	NK	2	
<i>Phymatidium cf. tillandsoides</i>	PT	1	
<i>Tillandsia stricta</i>	TS	1	
<i>Vriesea carinata</i>	VC	2	
<i>Vriesea ensiformis</i>	VE	1	
<i>Vriesea incurvata</i>	VI	2	
<i>Vriesea vagans</i>	VV	2	



#### 4.2.2 Preparação das amostras e análise química

As folhas foram lavadas em água de torneira, seguindo-se de secagem a 60 °C em estufa até peso constante, com conseguinte redução de granulometria até 0,5 mm em moinho de rotor de titânio com câmara em teflon para evitar contaminação das amostras com metais de interesse analítico. Paralelamente, folhas foram separadas e lavadas por diferentes métodos (solução 0,01 M de ácido etileno-diamino-tretacético – EDTA seguido de água bidestilada – Tratamento 1 e água de torneira – Tratamento 2) para o estudo da contaminação da superfície de folhas. As amostras de solos foram secas em estufa de circulação forçada a 105°C até peso constante, seguido de redução de granulometria (1 mm) em moinho de disco orbital.

Após a homogeneização, porções analíticas de aproximadamente 300 mg foram transferidas para cápsulas de polietileno de elevada pureza fabricadas especialmente para irradiação com nêutrons pela Vrije Universiteit, Amsterdã, Holanda. Para verificar a qualidade do procedimento analítico, foram irradiadas porções analíticas de diversos materiais de referência certificados de acordo com a matriz a ser analisada. Fragmentos de 10 mg de uma liga de Ni-Cr com concentração caracterizada dos elementos monitores e homogeneidade comprovada (França et al., 2003b) foram intercalados entre as cápsulas para monitoração do fluxo de nêutrons térmicos durante a irradiação. No momento do encapsulamento, foram retiradas sub-porções das amostras para a determinação de umidade em estufas de circulação forçada, cujas concentrações foram corrigidas na emissão do relatório final.

Cápsulas vazias foram irradiadas conjuntamente às amostras de modo a detectar elementos químicos interferentes. Elementos como Br, Cr, Na e Zn são tipicamente encontrados nas cápsulas em concentrações variáveis de 0,2 mg g<sup>-1</sup> a 0,25 mg g<sup>-1</sup>. A presença destes contaminantes pode afetar consideravelmente os resultados de acordo com os níveis de concentração nas amostras analisadas, sendo necessária a correção.

As amostras foram irradiadas em fluxo de nêutrons térmicos de 10<sup>13</sup> cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> por um período de 8 horas no Reator de Pesquisas IEA-R1m do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/SP). A detecção da radioatividade induzida realizou-se por meio de detectores de germânio hiperpuro fabricados pela EG&G ORTEC. Após a análise dos espectros de radiação gama, foram calculadas as concentrações dos elementos químicos nas amostras e nos materiais de referência certificados por método paramétrico k<sub>0</sub> (Bacchi et al., 2000) a partir do pacote computacional Quantu (Bacchi & Fernandes, 2003). Aplicando-se a análise por ativação neutrônica instrumental de grandes amostras (LS-INAA), amostras compostas dos compartimento folha, solo e serrapilheira de 200 g até 1 kg (solo) também foram analisadas (França et al., 2006). As incertezas foram providenciadas para todos os resultados gerados considerando aspectos da pesagem, da medição do fluxo de nêutrons durante a irradiação e das constantes utilizadas no método paramétrico (Braauw, 1994; Bacchi & Fernandes, 2003).





### 4.2.3 Análise estatística

Análise estatística foi aplicada às concentrações de elementos químicos dependendo do estudo desenvolvido. Para a avaliação das concentrações dos elementos químicos determinadas nas folhas, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados seguindo-se da aplicação do teste t e análise de variância para averiguar diferenças significativas em nível de 95% de confiança. Entretanto, como a análise univariada não inclui as correlações entre os elementos químicos avaliados, análise fatorial por técnica de Monte Carlo (considera as incertezas nos cálculos das cargas fatoriais), por componentes principais e por método da máxima verossimilhança foi aplicada de acordo com as características do conjunto de dados a ser analisado. As cargas fatoriais foram importantes na determinação de grupos de elementos químicos com características fisiológicas semelhantes e na redução do número de variáveis a serem aplicadas, assim como na identificação de possíveis fontes externas de elementos químicos. Os valores dos fatores obtidos a partir das cargas fatoriais calculadas foram utilizados na confecção de mapas e testes estatísticos foram aplicados a esses resultados na tentativa de facilitar a discussão.

Na avaliação de eficiência de remoção de elementos químicos da superfície das folhas, a análise dos resultados compreendeu a aplicação de testes estatísticos univariados e multivariados para comparações pareadas e estudos de correlação para a. A análise estatística foi realizada por meio do procedimento IML (Interactive Matrix Language) do programa SAS, atentando-se para prerrogativas da análise como a normalidade dos dados. Considerando que o número de amostras foi inferior ao número de variáveis analisadas ( $n - p < 30$ ), houve necessidade de avaliar a normalidade multivariada dos dados a partir dos procedimentos INSIGHT e IML (Johnson & Wichern, 1998).

### 4.2.4. Banco de dados

Para cada compartimento amostrado, o número de informações é relativamente elevado. Neste caso, as informações relacionadas com a espécie (nome, abreviatura, família, IVI, quando disponível, ilustração e bioma), os indivíduos coletados (número identificador, localização geográfica, subparcela, no caso de estudos em parcelas permanentes, DAP, altura e exposição à luz solar), as amostras (compartimento: folha, solo, serrapilheira e epífita, tipo de amostragem, injúria e herbivoria, quando aplicáveis, desenvolvimento e profundidade do solo), os resultados obtidos (concentrações de elementos químicos e incertezas) e o analito (símbolo químico, a concentração esperada para o analito em plantas e solos proposta por Schüürman & Markert, 1998, e a toxicidade, se existente) foram compiladas em um banco de dados eletrônico relacional por meio do software *Microsoft Access* (Figura 4.2.3.1). O banco de dados foi idealizado para armazenar dados de concentrações de diversos biomas, espécies, indivíduos e substâncias



analisadas de modo a facilitar o acesso da comunidade científica aos dados obtidos pelos projetos.

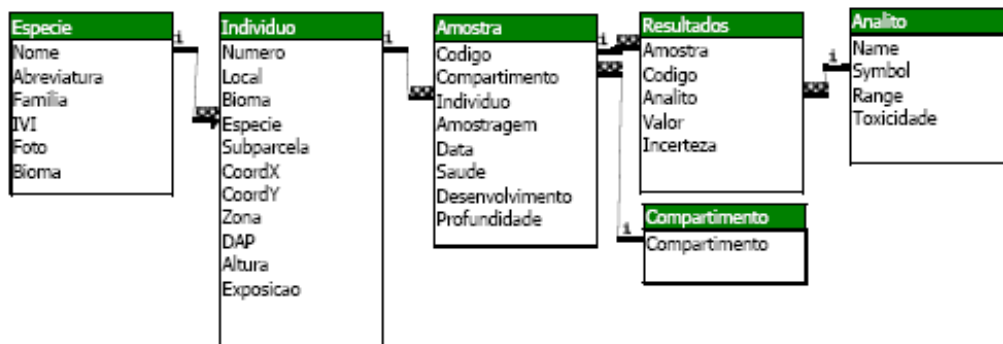


Figura 4.2.3.1. Estrutura relacional do banco de dados de concentrações de elementos químicos

Sumariamente, cerca de 258 indivíduos de 32 espécies vegetais foram estudados com 848 amostras cadastradas, totalizando 17.713 resultados com suas respectivas incertezas analíticas expandidas em nível de 95% de confiança. Resultados com incerteza analítica maior que 50% foram considerados limites de detecção, cujo indicativo é a alteração das incertezas analíticas para 200%. Os elementos químicos Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cs, Eu, Fe, Hf, Hg, K, La, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Tb, Th, Yb e Zn foram determinados nas folhas das espécies arbóreas e epífitas (Figura 4.2.3.2), enquanto As, Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Nd, Rb, Sc, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Yb e Zn foram quantificados em solos coletados em duas profundidades de 0-10 cm (Figura 2.3.2).

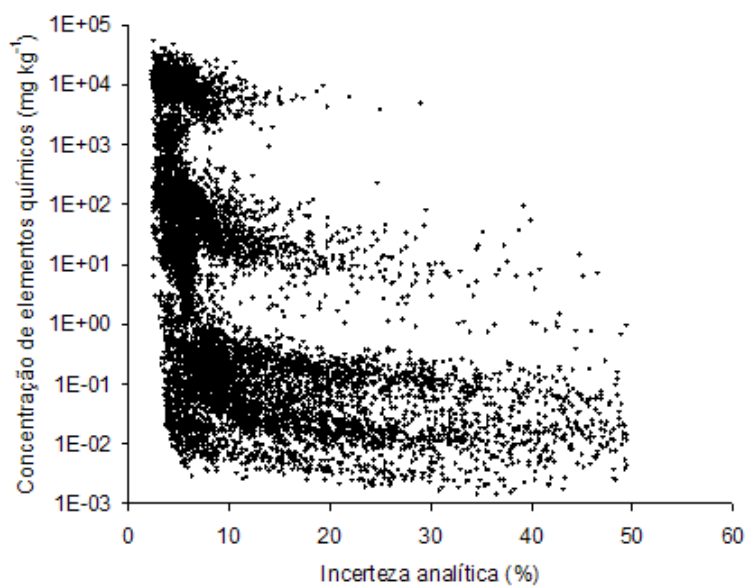


Figura 4.2.3.2 Concentração de elementos químicos determinados por INAA nos compartimentos folha e epítfta com incerteza menor que 50%

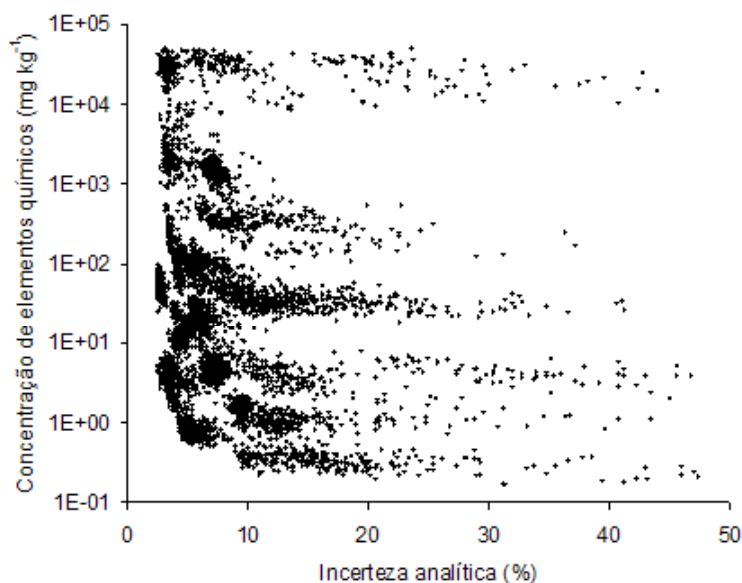


Figura 2.3.2. Concentração de elementos químicos determinados por INAA no compartimento solo com incerteza analítica menor que 50%

### 4.3 Compartimento Solo



As concentrações médias dos elementos químicos para a camada de 0-10 cm do solo sob a projeção da copa dos indivíduos arbóreos estudados estão na Tabela 4.3.1. De acordo com resultados de 187 amostras analisadas, as concentrações dos elementos químicos As, Co e Na foram bastante variáveis apresentando respectivos coeficientes de variação de 40%, 40% e 69%. Concentrações elevadas desses elementos foram determinadas em amostras coletadas nas projeções das copas de *Coussarea contracta* número 9028 (8 mg kg<sup>-1</sup>), *Tetrastylidium grandifolium* número 1359 (13 mg kg<sup>-1</sup>) e *Bathysa australis* número 94 (9520 mg kg<sup>-1</sup>), respectivamente. Comparativamente, as menores concentrações desses elementos foram encontradas nos solos sob *Chrysophyllum inornatum* número 3084 (1,1 mg kg<sup>-1</sup>), *Virola bicuhyba* número 2443 (1,4 mg kg<sup>-1</sup>) e *Hyeronima alchorneoides* número 8139 (350 mg kg<sup>-1</sup>), respectivamente. Contudo, a variação encontrada de no máximo 19% para os elementos químicos característicos do solo Fe, Hf, Sc, Ta e Th indica similariedade dos solos estudados quanto à composição de elementos químicos. De fato, a ordem de solos predominante na parcela permanente do PECB é cambissolo, perfazendo cerca de 96% dos tipos de solos ocorrentes.

Concentrações de referência podem ser encontradas na literatura para solos estudados mundialmente (Kabata-Pendias & Kabata, 1984; Schüürman & Markert, 1998). Para o solo analisado da Tabela 4.3.1, as concentrações médias de Ba, Br, Ce, Hf, K, La, Na e Th foram maiores que os limites de 500, 10, 50, 6, 22.000, 40, 1000 e 9 mg kg<sup>-1</sup>. Além disso, ao compará-las com dados similares de solos amazônicos, foram encontradas na Mata Atlântica concentrações mais elevadas de As, Ba, Rb, Sr e Zn (Herpin et al., 2004).

Tabela 4.3.1 Estatística descritiva das concentrações de elementos químicos determinadas nos solos da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB). Cargas fatoriais (fatores) rotacionadas obtidas a partir da aplicação da análise fatorial (método: verossimilhança; rotação: varimax) às concentrações de elementos químicos. Comunalidade refere-se a contribuição de cada elemento químico para a variação total observada

	n = 187			Fator 1	Fator 2	Fator 3	Comunalidade
	Média	Mediana	CV%	Elementos terras-raras	Nutrientes e associados	Elementos terrígenos	
As	3.8	3.8	40	0.01	-0.61	<b>0.59</b>	0.72
Ba	1250	1290	31	-0.01	<b>0.95</b>	-0.27	0.98
Br	23.0	23.3	28	0.01	-0.22	<b>0.64</b>	0.45
Ce	81	77	29	<b>0.76</b>	0.30	0.42	0.83
Co	3.2	3.0	40	<b>0.51</b>	<b>0.74</b>	0.05	0.80
Cs	4.4	4.4	14	0.37	-0.30	<b>0.70</b>	0.72
Eu	0.78	0.75	26	<b>0.98</b>	0.08	0.13	0.98
Fe	24200	24200	18	0.40	-0.23	<b>0.86</b>	0.95
Hf	10.9	10.8	16	0.20	-0.44	<b>0.58</b>	0.56
K	29700	31100	31	-0.06	<b>0.95</b>	-0.27	0.97



La	47.9	46.3	25	<b>0.94</b>	-0.05	0.27	0.96
Na	2190	1820	69	-0.19	<b>0.81</b>	-0.39	0.84
Nd	33.9	32.9	26	<b>0.96</b>	0.00	0.16	0.95
Rb	100	100	27	0.06	<b>0.94</b>	-0.25	0.96
Sc	4.2	4.2	19	0.45	-0.14	<b>0.82</b>	0.89
Sm	4.4	4.2	26	<b>0.95</b>	-0.02	0.23	0.96
Sr	310	314	29	0.03	<b>0.91</b>	-0.31	0.93
Ta	1.6	1.6	16	0.22	-0.50	<b>0.64</b>	0.71
Tb	0.33	0.32	24	<b>0.77</b>	-0.20	0.24	0.68
Th	15.2	15.2	19	<b>0.56</b>	-0.13	<b>0.71</b>	0.83
Zn	36.5	34.9	29	<b>0.59</b>	<b>0.55</b>	0.08	0.66

Na Tabela 4.3.1 também são apresentados os resultados da aplicação de análise fatorial, método da verossimilhança com rotação varimax (Johnson & Wichern, 1998) às concentrações de elementos químicos determinados nos solos na camada de 0-10 cm. Pelas correlações entre elementos químicos, foi possível a redução de 17 variáveis (elementos químicos) para apenas 3 fatores (cuja contribuição de cada elemento químico para a variação total observada mostrada pela comunalidade). Os fatores foram nomeados de acordo com a distribuição de cada elemento químico, sendo o primeiro fator correlacionado principalmente com os elementos terras-raras (Ce, Eu, La, Nd, Sc and Tb), o segundo com elementos nutrientes (Co, K, Na e Zn) e associados (Ba, Sr relacionados com Ca; Rb com K) e o último fator com os elementos terrígenos (Fe, Hf, Sc, Ta e Th) e As e Br. Utilizando os valores desses fatores, foram construídos gráficos de dispersão dois a dois para averiguar a formação de grupos de solos baseados na composição de elementos químicos (Figura 4.3.1). A maior parte dos pontos formaram agrupados em um único grupo para todos os fatores estudados, entretanto, um grupo distinto foi visualizado considerando-se o fator 2, cujos valores foram os menores (Figura 4.3.2). Este fato pode ser visualizado na Figura 4.3.2 na qual é evidente a influência da topografia na concentração total de K, elemento relacionado com o fator 2. Solos de maiores altitudes apresentaram concentrações menos elevadas de elementos relacionados com o fator 2, isto é, os elementos nutrientes e associados.

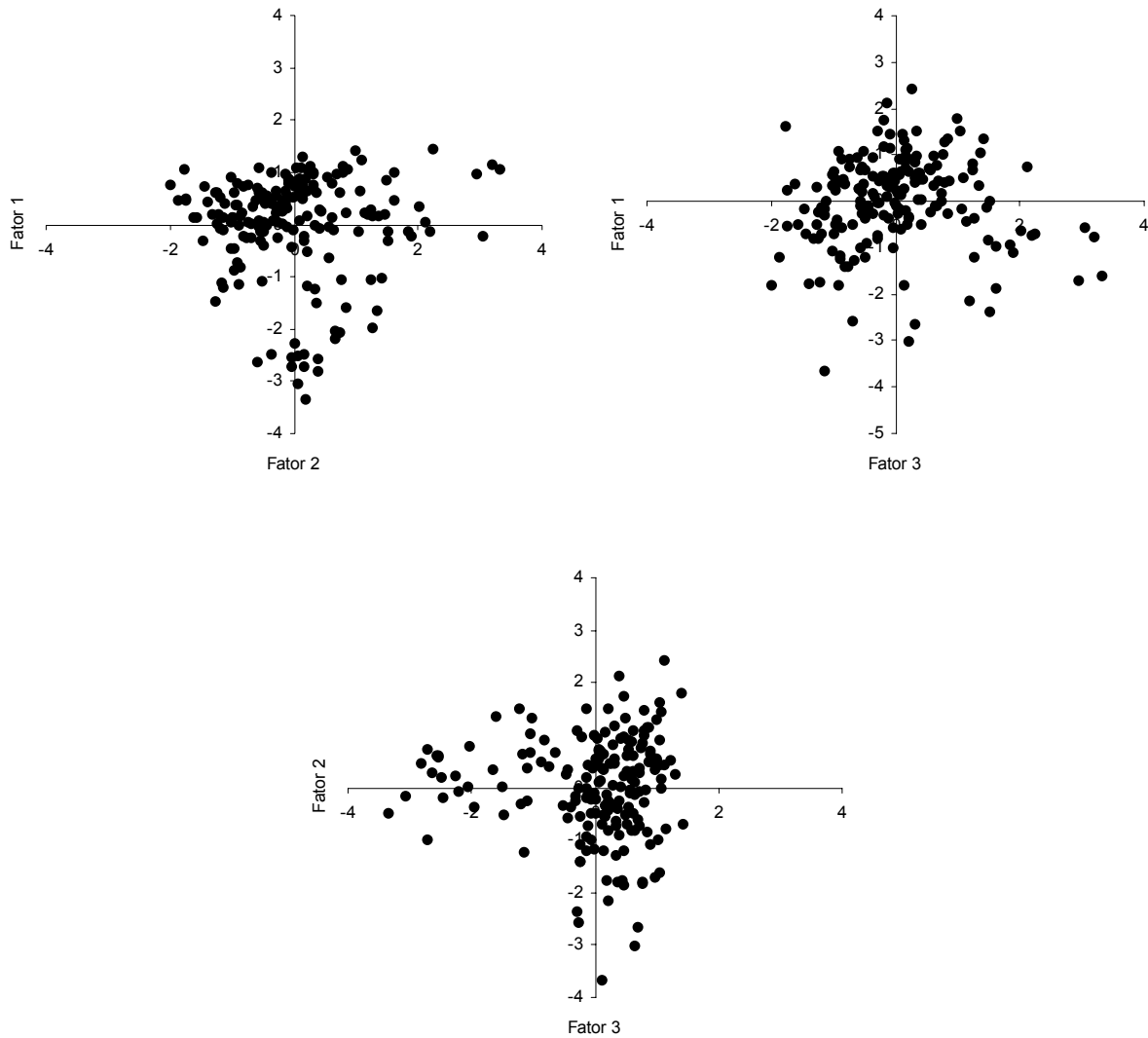


Figura 4.3.1 Gráficos de dispersão dos valores dos fatores referente às concentrações de 17 elementos químicos determinados nos solos da Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB). (profundidade: 0-10 cm). Fator 1 está relacionado com os elementos terras-raras (Ce, Eu, La, Nd, Sc and Tb), o segundo com elementos nutrientes (Co, K, Na e Zn) e associados (Ba, Sr relacionados com Ca; Rb com K) e o último fator com os elementos terrígenos (Fe, Hf, Sc, Ta e Th), As e Br

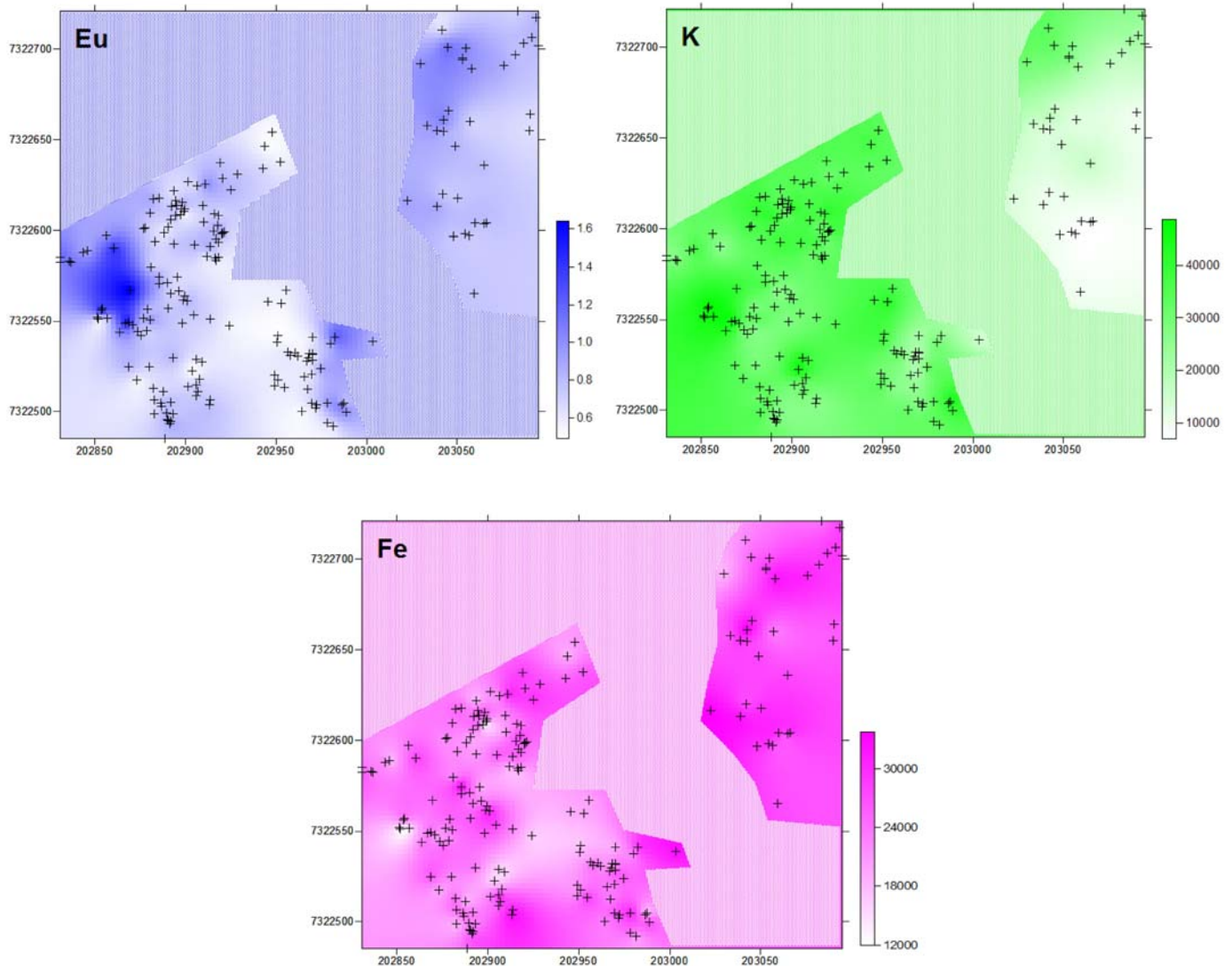


Figura 4.3.2 Mapas das concentrações de elementos químicos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) mais correlacionados com os fatores 1 (Eu), 2 (K) e 3 (Fe). Áreas rachuradas não possuem pontos amostrais. Área estudada compreendida entre as sub-parcelas A00 e H15. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Também foram analisadas amostras de horizontes mais profundos como horizonte C e a rocha-mãe, cujas concentrações de elementos químicos estão na Tabela 4.3.2. Concentrações elevadas de Ba, K e Zn puderam ser identificadas, entretanto, ao se realizar a dupla normalização utilizando Sc foram percebidos os enriquecimentos diferenciados dos elementos químicos conforme a evolução dos horizontes do solo (Figura 4.3.3). A camada de 0-10 cm de solo enriqueceu-se em Br e Na em comparação com o horizonte C, sendo que o horizonte C também enriqueceu-se em Br. Também alguns elementos terrígenos como Ta, além de Sr foram enriquecidos na camada superficial em comparação com os resultados do horizonte C. Os elementos Ce e Co tiveram sua concentração diminuída na superfície (Figura 4.3.3). O processo



de formação dos solos pode alterar as concentrações desses elementos, principalmente pelo aumento na lixiviação de Ce devido ao fato de ser o lantanídeo de menor peso e passível de alteração durante o intemperismo. É possível que o enriquecimento de elementos como Br e Na na camada superficial pode estar relacionado com processos externos como a deposição atmosférica e presença de material vegetal enriquecido nesses elementos.

Tabela 4.3.2 Concentrações de elementos químicos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) determinadas em amostras do horizonte C e rocha-mãe na Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB). Incerteza (U%) expandida em nível de 95% de confiança

Elemento	Amostra		Elemento	Amostra	
	Horizonte C	Rocha-mãe		Horizonte C	Rocha-mãe
Ba	$\text{mg kg}^{-1}$	1870	Na	$\text{mg kg}^{-1}$	1940
	U (%)	6.6		U (%)	5.8
Br	$\text{mg kg}^{-1}$	6.7	Nd	$\text{mg kg}^{-1}$	64
	U (%)	11		U (%)	9.8
Ce	$\text{mg kg}^{-1}$	237	Rb	$\text{mg kg}^{-1}$	160
	U (%)	5.0		U (%)	6.6
Co	$\text{mg kg}^{-1}$	9.5	Sc	$\text{mg kg}^{-1}$	7.3
	U (%)	6.4		U (%)	3.2
Cr	$\text{mg kg}^{-1}$	146	Sm	$\text{mg kg}^{-1}$	8.2
	U (%)	4.6		U (%)	7.4
Cs	$\text{mg kg}^{-1}$	5.2	Sr	$\text{mg kg}^{-1}$	422
	U (%)	6.8		U (%)	20
Eu	$\text{mg kg}^{-1}$	1.4	Ta	$\text{mg kg}^{-1}$	1.6
	U (%)	6		U (%)	8.8
Fe	$\text{mg kg}^{-1}$	31000	Tb	$\text{mg kg}^{-1}$	0.58
	U (%)	2.8		U (%)	8.6
Hf	$\text{mg kg}^{-1}$	9.7	Th	$\text{mg kg}^{-1}$	22.0
	U (%)	5.4		U (%)	6.2
K	$\text{mg kg}^{-1}$	45900	Yb	$\text{mg kg}^{-1}$	1.09
	U (%)	16		U (%)	9.7
La	$\text{mg kg}^{-1}$	95	Zn	$\text{mg kg}^{-1}$	83
	U (%)	3.8		U (%)	19



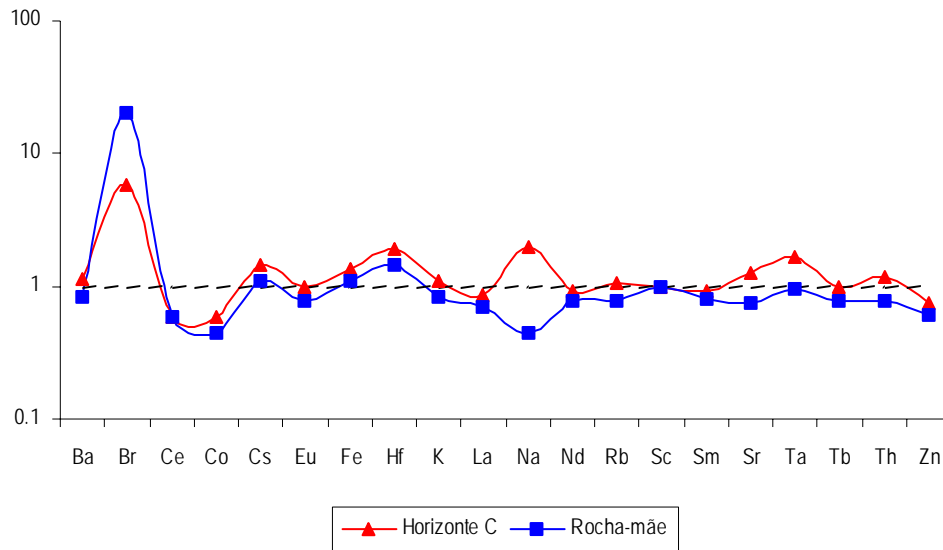


Figura 4.3.3. Fatores de enriquecimento calculados a partir da normalização dupla  $\left( \frac{[Elemento]_{0-10cm}}{[Sc]_{0-10cm}} \right) / \left( \frac{[Elemento]_{RC}}{[Sc]_{RC}} \right)$  das concentrações dos elementos químicos determinadas nas amostras de solos coletadas na profundidade de 0-10 cm com relação às concentrações obtidas no horizonte C e na rocha-mãe (RC). Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

#### 4.4 Compartimento Folha

As concentrações dos elementos químicos obtidas pela análise por ativação neutrônica instrumental (INAA) nas folhas das espécies arbóreas mais abundantes estão presentes na Tabela 4.4.1, assim como a estatística descritiva nas quatro diferentes épocas de coleta, isto é, março de 2003 (I), janeiro (II), julho (III) e novembro (IV) de 2004. O compartimento folha apresentou concentrações dentro das faixas esperadas propostas por Schüürmann & Markert (1998) para elementos químicos em plantas (Tabela 4.4.2), embora as concentrações médias foram altas para alguns elementos químicos como Ce, La e Sm. Esse fenômeno está relacionado com as altas concentrações encontradas para algumas espécies em particular, em que ao menos um valor excedeu os valores de referência (Figura 4.4.1) para Ba, Ce, Co, Cs, Eu,  $\square$ é, La, Mn, Nd, Sb, Sm e Sr. Embora Hg e Se estejam dentro da faixa esperada (Figura 4.4.1), esses elementos não são facilmente determinados em folhas de espécies nativas (França et al., 2003<sup>a</sup>). Os resultados revelam que as concentrações são mantidas, sendo que algumas espécies apresentaram concentrações de até 0,24 e 0,9 mg kg<sup>-1</sup> em folhas de *Eugenia cuprea*. Cabe ressaltar que Hg é extremamente tóxico, enquanto Se apresenta limiar estreito entre essencialidade e toxidez (Czauderna, 1996)



Tabela 4.4.2 Faixa de concentração esperada de elementos químicos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) proposta por Schüürman & Markert (1998) em plantas e solos

		Ba	Br	Ca	Ce	Cl	Co	Cs	Eu	Fe	Hf	Hg	K
Plant	Min	10	-	10000	0.25	2000	0.02	0.03	0.005	5	0.001	0.005	5000
	Max	100	40**		0.55	20000	0.5	0.44	0.015	200	1	0.2	34000
Soil	Min	500	1	1000	50	100	1	1	1	7000	6	0.01	2000
	Max		10	12000			40	20		420000		1	22000

		La	Mn	Na	Nd	Rb	Sb	Sc	Se	Sm	Sr	Th	Zn
Plant	Min	0.15	1	35	0.1	1	0.1*	0.01	0.01	0.02	3	0.03	15
	Max	0.25	700	10000	0.25	50	200*	0.2	2	0.04	400	1.3	150
Soil	Min	40	20	-	35	10	0.01	0.5	0.01	4.5	20	9	3
	Max		30000			100	1	45			3500		300

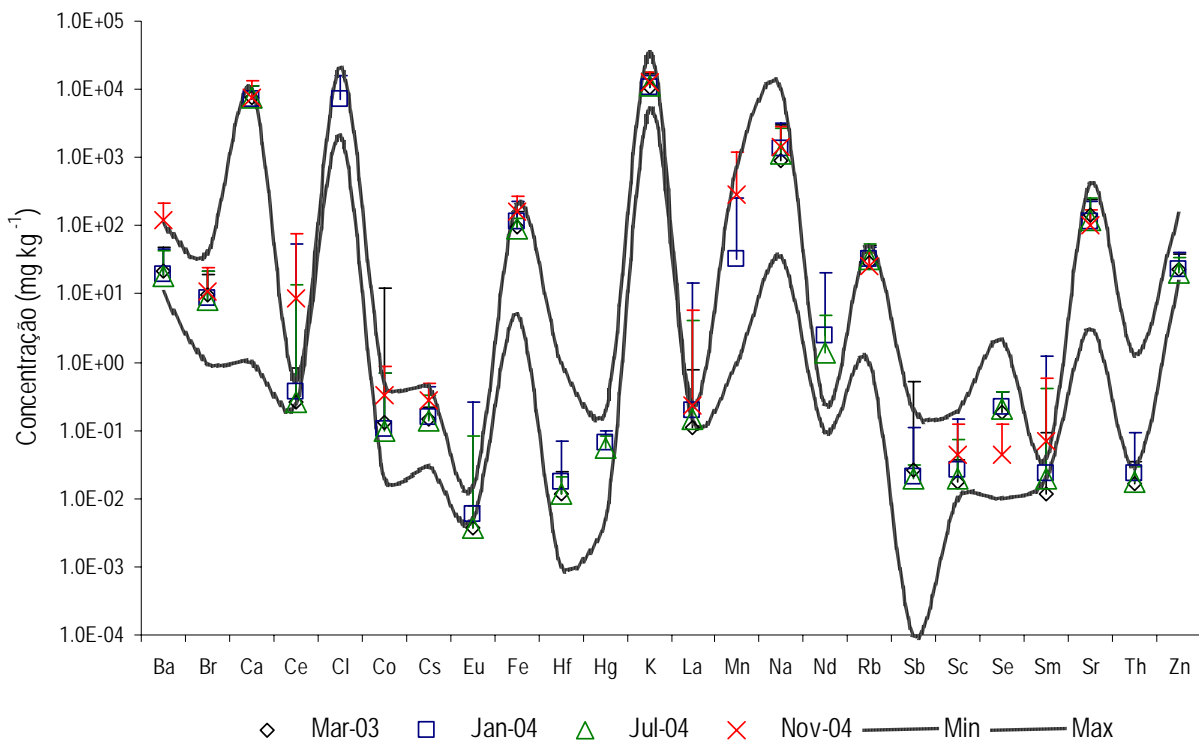
\* concentração em  $\mu\text{g kg}^{-1}$ \*\* concentração maior que  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  indicativo de poluição (Kabata-Pendias & Kabata, 1984)

Figura 4.4.1. Concentrações médias de elementos químicos determinadas em folhas de acordo com a época de coleta. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB). Barras de erro referem-se ao desvio padrão somente para valores superiores à média. Linhas indicam a faixa de concentração esperada para os elementos químicos em plantas proposta por Schüürman & Markert (1998)

De acordo com os resultados da análise estatística das concentrações de elementos químicos em folhas coletadas em diferentes ocasiões, concentrações de Hg, Se e Sr não



apresentaram normalidade em nível de 95% de confiança, provavelmente devido à existência de pontos fora de controle e heterocedasticidade de variâncias, enquanto para Br, Cs, Na e Rb há leves indícios de normalidade dos dados. Para esse elementos puderam ser averiguadas diferenças significativas em nível de 95% de confiança para pelo menos duas espécies arbóreas diferentes. Apenas para  $\square$ i e Sc, houve diferenças significativas de acordo com a época de coleta, provavelmente ocasionada pela lavagem das folhas pela chuva em julho de 2004. A concentração desses elementos químicos é afetada pela presença de solo aderido às folhas (Ferrari et al., 2006).

Para avaliação dos resultados de concentrações de elementos químicos provenientes de duas ocasiões foi empregado o teste t para dados pareados, sendo que alguns elementos mostraram diferenças significativas em nível de 95% de confiança como Ca, Co,  $\square$ i, K, Na, Rb, Sc, Sr e Zn para *Alsophila sternbergii* e Ba, Ca,  $\square$ i e Sc para *Euterpe edulis*. As diferenças encontradas para *Alsophila sternbergii* são devidas às diferentes amostras tomadas quanto à presença da haste das folhas (coleta de julho de 2004). Como anteriormente evidenciado, as diferenças entre  $\square$ i e Sc podem estar relacionadas com a presença de terra aderida à superfície das folhas.

Devido à grande variância inter- e intraespécies, houve dificuldade na obtenção do número de fatores na análise fatorial por técnica de Monte Carlo (transformação alvo). As variâncias locais foram, então, estimadas a partir de um prévio conjunto de dados ( $\square$ iquens) disponível no Reactor Institute Delft, Holanda. Esse procedimento é justificado pela estreita relação direta entre variâncias esperadas e as concentrações a serem analisadas (Albert & Horwitz, 1997). Desse modo, o número de fatores considerado foi igual a seis. Para facilitar a interpretação dos dados, as contribuições médias para a ocorrência total do elemento foram também calculadas (Tabela 4.4.3). As cargas fatoriais médias estão apresentadas com seus respectivos desvios-padrões percentuais, normalizado a um valor de 100 para os chamados elementos-pilotos. O elemento piloto é o elemento com maior contribuição para o fator na matriz de correlação (Kuik et al., 1993).



Tabela 4.4.3. Saída da análise factorial por técnica Monte Carlo

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	
Cargas fatoriais originais médias (totais na coluna: 1.0E+06)							
Na	52040*	122189*	1353	588.9	801431 <sup>P</sup>	333042*	
K	115232+	790696 <sup>P</sup>	714907	941027*	19930	1218	
Ca	801718*	82223*	67425	2881.7	171045+	509921+	
Sc	2.69*	0	114 <sup>P</sup>	13.04*	7.4*	1.23	
Fe	0	217.0	200931*	0	0	102194*	
Co	0	0.07	0.31	5337 <sup>P</sup>	0	0	
Zn	4.99	0	102	34867*	112.9	37415 <sup>P</sup>	
Br	1412*	370.7*	8046*	5537*	5636*	0	
Rb	162.8	2466*	2025	1377	679.4	817.9	
Sr	25850 <sup>P</sup>	1822+	492.7	266.5	1125	15259*	
Cs	0	3.88*	47.9+	1.72	33.9*	47.8*	
Ba	3578*	12.7	4556+	8102+	0.07	82.7	
Contribuições médias (%) para ocorrência total do elemento							Total
Na	10.25*	59.9*	0.01	0	11.4 <sup>P</sup>	12.3*	93.8
K	3.14+	53.7 <sup>P</sup>	0.81	0.31*	0.04	0.01	58.0
Ca	32.71*	8.35*	0.11	0	0.5+	3.89+	45.6
Sc	28.46*	0	49.9 <sup>P</sup>	1.67*	5.61*	2.43	88.1
Fe	0	1.57	24.1*	0	0	55.3*	81.0
Co	0	0.23	0.02	82.2 <sup>P</sup>	0	0	82.4
Zn	0.06	0	0.05	5.31*	0.1	88.0 <sup>P</sup>	93.5
Br	34.92*	22.8*	8.25*	1.66*	10.0*	0	77.7
Rb	1.51	56.9*	0.78	0.15	0.45	1.42	61.2
Sr	56.67 <sup>P</sup>	9.94+	0.04	0.01	0.18	6.26*	73.1
Cs	0	19.7*	4.05+	0.04	4.98*	18.3*	47.1
Ba	51.6*	0.45	2.66+	1.42+	0	0.22	56.4

P = elemento piloto (o mais representativo elemento na matriz de correlação)

+ = erro de 5%; \* = erro de 1%

Elementos das famílias IA e IIA assim como Br e Sc foram distribuídos nos fatores 1 e 2. A correlação de Ba, Br, Cs, Fe e Sc com o fator 3 indicam a contaminação da superfície de folhas com terra. Cobalto foi quase exclusivamente relacionado com o fator 4 com pequena correlação de Ba, Br, K, Sc e Zn, que pode estar relacionado com emissões antropogênicas. Fator 5 representou Na, Br, Ca, Cs e Sc, elementos provavelmente conectados com o oceano devido à prevalência de ventos oceânicos na parcela permanente. Fator 6 indica uma fonte comum de Ca, Cs, Fe, Sr e Zn. Zinco na atmosfera está presente em poeira, chuva e provavelmente partículas provenientes de poluição (combustão de óleo). Ocasionalmente zinco pode estar combinado com cálcio durante precipitação úmida (Wedepohl, 1970).

Pelas cargas fatoriais 1, 2, 3 e 6 calculadas pela análise factorial, não foi verificada variabilidade sazonal das concentrações de elementos químicos determinadas nas 504 amostras de folhas (Figura 4.4.2). Esse fenômeno pode ser tomado como bom indicativo da sustentabilidade do ecossistema quanto à composição de elementos químicos uma vez que foi



demonstrada a habilidade das plantas em manter continuamente os elementos químicos nos seus compartimentos biológicos. A Figura 4.4.2 demonstra que diferenças sazonais não foram individualmente identificadas para as espécies analisadas em três diferentes ocasiões. Por outro lado, torna-se evidente que a variabilidade observada entre as espécies é devida a uma composição intrínseca das plantas (Sterner, 1995). Este fato associado às técnicas estatísticas robustas como teste t, análise discriminante e inferência bayesiana permitem a discriminação das espécies arbóreas da parcela permanente do PECB a partir das concentrações dos elementos químicos determinadas nas folhas. (França et al., 2004; França et al., 2005, França et al., 2005a).

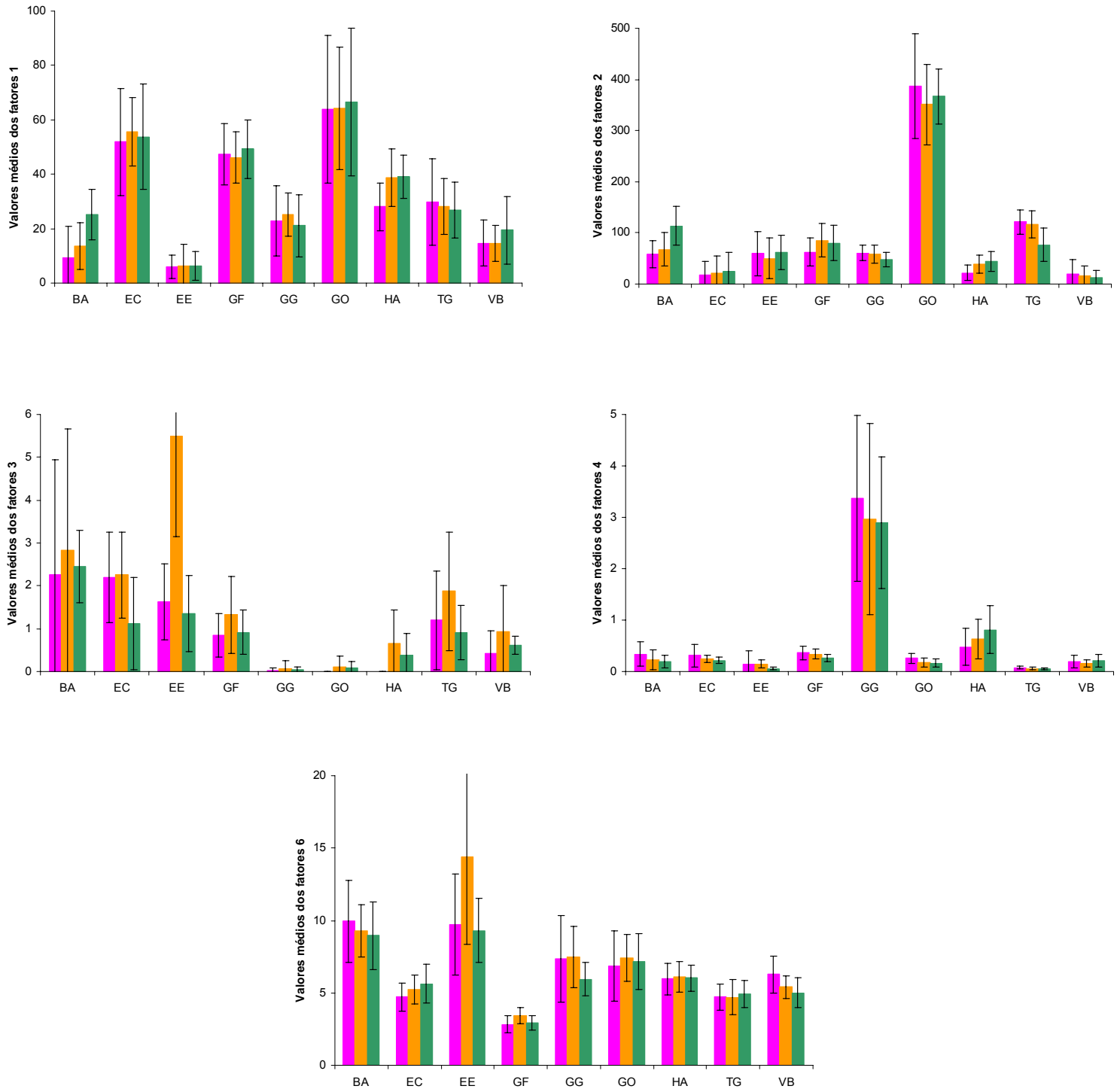


Figura 4.4.2. Gráficos dos valores dos fatores agrupados por espécies e datas de coleta. ● Março de 2003, ● Janeiro de 2004, ● Julho de 2004 BA = *Bathysa australis*, EC = *Eugenia cuprea*, EE = *Euterpe edulis*, GF = *Gomidesia fragellaris*, GG = *Garcinia gardneriana*, GO = *Guapira opposita*, HA = *Hyeronima alchorneoides*, TG = *Tetrastylidium grandifolium*, VB = *Virola bicuhyba*. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).



Para exemplificar tal discriminação, foi utilizado teste t para a análise das diferenças entre os valores médios dos fatores para duas espécies avaliadas conjuntamente (Tabelas 4.4.4 a 4.4.7). Pôde-se visualizar a completa discriminação de *Eugenia mosenii* e *Guapira opposita* pelo fator 2 (Tabela 4.4.5) e *Garcinia gardneriana* pelo fator 4 (Tabela 4.4.6). Contudo, a combinação de dois ou mais fatores possibilita a discriminação das demais espécies, principalmente aquelas da mesma família. A Família Myrtaceae é uma das mais complexas na Mata Atlântica com grande dificuldade taxônômica (Duarte, 2003). Por exemplo, foram avaliadas as espécies *Calycorectes australis*, *Eugenia cuprea*, *Eugenia melanogyna*, *Eugenia mosenii*, *Gomidesia flagellaris*, *Marlierea suaveolens*, *Marlierea tomentosa* e *Neomitranthes glomerata*. Com o fator 1 é possível discriminar *Eugenia cuprea* e *Gomidesia flagellaris* das demais mirtáceas (Tabela 4.4.4), entretanto, ao analisar-se o valor da probabilidade da comparação entre *Eugenia cuprea* e *Gomidesia flagellaris* no fator 2 (Tabela 4.4.5), a discriminação torna-se completa em nível de 95% de confiança. Para as demais espécies agrupadas pelo fator 1, *Eugenia mosenii*, *Eugenia melanogyna* e *Neomitranthes glomerata* foram totalmente discriminadas pelo fator 2, enquanto *Marlierea suaveolens* e *Marlierea tomentosa* foram separadas pelo fator 6 (Tabela 4.4.7). Apenas para *Calycorectes australis* houve dificuldade de discriminação utilizando os valores dos fatores. De fato, essa espécie apresentou valores de concentração bastante variáveis, o que prejudica a análise. Esse procedimento também pode ser realizado com outros atributos das folhas como presença de microrganismos específicos (Andrade et al., 2005).





Tabela 4.4.4 Probabilidades obtidas pelo teste t para os valores dos fatores 1 (Na, K, Ca, Sc, Br, Sr e Ba). Baus = *Bathysa australis*, Caus = *Calycorectes australis*, Cinn = *Chrysophyllum innornatum*, Cvir = *Chrysophyllum viride*, Ecup = *Eugenia cuprea*, Eedu = *Euterpe edulis*, Emii = *Eugenia mosenii*, Emna = *Eugenia melanogyna*, Epan = *Endicleria paniculata*, Gfla = *Gomidesia flagellaris*, Ggar = *Garcinia gardneriana*, Gopp = *Guapira opposita*, Halc = *Hyeronima alchorneoides*, Msua = *Marlierea suaveolens*, Mtom = *Marlierea tomentosa*, Nglo = *Neomitranthes glomerata*, Rjas = *Rudgea jasminoides*, Tgla = *Tetrastylidium grandifolium*, Vbic = *Virola bicuhyba*. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Espécie	Baus	Caus	Cinn	Cvir	Ecup	Eedu	Emii	Emna	Epan	Gfla	Ggar	Gopp	Halc	Msua	Mtom	Nglo	Rjas	Tgla	Vbic
Baus	1.000	0.951	0.063	0.003	0.000	0.007	0.002	0.000	0.111	0.000	0.080	0.000	0.000	0.002	0.060	0.145	0.000	0.021	0.954
Caus		1.000	0.083	0.030	0.000	0.153	0.008	0.000	0.280	0.000	0.226	0.000	0.005	0.046	0.138	0.334	0.000	0.094	0.925
Cinn			1.000	0.858	0.047	0.010	0.621	0.000	0.234	0.061	0.906	0.008	0.639	0.644	0.472	0.197	0.000	0.511	0.066
Cvir				1.000	0.003	0.000	0.164	0.000	0.087	0.001	0.131	0.002	0.250	0.624	0.405	0.056	0.000	0.436	0.004
Ecup					1.000	0.000	0.038	0.002	0.000	0.667	0.000	0.160	0.013	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Eedu						1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.009
Emii							1.000	0.000	0.019	0.039	0.028	0.008	0.908	0.146	0.108	0.013	0.000	0.106	0.002
Emna								1.000	0.000	0.002	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.857	0.000	0.000
Epan									1.000	0.000	0.834	0.000	0.002	0.125	0.484	0.842	0.000	0.343	0.135
Gfla										1.000	0.000	0.083	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ggar											1.000	0.001	0.005	0.199	0.603	0.681	0.000	0.458	0.097
Gopp												1.000	0.006	0.002	0.001	0.000	0.004	0.001	0.000
Halc													1.000	0.051	0.066	0.001	0.000	0.049	0.000
Msua														1.000	0.612	0.074	0.000	0.680	0.003
Mtom															1.000	0.384	0.000	0.892	0.068
Nglo																1.000	0.000	0.250	0.176
Rjas																	1.000	0.000	0.000
Tgla																		1.000	0.026
Vbic																			1.000



Tabela 4.4.5 Probabilidades obtidas pelo teste t para os valores dos fatores 2 (Na, K, Ca, Br, Rb, Sr e Cs). Baus = *Bathysa australis*, Caus = *Calycorectes australis*, Cinn = *Chrysophyllum innornatum*, Cvir = *Chrysophyllum viride*, Ecup = *Eugenia cuprea*, Eedu = *Euterpe edulis*, Emii = *Eugenia mosenii*, Emna = *Eugenia melanogyna*, Epan = *Endicleria paniculata*, Gfla = *Gomidesia flagellaris*, Ggar = *Garcinia gardneriana*, Gopp = *Guapira opposita*, Halc = *Hyeronima alchorneoides*, Msua = *Marlierea suaveolens*, Mtom = *Marlierea tomentosa*, Nglo = *Neomitranthes glomerata*, Rjas = *Rudgea jasminoides*, Tgla = *Tetrastylidium grandifolium*, Vbic = *Virola bicuhyba*. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Espécie	Baus	Caus	Cinn	Cvir	Ecup	Eedu	Emii	Emna	Epan	Gfla	Ggar	Gopp	Halc	Msua	Mtom	Nglo	Rjas	Tgla	Vbic	
Baus	1.000	0.592	0.009	0.000	0.000	0.150	0.000	0.044	0.735	0.571	0.013	0.000	0.000	0.622	0.926	0.000	0.019	0.021	0.000	
Caus		1.000	0.060	0.009	0.041	0.774	0.001	0.049	0.483	0.864	0.474	0.000	0.102	0.766	0.622	0.020	0.059	0.089	0.022	
Cinn			1.000	0.399	0.828	0.040	0.000	0.001	0.009	0.020	0.778	0.000	0.374	0.014	0.010	0.831	0.001	0.001	0.910	
Cvir				1.000	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.061	
Ecup					1.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.000	0.212	0.000	0.000	0.389	0.000	0.000	0.553	
Eedu						1.000	0.000	0.009	0.192	0.469	0.360	0.000	0.003	0.265	0.162	0.000	0.001	0.000	0.000	
Emii							1.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	
Emna								1.000	0.116	0.026	0.004	0.000	0.001	0.025	0.039	0.000	0.615	0.392	0.000	
Epan									1.000	0.467	0.062	0.000	0.005	0.506	0.685	0.000	0.132	0.211	0.000	
Gfla										1.000	0.123	0.000	0.004	0.851	0.616	0.000	0.011	0.014	0.000	
Ggar											1.000	0.000	0.000	0.016	0.014	0.000	0.001	0.000	0.000	
Gopp												1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Halc													1.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.021	
Msua														1.000	0.680	0.000	0.006	0.004	0.000	
Mtom															1.000	0.000	0.015	0.015	0.000	
Nglo																1.000	0.000	0.000	0.804	
Rjas																	1.000	0.585	0.000	
Tgla																		1.000	0.000	
Vbic																				1.000



Tabela 4.4.6 Probabilidades obtidas pelo teste t para os dos valores dos fatores 4 (K, Sc, Co, Zn, Br e Ba). Baus = *Bathysa australis*, Caus = *Calycorectes australis*, Cinn = *Chrysophyllum innornatum*, Cvir = *Chrysophyllum viride*, Ecup = *Eugenia cuprea*, Eedu = *Euterpe edulis*, Emii = *Eugenia mosenii*, Emna = *Eugenia melanogyna*, Epan = *Endicleria paniculata*, Gfla = *Gomidesia flagellaris*, Ggar = *Garcinia gardneriana*, Gopp = *Guapira opposita*, Halc = *Hyeronima alchorneoides*, Msua = *Marlierea suaveolens*, Mtom = *Marlierea tomentosa*, Nglo = *Neomitranthes glomerata*, Rjas = *Rudgea jasminoides*, Tgla = *Tetrastylidium grandifolium*, Vbic = *Virola bicuhyba*. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Espécie	Baus	Caus	Cinn	Cvir	Ecup	Eedu	Emii	Emna	Epan	Gfla	Ggar	Gopp	Halc	Msua	Mtom	Nglo	Rjas	Tgla	Vbic	
Baus	1.000	0.936	0.113	0.623	0.962	0.021	0.093	0.017	0.813	0.269	0.000	0.412	0.006	0.828	0.147	0.010	0.020	0.004	0.274	
Caus		1.000	0.040	0.499	0.958	0.005	0.034	0.005	0.715	0.205	0.000	0.258	0.006	0.869	0.114	0.003	0.005	0.002	0.152	
Cinn			1.000	0.185	0.005	0.060	0.737	0.027	0.128	0.000	0.024	0.185	0.001	0.002	0.003	0.005	0.043	0.001	0.482	
Cvir				1.000	0.456	0.022	0.383	0.017	0.788	0.057	0.000	0.736	0.003	0.339	0.039	0.008	0.020	0.003	0.489	
Ecup					1.000	0.000	0.009	0.000	0.708	0.097	0.000	0.162	0.005	0.767	0.074	0.000	0.000	0.000	0.084	
Eedu						1.000	0.239	0.864	0.017	0.000	0.000	0.008	0.001	0.000	0.001	0.295	0.989	0.022	0.044	
Emii							1.000	0.169	0.106	0.000	0.000	0.159	0.001	0.004	0.002	0.059	0.211	0.013	0.378	
Emna								1.000	0.013	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.001	0.241	0.852	0.006	0.029	
Epan									1.000	0.129	0.000	0.535	0.004	0.570	0.075	0.006	0.016	0.002	0.349	
Gfla										1.000	0.000	0.008	0.014	0.144	0.501	0.000	0.000	0.000	0.005	
Ggar											1.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Gopp												1.000	0.002	0.094	0.014	0.002	0.007	0.001	0.642	
Halc													1.000	0.006	0.029	0.001	0.001	0.000	0.002	
Msua														1.000	0.099	0.000	0.000	0.000	0.049	
Mtom															1.000	0.001	0.001	0.000	0.008	
Nglo																1.000	0.215	0.012	0.010	
Rjas																	1.000	0.014	0.037	
Tgla																		1.000	0.003	
Vbic																				1.000



Tabela 4.4.7 Probabilidades obtidas pelo teste t para os valores dos fatores 6 (Na, Ca, Fe, Zn, Sr e Cs). Baus = *Bathysa australis*, Caus = *Calycorectes australis*, Cinn = *Chrysophyllum innornatum*, Cvir = *Chrysophyllum viride*, Ecup = *Eugenia cuprea*, Eedu = *Euterpe edulis*, Emii = *Eugenia mosenii*, Emna = *Eugenia melanogyna*, Epan = *Endicleria paniculata*, Gfla = *Gomidesia flagellaris*, Ggar = *Garcinia gardneriana*, Gopp = *Guapira opposita*, Halc = *Hyeronima alchorneoides*, Msua = *Marlierea suaveolens*, Mtom = *Marlierea tomentosa*, Nglo = *Neomitranthes glomerata*, Rjas = *Rudgea jasminoides*, Tgla = *Tetrastylidium grandifolium*, Vbic = *Virola bicuhyba*. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Espécie	Baus	Caus	Cinn	Cvir	Ecup	Eedu	Emii	Emna	Epan	Gfla	Ggar	Gopp	Halc	Msua	Mtom	Nglo	Rjas	Tgla	Vbic
Baus	1.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.038	0.000	0.000	0.251	0.000	0.005	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Caus		1.000	0.000	0.003	0.949	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.143	0.117	0.996	0.000	0.597	0.000	0.119	0.012	0.235
Cinn			1.000	0.000	0.003	0.000	0.010	0.226	0.000	0.358	0.614	0.000	0.000	0.487	0.001	0.029	0.000	0.001	0.000
Cvir				1.000	0.078	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001	0.004	0.001	0.000	0.059	0.040	0.004	0.592	0.018
Ecup					1.000	0.000	0.019	0.008	0.002	0.002	0.357	0.244	0.947	0.005	0.685	0.018	0.408	0.127	0.480
Eedu						1.000	0.000	0.000	0.636	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Emii							1.000	0.176	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.032	0.008	0.889	0.000	0.029	0.000
Emna								1.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.537	0.003	0.291	0.000	0.005	0.000
Epan									1.000	0.000	0.006	0.014	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
Gfla										1.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
Ggar											1.000	0.659	0.132	0.000	0.098	0.000	0.013	0.002	0.023
Gopp												1.000	0.113	0.000	0.079	0.001	0.025	0.006	0.033
Halc													1.000	0.000	0.590	0.000	0.084	0.007	0.210
Msua														1.000	0.002	0.088	0.000	0.001	0.000
Mtom															1.000	0.008	0.590	0.126	0.716
Nglo																1.000	0.000	0.034	0.000
Rjas																	1.000	0.072	0.820
Tgla																		1.000	0.094
Vbic																			1.000



A identificação de fontes de elementos químicos a partir de suas correlações é o primeiro passo para a biomonitoração da parcela permanente. Como outrora ressaltado, fontes especiais de elementos químicos puderam ser identificadas de acordo com os resultados da análise fatorial por técnica de Monte Carlo tais como fontes comuns de elementos químicos da Família IA (fator 1) e da IIA (fator 2), terra aderida à superfície das folhas (fator 3), possível influência antrópica (Fatores 4 e 6), influência oceânica (Fator 5). É possível que os elementos químicos da Família IA e IIA sejam absorvidos diretamente do solo, contudo, a análise de folhas de epífitas demonstra grande concentração de K e Na, indício da forte contribuição atmosférica para as folhas das árvores. A absorção de elementos químicos pelas folhas é considerada importante para as concentrações observadas nas plantas.

Mapas de concentrações são ferramentas úteis na avaliação da distribuição dos elementos químicos e no acompanhamento das concentrações encontradas nas diferentes épocas de coleta. Como se trata de uma grande quantidade de elementos químicos, apenas os elementos pilotos dos perfis dos fatores, ou seja, mais representativos na matriz de correlação (Tabela 4.4.3), foram escolhidos para a elaboração de mapas. Esse procedimento permite a melhor visualização do efeito da altitude sobre as concentrações dos elementos na camada de 0-10 cm do solo, a detecção de indivíduos acumuladores e a confirmação dos resultados obtidos anteriormente da não sazonalidade das concentrações de elementos químicos medidas nas folhas das árvores.

Para os elementos Sr, K e Na (Figuras 4.4.3, 4.4.5 e 4.4.7), houve descréscimo considerável nas concentrações nos pontos com maior altitude provavelmente relacionado com o evolução do solo. Para Co e Zn, esse fenômeno não pôde ser claramente evidenciado (Figuras 4.4.6 e 4.4.8), entretanto picos das concentrações desses elementos estão situados nas mesmas posições nos mapas. Este fato foi explicitado pela análise fatorial na qual esses elementos estão correlacionados com o fator 2 (Seção 4.3). Diferentemente dos demais elementos analisados acima, Br apresentou enriquecimento considerável nos pontos mais elevados, enquanto nos pontos mais baixos nos quais evidenciaram-se concentrações elevadas do elemento, a espécie bioacumuladora *Guapira opposita* pode ter alterado a camada superficial do solo, aumentando a concentração de Br.

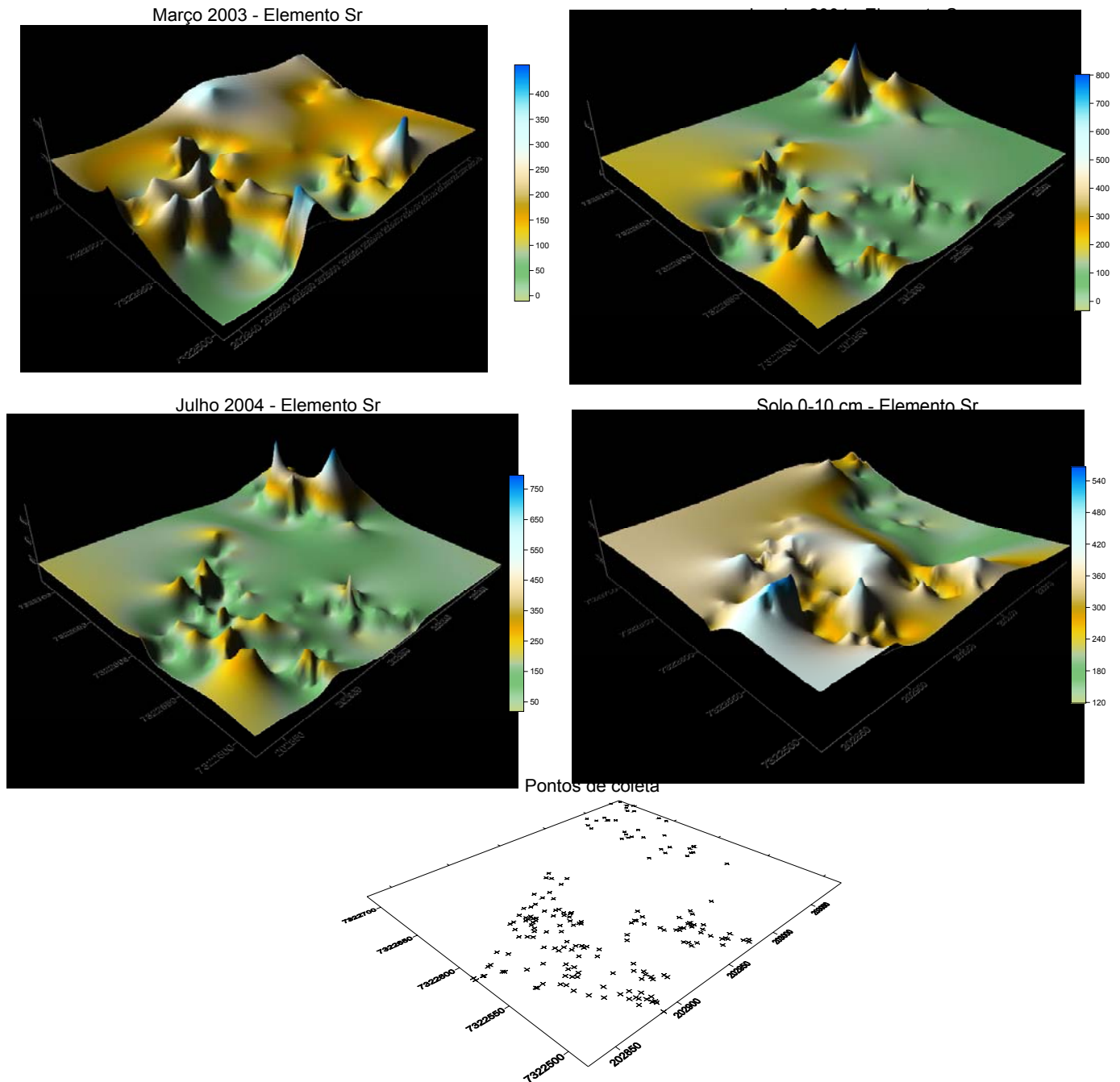


Figura 4.4.3. Mapas das concentrações de Sr determinadas em folhas de acordo com a época de coleta (março de 2003, janeiro de 2004 e julho de 2004) e em solos na camada de 0-10 cm. Pontos de coleta estão indicados no mapa inferior. As áreas não englobadas pelos pontos de coleta são passíveis de erro e não devem ser consideradas. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Os picos observados nas Figuras 4.4.3 a 4.4.8 nos mapas correspondem aos indivíduos acumuladores. Obviamente os mapas são altamente dependentes das espécies selecionadas

para análise. Por exemplo, os mapas referentes à coleta de março de 2003 possuem picos diferenciados de elementos químicos devido à presença da espécie *Chrysophyllum innornatum*.

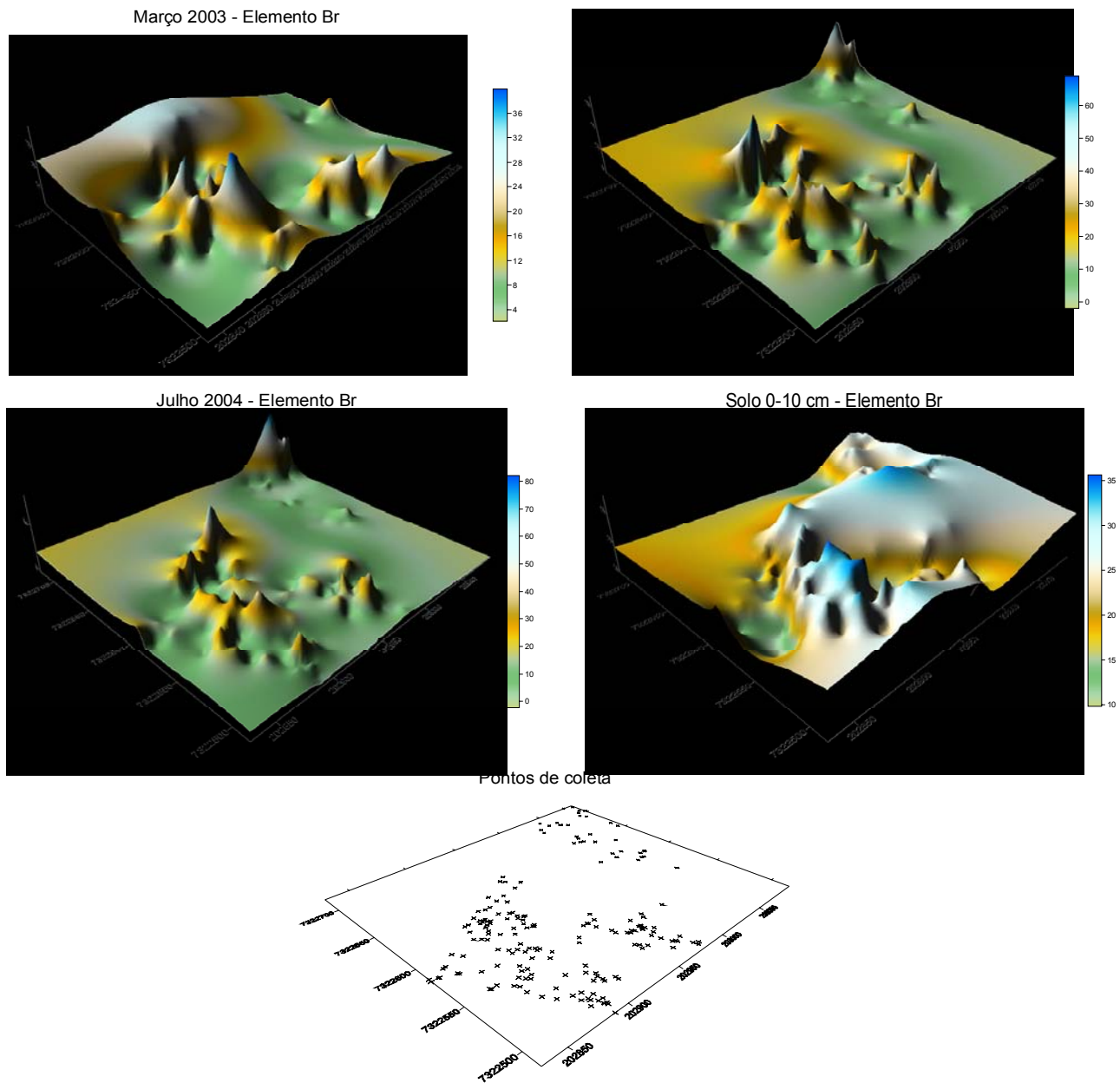


Figura 4.4.4. Mapas das concentrações de Br determinadas em folhas de acordo com a época de coleta (março de 2003, janeiro de 2004 e julho de 2004) e em solos na camada de 0-10 cm. Pontos de coleta estão indicados no mapa inferior. As áreas não englobadas pelos pontos de coleta são passíveis de erro e não devem ser consideradas. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Algumas espécies foram introduzidas e a lista das espécies mais abundantes na parcela permanente vêm sendo modificada continuamente. As diferenças encontradas são mais

pronunciadas para Sr (Figura 4.4.3) e Zn (Figura 4.4.8). Em se tratando de estudos envolvendo ecossistemas tropicais, a diversidade atinge vários níveis, principalmente na distribuição de elementos químicos nos compartimentos biológicos. Tal diversidade química é evidenciada pela identificação de diversas espécies acumuladoras de elementos químicos como é o caso de *Guapira opposita* para Br e Na, *Garcinia gardneriana* para Co e alguns indivíduos de *Euterpe edulis* para Zn.

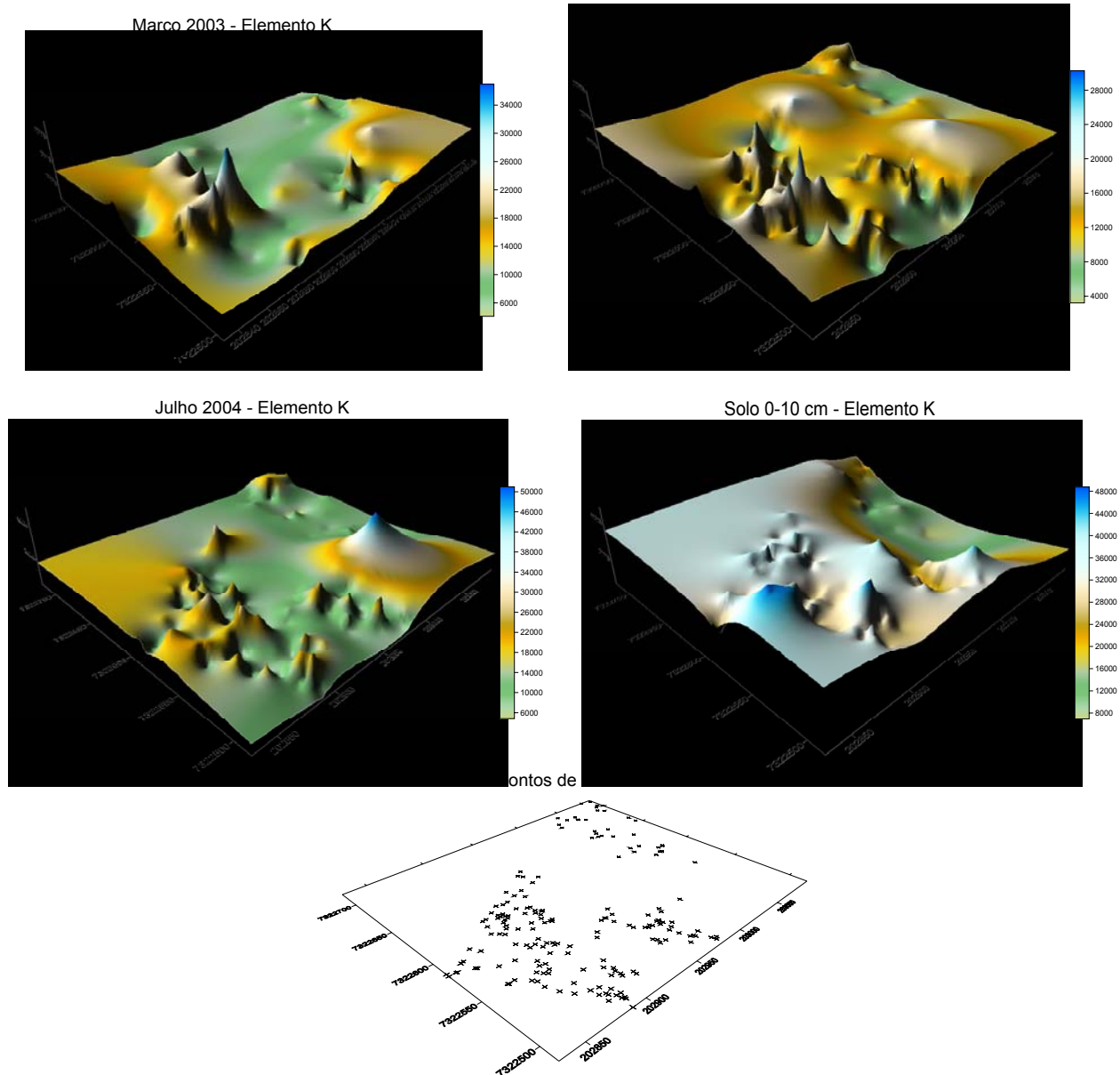


Figura 4.4.5. Mapas das concentrações de K determinadas em folhas de acordo com a época de coleta (março de 2003, janeiro de 2004 e julho de 2004) e em solos na camada de 0-10 cm. Pontos de coleta estão indicados no mapa inferior. As áreas não englobadas pelos pontos de coleta são passíveis de erro e não devem ser consideradas. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).



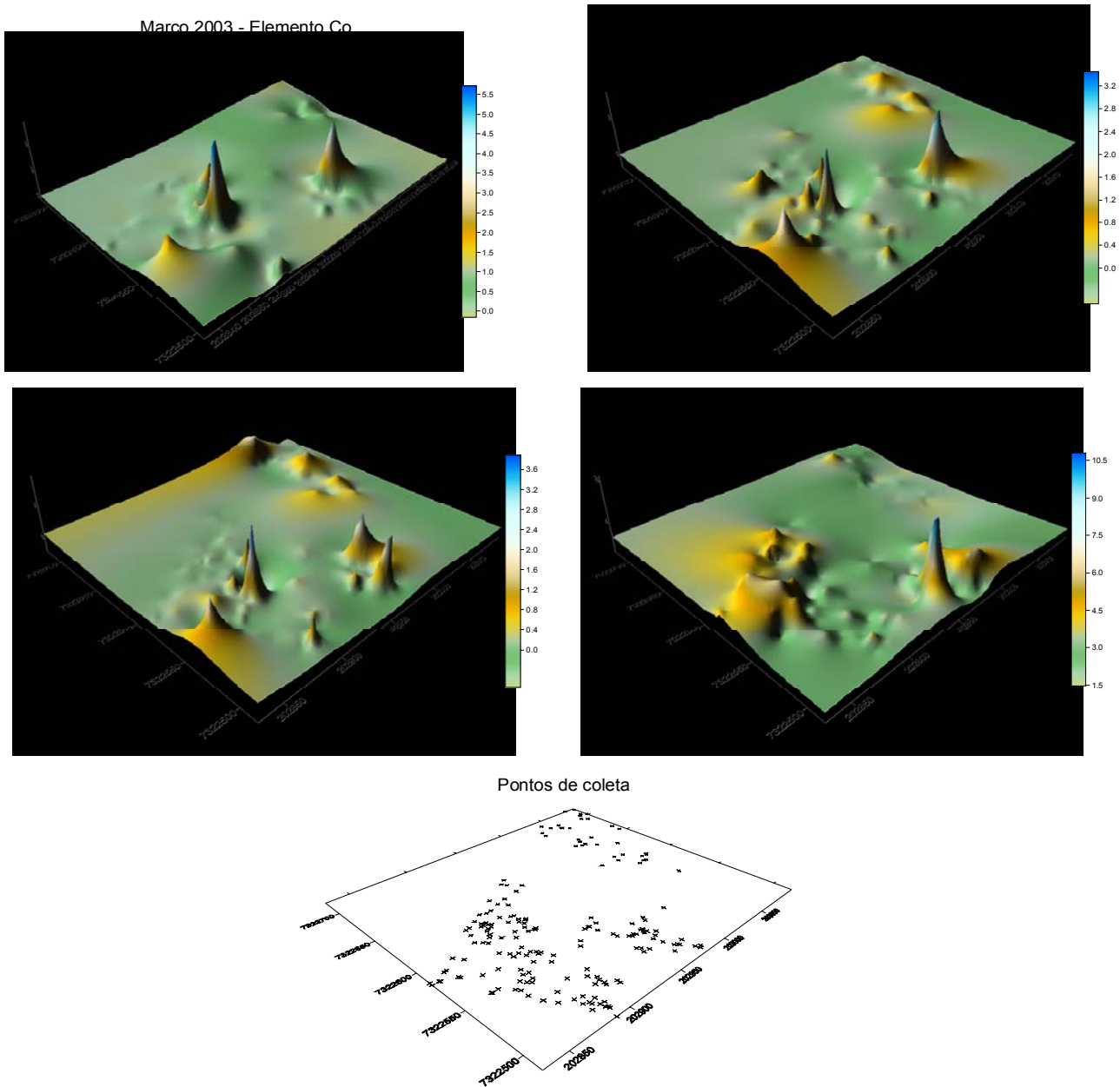


Figura 4.4.6. Mapas das concentrações de Co determinadas em folhas de acordo com a época de coleta (março de 2003, janeiro de 2004 e julho de 2004) e em solos na camada de 0-10 cm. Pontos de coleta estão indicados no mapa inferior. As áreas não englobadas pelos pontos de coleta são passíveis de erro e não devem ser consideradas. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

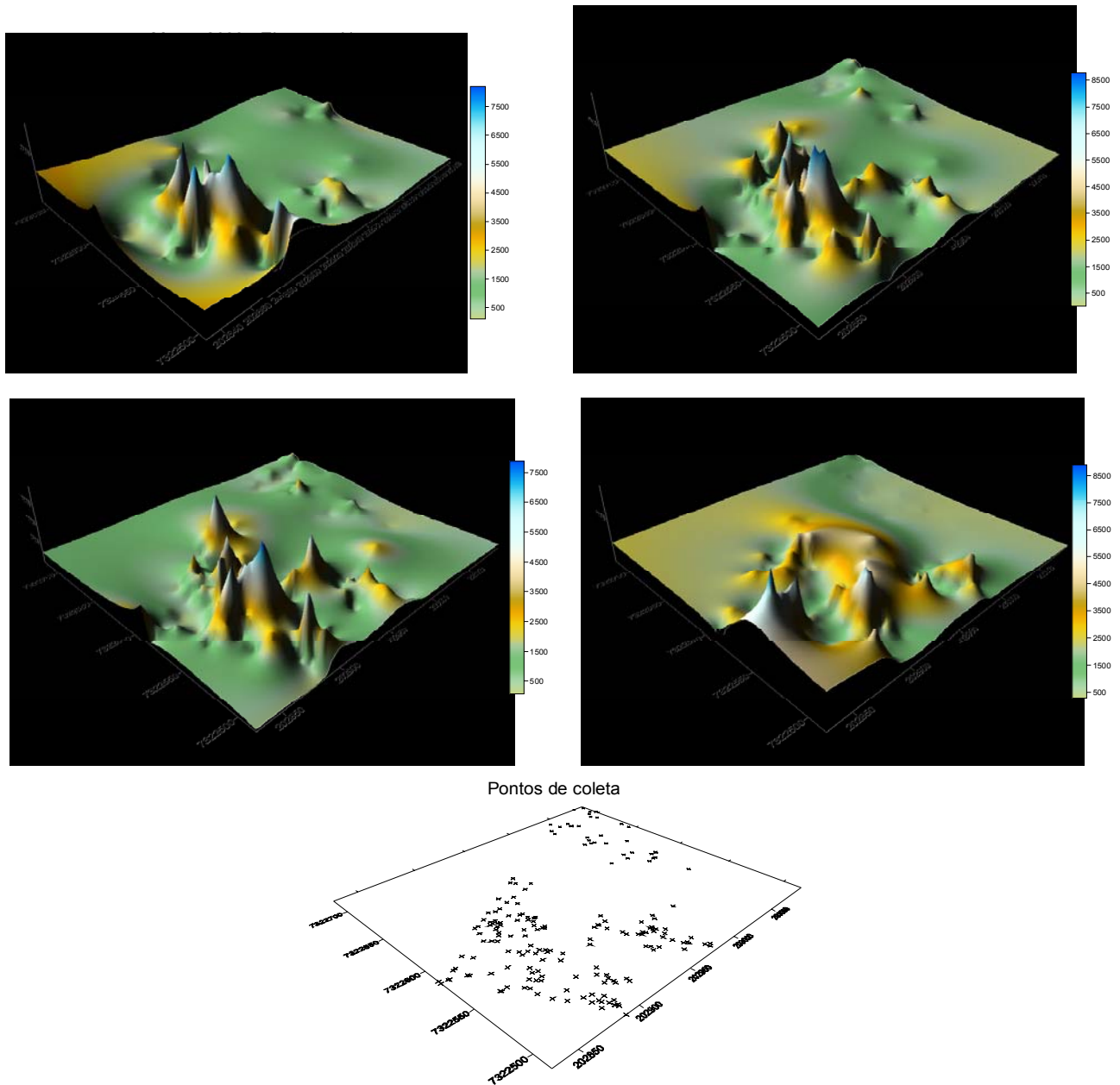


Figura 4.4.7. Mapas das concentrações de Na determinadas em folhas de acordo com a época de coleta (março de 2003, janeiro de 2004 e julho de 2004) e em solos na camada de 0-10 cm. Pontos de coleta estão indicados no mapa inferior. As áreas não englobadas pelos pontos de coleta são passíveis de erro e não devem ser consideradas. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

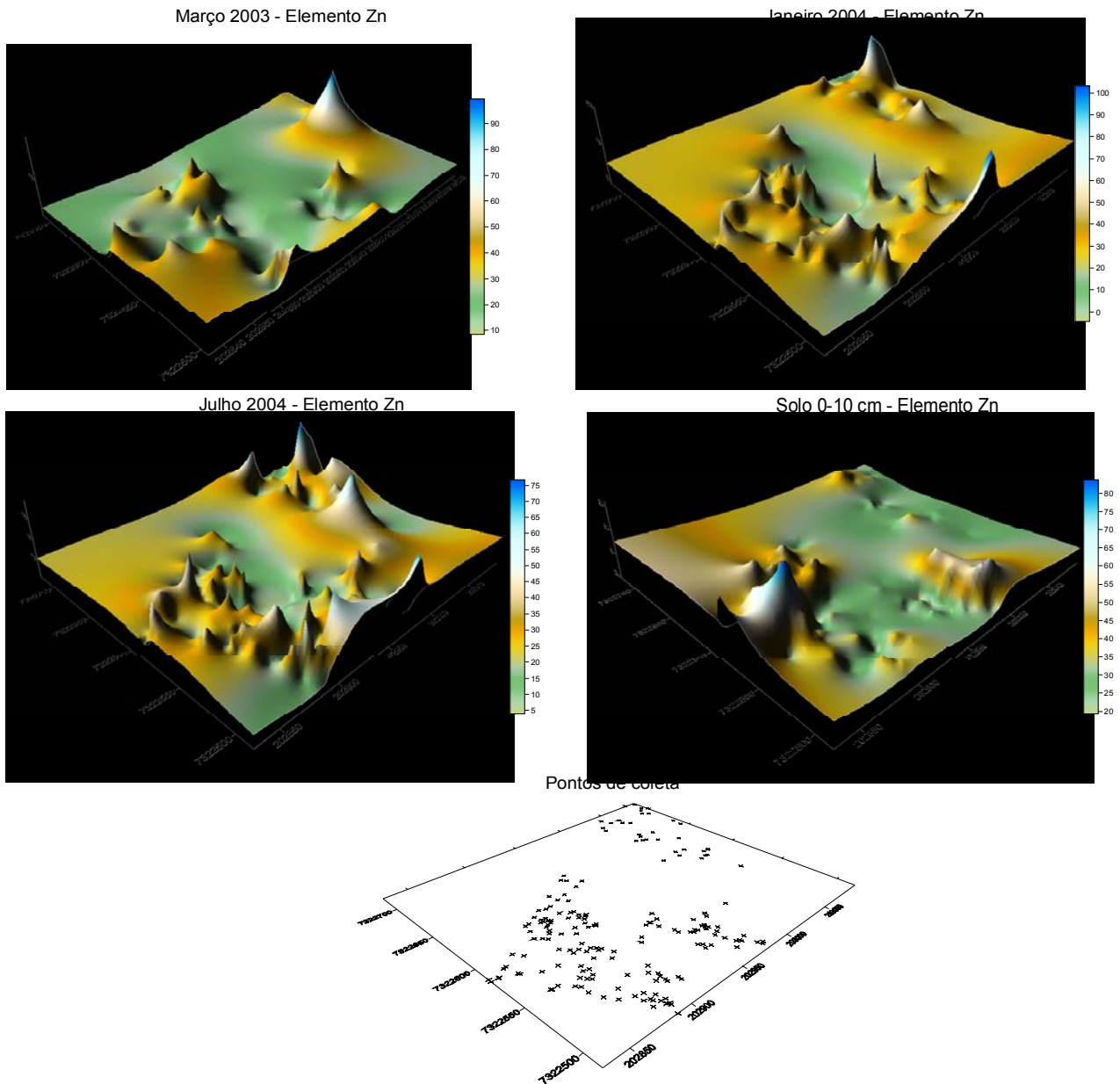


Figura 4.4.8. Mapas das concentrações de Zn determinadas em folhas de acordo com a época de coleta (março de 2003, janeiro de 2004 e julho de 2004) e em solos na camada de 0-10 cm. Pontos de coleta estão indicados no mapa inferior. As áreas não englobadas pelos pontos de coleta são passíveis de erro e não devem ser consideradas. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Ao comparar-se os mapas obtidos para cada coleta, é visível a inexistência de sazonalidade das concentrações dos elementos químicos avaliados, corroborando os resultados da análise estatística realizada.



## 4.5 Contaminação da Superfície de Folhas

Esta seção descreve a avaliação da contaminação da superfície de folhas das espécies arbóreas mais abundantes da parcela permanente do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB). Folhas de 21 espécies arbóreas (Tabela 4.5.1) foram coletadas em Abril/2003 e Julho/2004. Para cada espécie 4 indivíduos foram coletados para amostragem, totalizando 84 amostras. As folhas foram lavadas com água de torneira (Tratamento 1) e com solução de EDTA 0,01M seguida de água bidestilada (Tratamento 2).

Baseada na distribuição normal das concentrações de Br, Ca, Co, Cs, Fe, K, Na, Rb, Sc, Sr and Zn nas 21 espécies de plantas analisadas, o valor da estatística  $T^2$  de Hotelling para as médias pareadas foi 10,22, inferior ao valor tabelado de 24,95 (em nível de 95% de confiança), apontando para a inexistência entre os diferentes procedimentos de lavagem. A mesma análise foi aplicada somente para as 10 espécies coletadas em Abril de 2003, mostrando que o valor de  $T^2$  de Hotelling obtido foi 56,6, superior ao valor de referência de 45,3. Este resultado mostra que há diferença significativa entre os tratamentos em nível de 95% de confiança (concentrações do Tratamento 1 – água de torneira – foram maiores do que as do Tratamento 2 – EDTA). A redução foi devida ao efeito da lavagem com EDTA observada principalmente nas concentrações de elementos terrígenos como Ce, Fe, La e Sc. Além disso, sabe-se que a precipitação foi elevada nos meses anteriores a Julho de 2004, o que pode ter contribuído para uma prévia lavagem das folhas. Este fato pode explicar as diferenças encontradas entre os resultados obtidos para as duas análises.

O teste do sinais resultou na diferença, em nível de 95% de confiança, entre concentrações de Fe e Zn para todas as espécies analisadas, enquanto para as 10 espécies coletadas em Abril de 2003 concentrações de Br, Ce, Cs, Fe, Sc e Zn foram reduzidas após a lavagem com EDTA. Considerando as espécies coletadas em Julho de 2004, apenas concentrações de Fe, La e Na foram afetadas pela lavagem com EDTA. Espécies como *Alsophila sternbergii*, *Coussarea contracta* e *Marlierea tomentosa* apresentaram concentrações elevadas de Na após o Tratamento 2, o que provavelmente é devido ao excesso de EDTA nas folhas mesmo após a lavagem com água bidestilada.

A concentração de Sc normalmente encontrada em plantas alcança  $0,008 \text{ mg kg}^{-1}$  (Kabata-Pendias & Kabata, 1998), o que foi observado para a maior parte das espécies (Tabela 4.5.1). Estudos posteriores com as espécies *Alsophila sternbergii*, *Coussarea contracta*, *Eugenia melanogyna*, *Eugenia mosenii* e *Rudgea jasminoides* são necessários por estas espécies terem apresentado concentrações elevadas de Sc nas folhas ( $> 0,008 \text{ mg kg}^{-1}$ ).



Tabela 4.5.1 Concentrações médias ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de Sc em folhas lavadas com EDTA 0,01 M. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Espécies	Média	Intervalo de confiança 95%
<i>Alsophila sternbergii</i>	0,22	0,10 - 0,34
<i>Bathysa australis</i>	0,0099	0,0014 - 0,019
<i>Calycorectes australis</i>	0,005	0,003 - 0,007
<i>Chrysophyllum inornatum</i>	0,0039	0,0018 - 0,0061
<i>Chrysophyllum viride</i>	0,011	0,007 - 0,015
<i>Coussarea contracta</i>	0,092	0,033 - 0,15
<i>Endlicheria paniculata</i>	0,014	0,001 - 0,027
<i>Eugenia cuprea</i>	0,014	0,012 - 0,017
<i>Eugenia melanogyna</i>	0,154	0,019 - 0,288
<i>Eugenia mosenii</i>	0,022	0,008 - 0,037
<i>Euterpe edulis</i>	0,008	0,003 - 0,012
<i>Garcinia gardneriana</i>	0,006	0,003 - 0,009
<i>Gomidesia flagellaris</i>	0,006	0,004 - 0,009
<i>Guapira opposita</i>	0,013	0,007 - 0,019
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	0,004	0,002 - 0,005
<i>Marlierea suaveolens</i>	0,009	0,008 - 0,011
<i>Marlierea tomentosa</i>	0,009	0,005 - 0,014
<i>Neomitranthes glomerata</i>	0,006	0,003 - 0,009
<i>Rudgea jasminoides</i>	0,0222	0,0023 - 0,042
<i>Tetrastylidium grandifolium</i>	0,011	0,007 - 0,0016
<i>Virola bicuhyba</i>	0,0034	0,0008 - 0,0059

A correção das concentrações dos elementos químicos para o Tratamento 1 foi aplicada tomando-se a concentração média de Sc obtida na lavagem das folhas com EDTA como referência, de acordo com a seguinte equação:  $([Sc]_{\text{água}} - [Sc]_{\text{EDTA}}) / [Sc]_{\text{solo}}$ , onde  $[Sc]$  representa a concentração de Sc nas amostras. Concentrações de 18 elementos químicos nos solos da parcela permanente do PECB já publicadas (França et.al., 2006) foram analisados pelo método Bootstrap (Manly, 2004) para estabelecer as médias e os respectivos intervalos de confiança em nível de 95% de confiança (Tabela 4.5.2). Fator de correção foi aplicado para cada elemento e, assim, obtiveram-se as concentrações corrigidas. As concentrações corrigidas a partir de Sc foram comparadas com as concentrações obtidas nas folhas lavadas com EDTA (Figura 4.5.1), onde um índice igual a 1,0 foi tomado como indicador de similaridade entre as concentrações (corrigidas e obtidas no Tratamento 2). A correção com Sc foi considerada satisfatória para Ba, Br, Co, Cs, K, Rb, Sr e Zn podendo ser aplicada para obter as concentrações intrínsecas das folhas sem influência de contaminação. Todavia, para Ce, Fe, La e Sm, este procedimento foi considerado insatisfatório uma vez que o solo aderido à superfície das folhas incrementa substancialmente a concentração de Sc e, conseqüentemente, a razão de concentração de foi muito elevada. Como resultado, um fator de correção obtido pela multiplicação da razão de



concentração pela concentração do elemento no solo reduz as concentrações corrigidas de Ce, Fe, La e Sm para valores inadmissíveis (valores negativos).

Tabela 4.5.2. Concentração média ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e incerteza ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) estimada para o solo na profundidade 0-10 cm da parcela permanente depois de 10,000 iterations (método Bootstrap). Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Elemento	Ba*	Br	Ce	Co	Cs	Fe*	K*	La	Na*	Rb	Sc	Sm	Sr	Zn
Média	1,32	24,2	88	3,2	4,45	24,8	28,8	55	2,2	99	4,35	5,1	322	36
<i>Incerteza</i>	<i>0,08</i>	<i>1,3</i>	<i>6</i>	<i>0,2</i>	<i>0,13</i>	<i>1,18</i>	<i>1,8</i>	<i>4</i>	<i>0,3</i>	<i>5</i>	<i>0,17</i>	<i>0,5</i>	<i>19</i>	<i>2</i>

\* concentração em  $\text{g kg}^{-1}$

As concentrações dos elementos Br, Ce, Cs, Fe, La, Sc, Sm e Zn nas folhas foram reduzidas após a lavagem com EDTA dependendo da ocasião da amostragem. A lavagem com EDTA é necessária a fim de averiguar os elementos terrígenos nas folhas tais como Ce, Fe, La, Sm e Sc, enquanto que, a partir da correção de Sc, concentrações intrínsecas de Br, Co, Cs, K, Na, Rb, Sr e Zn podem ser corretamente estimadas em termos do nível mínimo de exatidão requerida para estudos ambientais.

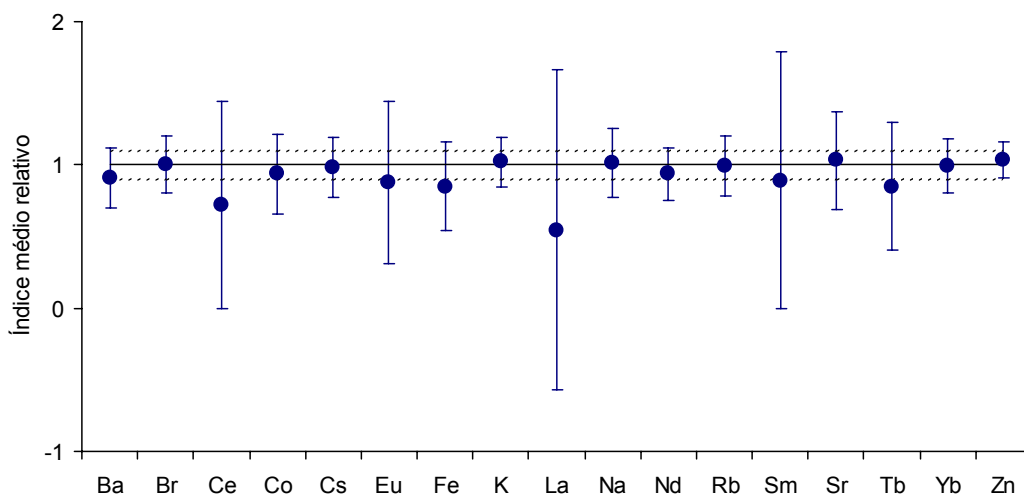


Figura 4.5.2 Índice médio calculado entre as concentrações corrigidas a partir de escândio e àquelas obtidas nas folhas lavadas com EDTA. Barras de erro indicam o desvio padrão. Linhas tracejadas referem-se a um erro de 10%. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).



#### 4.6. Compartimento Serrapilheira

O compartimento serrapilheira foi amostrado nos meses de agosto e setembro de 2004. Foram analisadas 3 replicatas de 200 g pela análise por ativação neutrônica instrumental de grandes amostras (LS-INAA). O material analisado é extremamente heterogêneo, por isso essa técnica é mais apropriada, além de prescindir da trituração da amostra. Detalhes da técnica analítica podem ser encontradas em Overwater (1994).

Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 4.7.1. A alta concentração de Sc de até  $0,11 \text{ mg kg}^{-1}$ , cerca de 10 vezes maior que o limite de  $0,008 \text{ mg kg}^{-1}$  em planta (Kabata-Pendias & Pendias, 1984), indica a presença de terra aderida na superfície das folhas. A correção para concentrações livre de interferência de terra foi realizada satisfatoriamente para os elementos Br (diferença de 6,3%), Ca (1,0%), K (13,3%), Na (10,1%), Rb (12,5%) e Zn (1,1%).

De acordo com os resultados da análise de variância para dados não pareados (one-way ANOVA), não há indícios em nível de 95% de confiança de que as concentrações de elementos químicos não diferem entre as épocas de coleta. As concentrações de Ca e K são muito similares àquelas já determinadas em florestas brasileiras (Moraes et al., 1999; Domingos et al., 2000; Haase, 1999), contudo as concentrações de Cu, Mn e Na são maiores que aquelas obtidas na Ilha do Cardoso (Moraes et al., 1999).

Tabela 4.7.1 Concentrações ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de elementos químicos e incertezas (U%) obtidas nas amostras de serrapilheira coletadas em Agosto e Setembro de 2004. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Época coleta	Amostra	Ba		Br		Ca		Co		Cu		Fe		K		La	
		Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%
Agosto 2004	1	110	200	6.7	2	8580	11	0.27	9	68.2	10	302	8	4220	3	0.53	3
	2	49	50	5.4	2	7740	20	0.18	20	28.8	30	253	10	3170	2	0.46	5
	3	220	200	8.7	3	9140	20	< 0.4		80.9	10	450	7	4120	2	0.82	4
Setembro 2004	1	91	30	6.6	2	9140	20	0.37	13	45.0	20	317	11	3950	2	0.63	5
	2	98	30	7.1	3	10550	20	0.41	13	34.5	20	422	10	4500	2	0.53	8
	3	113	20	5.3	3	9140	20	0.34	13	82.3	10	295	11	3220	2	0.37	13

Época coleta	Litter	Mn		Na		Rb		Sc		Sm		Sr		Th		Zn	
		Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%	Valor	U%
Agosto 2004	1	380	4	520	2	9.1	40	0.06	11	0.05	20	< 300		< 0.4		70	11
	2	300	2	400	2	12.0	12	0.07	6	0.08	200	179	5	< 0.4		44	10
	3	433	2	530	2	13.4	13	0.11	5	0.07	30	239	7	< 0.4		98	20
Setembro 2004	1	535	2	510	2	12.7	20	0.10	7	0.10	200	281	7	< 0.4		280	200
	2	401	3	530	2	13.4	10	0.11	6	0.14	200	267	4	0.35	40	580	200
	3	355	2	400	2	19.0	200	0.07	8	0.12	200	212	4	0.33	30	422	200



## 4.7. Compartimento Epífita

### 4.7.1 Seleção de biomonitor

Aproveitando-se da biodiversidade existente para gerar conhecimentos a serem revertidos para a sua própria preservação, a seleção de bromélias nativas da região com capacidade de acumulação promove a sustentabilidade da pesquisa científica em unidades de conservação, possibilitando seu emprego em estudos de biomonitoração de elementos químicos em ecossistemas naturais. A biomonitoração empregando folhas das espécies arbóreas mais relevantes resultou em baixo nível de poluição encontrado na Parcela Permanente do PECB, embora algumas árvores tenham apresentado concentrações apreciáveis de elementos relacionados com a poluição atmosférica, como é o caso de bromo, cobalto e zinco (França et al., 2004). Desse modo, a presente seção tem como objetivo apresentar os resultados da seleção de espécie nativa de epífita com capacidade de acumulação de elementos químicos para biomonitoração na Parcela Permanente do PECB.

As concentrações encontradas nas folhas das epífitas estão na Tabela 4.6.1.1. Concentração de K na ordem de  $40.000 \text{ mg kg}^{-1}$  foi determinada em folhas da espécie *Billbergia amoema*, enquanto a máxima concentração observada em folhas de espécies arbóreas coletadas na área foi  $25.000 \text{ mg kg}^{-1}$  (França et al., 2005). Este fato é indicativo de considerável fonte atmosférica do elemento para o ecossistema. Contudo, a concentração de K está, em geral, na faixa esperada de  $5.000$  a  $34.000 \text{ mg kg}^{-1}$  proposta por Schüürmann & Markert (1998).





Tabela 4.6.1.1 Concentrações (mg kg<sup>-1</sup>) e incertezas dos elementos químicos encontrados em folhas de epífitas. AC = *Aechmea coelestis*, BA = *Billbergia amoema*, CB = *Canistropsis billbergioides*, Sp = espécie não determinada, NI = *Nidularium cf. inocentii*, NK = *Nidularium krisgreeniae*, PT = *Phymatidium cf. tillandsoides*, TS = *Tillandsia stricta*, VC = *Vriesea carinata*, VE = *Vriesea ensiformis*, VI = *Vriesea incurvata*, VV = *Vriesea vagans*. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Esp. N.	Ba		Br		Ca		Ce		Co		Cs		Fe		Hg	
	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.
AC 2	17 ± 4	20,9 ± 1,0	5070 ± 330	0,15 ± 0,05	0,382 ± 0,045	0,177 ± 0,015	97 ± 4	0,022 ± 0,012								
BA 3	17 ± 3	13,6 ± 0,6	5110 ± 300	0,26 ± 0,04	0,099 ± 0,009	0,087 ± 0,009	116 ± 4	0,022 ± 0,016								
CB 5	22 ± 2	16,9 ± 0,8	5930 ± 350	0,35 ± 0,04	0,160 ± 0,010	0,142 ± 0,012	168 ± 5	0,043 ± 0,019								
Sp 1	11 ± 5	29,6 ± 1,3	2080 ± 170	0,10 ± 0,06	0,410 ± 0,027	0,174 ± 0,013	95 ± 3	0,055 ± 0,022								
NI 1	13,1 ± 1,7	12,2 ± 0,6	5210 ± 330	< 0,08	0,017 ± 0,003	0,146 ± 0,011	76 ± 3	0,035 ± 0,015								
NK 2	13 ± 3	20,7 ± 1,0	3610 ± 250	0,12 ± 0,05	0,104 ± 0,009	0,155 ± 0,014	68 ± 2	0,031 ± 0,018								
PT 1	52 ± 5	5,2 ± 0,3	4550 ± 290	0,48 ± 0,08	0,101 ± 0,010	0,477 ± 0,032	196 ± 7	0,073 ± 0,030								
TS 1	15 ± 2	11,8 ± 0,6	3460 ± 220	0,63 ± 0,05	0,081 ± 0,006	0,074 ± 0,007	123 ± 4	< 0,035								
VC 2	8,2 ± 1,7	17,8 ± 0,8	1810 ± 150	0,17 ± 0,06	0,174 ± 0,010	0,182 ± 0,015	177 ± 6	0,049 ± 0,018								
VE 1	14 ± 6	13,8 ± 0,6	2350 ± 160	0,12 ± 0,04	0,157 ± 0,010	0,063 ± 0,006	166 ± 5	0,056 ± 0,020								
VI 2	8 ± 2	10,2 ± 0,5	2730 ± 180	0,08 ± 0,02	0,180 ± 0,010	0,194 ± 0,014	178 ± 5	0,034 ± 0,017								
VV 2	26 ± 3	8,5 ± 0,5	2210 ± 180	0,15 ± 0,03	0,061 ± 0,005	0,089 ± 0,011	171 ± 5	0,051 ± 0,019								

Esp. N.	K		Na		Rb		Sc		Se		Sm		Sr		Zn	
	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.	Méd.	In.
AC 2	29550 ± 1080	4880 ± 160	57 ± 3	0,0069 ± 0,0006	0,18 ± 0,06	0,0065 ± 0,0015	103 ± 8	20,6 ± 0,8								
BA 3	23970 ± 820	3290 ± 100	41,8 ± 1,9	0,0093 ± 0,0006	0,08 ± 0,03	0,0068 ± 0,0012	133 ± 8	13,7 ± 0,5								
CB 5	25150 ± 830	6020 ± 220	38,1 ± 1,8	0,0133 ± 0,0007	0,19 ± 0,05	0,0071 ± 0,0017	114 ± 7	29,7 ± 1,0								
Sp 1	25840 ± 720	4350 ± 150	58 ± 3	0,0029 ± 0,0003	0,14 ± 0,03	< 0,003	33 ± 3	19,7 ± 0,7								
NI 1	27270 ± 870	2920 ± 105	63 ± 3	0,0026 ± 0,0003	0,21 ± 0,08	0,005 ± 0,002	166 ± 10	22,4 ± 0,7								
NK 2	29370 ± 1000	4960 ± 160	65 ± 3	0,0037 ± 0,0003	< 0,107	< 0,003	82 ± 7	20,3 ± 0,8								
PT 1	21140 ± 850	770 ± 26	76 ± 4	0,0528 ± 0,0026	0,37 ± 0,09	0,021 ± 0,002	81 ± 8	23,3 ± 0,7								
TS 1	10870 ± 610	4820 ± 160	18,1 ± 0,8	0,0234 ± 0,0011	0,25 ± 0,08	0,0172 ± 0,0015	58 ± 4	17,7 ± 0,6								
VC 2	14580 ± 500	4380 ± 150	30,2 ± 1,4	0,0070 ± 0,0006	0,13 ± 0,03	0,0045 ± 0,0009	43 ± 8	29,3 ± 1,0								
VE 1	14770 ± 470	3330 ± 100	26,9 ± 1,2	0,0050 ± 0,0004	0,08 ± 0,02	0,019 ± 0,002	62 ± 6	22,4 ± 0,9								
VI 2	11580 ± 450	3250 ± 100	25,4 ± 1,2	0,0046 ± 0,0004	0,15 ± 0,04	0,0028 ± 0,0008	61 ± 7	28,3 ± 0,9								
VV 2	7740 ± 370	4210 ± 130	14,3 ± 0,7	0,0094 ± 0,0006	0,17 ± 0,05	0,0058 ± 0,0008	69 ± 4	14,6 ± 0,6								

Esp.= espécies  
N= número de elementos

As espécies *Aechmea coelestis*, *Nidularium cf. inocentii*, *Nidularium krisgreeniae* e *Vriesea carinata* apresentaram altas concentrações de Br, enquanto concentração elevada de Na foi detectada nas espécies *Canistropsis billbergioides* e *Vriesea vagans*. As altas concentrações de Br e Na podem ser explicadas pela influência marinha (França et al., 2004), pois a parcela permanente está na vertente atlântica da Serra do Paranapiacaba, e há a predominância de ventos oceânicos. Verifica-se concentração acima de 40 mg kg<sup>-1</sup> do elemento Zn na espécie *Canistropsis billbergioides*, podendo destacar poluição atmosférica já que o elemento, na maioria das vezes, possui origem antrópica (Wedepohl, 1970). Elementos químicos de importância



ambiental como Ba, Hg e Se também foram encontrados nas folhas de *Canistropsis billbergioides*, assim como nas folhas das espécies arbóreas da parcela (Ferrari et al. 2003).

A espécie *Canistropsis billbergioides* apresentou o maior índice de acumulação de elementos químicos em suas folhas (Figura 4.6.1.1). Após refinamento, pela simulação de 10000 amostras “bootstrap” (Figura 4.6.1.2), a espécie *Billbergia amoema* também apresentou elevado índice de acumulação. Este tipo de procedimento estatístico pode ser aplicado somente para espécies com mais de dois indivíduos analisados. Embora *Billbergia amoema* seja uma espécie de bromélia tipo tanque (reservatório de água), não foi encontrada relação entre essa característica e a acumulação de elementos químicos nas demais espécies tanque (por exemplo, *Nidularium* sp. e *Aechmea* sp.). Escolheu-se *Canistropsis billbergioides* devido à sua abundância e facilidade na coleta da espécie no sub bosque da floresta.

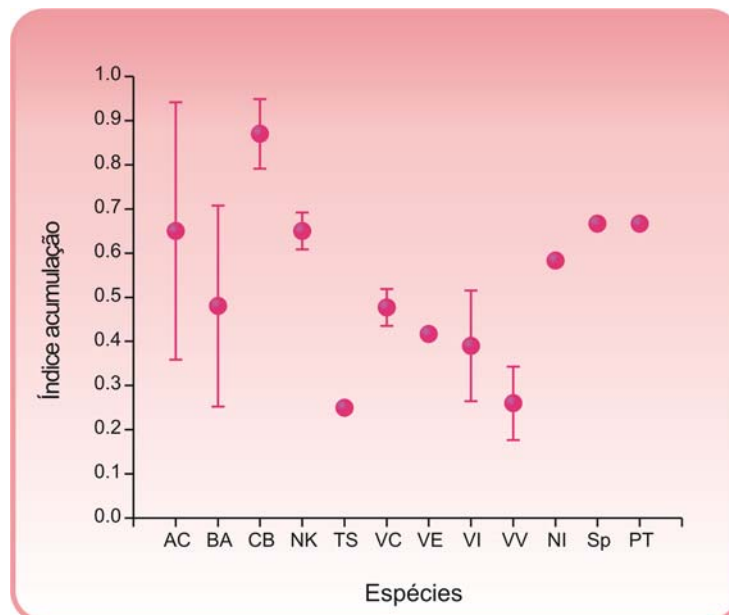


Figura 4.6.1.1 Comparação dos índices de acumulação de elementos químicos nas bromélias avaliadas. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

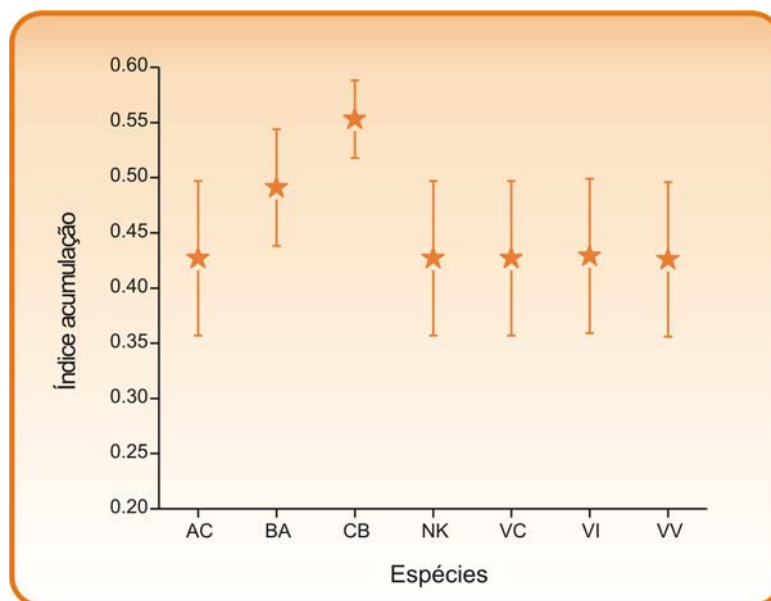


Figura 4.6.1.2 Índices de acumulação e seus respectivos intervalos de confiança (95%) estimados pelo método Bootstrap (iterações = 10000). Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Por ser frequentemente utilizada em estudos de biomonitoração, a espécie *Tillandsia usneoides* foi comparada à espécie selecionada *Canistropsis billbergioides* (Tabela 4.6.1.2). Os resultados de *Tillandsia usneoides* referentes ao indivíduo controle cultivado em casa de vegetação do Instituto de Botânica/SMA de São Paulo, ou seja, material desprovido de qualquer tipo de contaminação (Figueiredo et al., 2004), mostraram concentrações similares a *Canistropsis billbergioides*. Os resultados de Sc indicam que *Tillandsia usneoides* não foi lavada, uma vez que este elemento químico é considerado traçador de terra contaminante em plantas (Wyttenbach & Tobler, 1998). A presença de terra pode contribuir para o aumento na concentração de alguns elementos. Baseando-se no fato da acumulação de elementos químicos ser fator fundamental para a elegibilidade de um organismo biomonitor, *Canistropsis billbergioides* pode potencialmente ser utilizada como organismo biomonitor na parcela permanente do PECB, produzindo resultados comparáveis a *Tillandsia usneoides*.



Tabela 4.6.1.2 Comparação entre as concentrações ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) das espécies de bromélias *Canistropsis billbergioides* e *Tillandsia usneoides*. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

	<i>Canistropsis billbergioides</i>		<i>Tillandsia usneoides</i>		
			Figueiredo (2004)	Figueiredo (2001)	Calasans (1997)
	Méd.	Inc.	Controle	Congonhas	Rio de Janeiro
Ba	22	± 2	16	49	-
Br	16,9	± 0,8	10,1	6,43	-
Ca	5930	± 350	3303	-	-
Ce	0,35	± 0,04	1,4	5,1	-
Co	0,16	± 0,01	0,61	1,1	-
Fe	168	± 5	650	2536	-
Hg	0,043	± 0,019	-	-	2,1
K	25150	± 830	5850	4713	-
Na	6020	± 220	421	601	-
Rb	38,1	± 1,8	37	89	-
Sc	0,0133	± 0,0007	0,13	0,18	-
Se	0,19	± 0,05	0,25	-	-
Sm	0,007	± 0,002	0,083	0,26	-
Zn	30	± 1	41	73	-

Méd. = Média; Inc. = Incerteza

#### 4.7.2 Biomonitoração

Resultados demonstram que *Canistropsis billbergioides* pode ser empregada como organismo biomonitor (Elias, 2005). Assim, o presente trabalho tem como objetivo determinar a composição química de *Canistropsis billbergioides* empregando-se análise por ativação neutrônica instrumental (INAA), a fim de avaliar as fontes atmosféricas de elementos químicos para a Mata Atlântica. Folhas de 23 indivíduos de bromélias da espécie *Canistropsis billbergioides* (Figura 4.6.2.1) foram coletadas no entorno da parcela nas seguintes posições: Saída (n = 3), A00 (n = 1), A01 (n = 2), A03 (n = 2), A04 (n = 2), A05 (n = 1), A06 (n = 2), A08 (n = 1), A11 (n = 1), A12 (n = 1), B00 (n = 1), C00 (n = 1), D00 (n = 1), E00 (n = 3) e F00 (n = 1).

As concentrações químicas médias nas folhas estão na Tabela 4.6.2.1. Concentração de K na ordem de  $45000 \text{ mg kg}^{-1}$  foi determinada nas folhas. Este elemento é indicativo de considerável fonte atmosférica para o ecossistema. Verifica-se concentração acima de  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  do elemento Zn, o que pode destacar poluição atmosférica já que o elemento, na maioria das vezes, tem origem antrópica (Wedepohl, 1970). O elemento químico Ba, de importância ambiental, também foi encontrado nas folhas de *Canistropsis billbergioides*, assim como nas folhas das espécies arbóreas da parcela (França et al., 2005).



Figura 4.6.2.1 Espécie nativa selecionada (Elias et al., 2005) para estudos de biomonitoração de elementos químicos na Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana (Mata Atlântica) do PECB.

Tabela 4.6.2.1 Concentrações dos elementos químicos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) encontrados nas folhas de todos os indivíduos de bromélias. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Estatística descritiva	Ba	Br	Ca	Co	Cs	Fe	K	Na	Rb	Sc	Sr	Zn
Mediana	15	14	4220	0,101	0,09	120	26000	5440	38	0,0079	105	27
Média	16	15	4840	0,103	0,11	131	25800	5360	43	0,0089	106	30
Desvio padrão	7,7	5,5	1730	0,039	0,08	49	6840	1300	17	0,0035	44	9
Min	8,2	8,3	2540	0,049	0,03	67	15200	3260	20	0,0027	44	15
Max	35	29	7790	0,205	0,37	281	45100	9030	78	0,0158	213	56

Os resultados da análise fatorial (método verossimilhança) estão na Tabela 4.6.2.2, sendo que cinco fatores foram suficientes para explicar as concentrações dos elementos químicos nas folhas. O fator 1 aponta para fonte comum de Ba, Ca e Sr, enquanto no fator 2, Co, Fe e Sc foram indicativos da presença de terra na superfície das folhas. K e Rb foram separados em um único fator (fator 3). Além disso, Cs e Zn correlacionados com o fator 4 mostram provável impacto de poluição atmosférica na região. Demonstra-se ainda possível influência marinha no fator 5, pois Br e Na estão correlacionados.



Tabela 4.6.2.2 Cargas fatoriais rotacionadas (varimax) obtidas pela análise fatorial (método verossimilhança). Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

Fator	Ba	Br	Ca	Co	Cs	Fe	K	Na	Rb	Sc	Sr	Zn
1	<b>0,91</b>	0,47	<b>0,90</b>	-0,11	-0,57	0,00	0,20	0,03	-0,20	0,11	<b>0,91</b>	0,23
2	0,14	0,12	-0,03	<b>0,81</b>	0,16	<b>0,88</b>	-0,08	0,34	-0,09	<b>0,92</b>	-0,05	0,14
3	0,04	0,14	-0,12	-0,44	0,02	0,01	<b>0,87</b>	-0,73	<b>0,95</b>	-0,09	0,02	-0,14
4	-0,09	0,16	0,13	-0,02	<b>0,75</b>	0,16	-0,12	0,14	0,03	0,10	-0,03	<b>0,91</b>
5	0,05	<b>0,79</b>	0,10	0,10	-0,02	0,01	0,34	<b>0,45</b>	0,02	0,06	0,27	0,15

Após agrupamento de acordo com o local de coleta (Figura 4.6.2.2), verificou-se relação dos pontos mais altos do entorno noroeste e nordeste com alguns fatores, destacando o fator 4 que está relacionado com a poluição atmosférica e o fator 5 que envolve influência marinha. No caso do fator 4, a saída é o ponto que apresenta mais elementos químicos relacionados com poluição atmosférica, podendo explicar contaminação por combustíveis fósseis pela transição de veículos. Em relação ao fator 5, o entorno nordeste apresenta concentrações de Br e Na mais altas, por estar mais próximo ao mar.

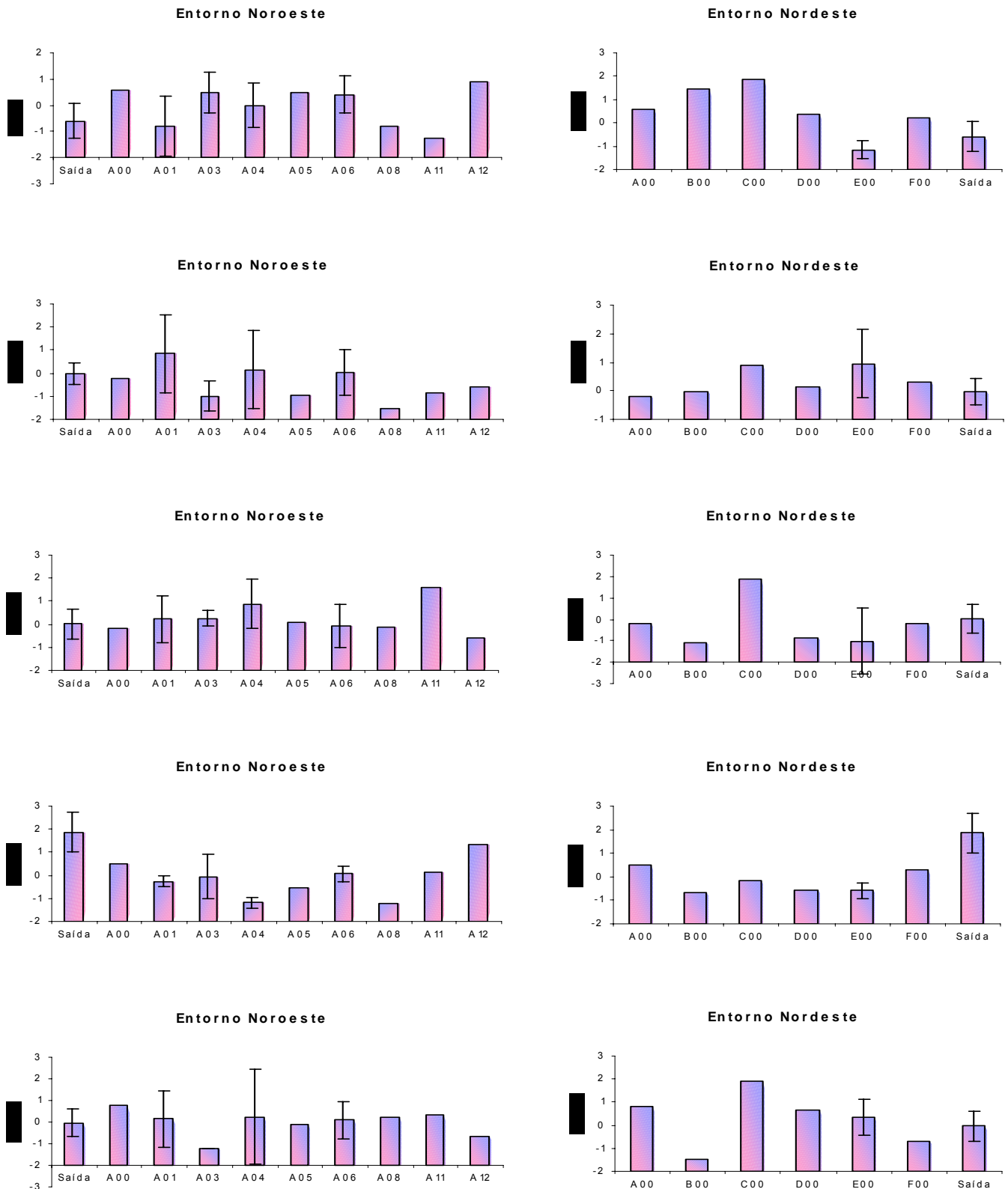


Figura 4.6.2.2. Valores médios dos fatores com relação à proximidade das sub-parcelas dos entornos noroeste e nordeste. Barras de erro representam o desvio padrão para pontos com mais de uma amostra. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).



## 4.8 Ciclagem de elementos químicos

O estudo de ciclagem de elementos químicos é bastante complexo e, na maioria das vezes, torna-se necessário a retirada completa dos organismos do ecossistema (Golley et al, 1978) para a realização das análises e determinação dos estoques de elementos químicos nos compartimentos. Por se tratar de pesquisa em parcelas permanentes, optou-se pela simplificação a partir da determinação de elementos químicos nos compartimentos folha, solo, serrapilheira e epífitas considerando-se as espécies vegetais mais representativas para o cálculo de fatores de transferência entre esses compartimentos, indicativo do fluxo de elementos entre os compartimentos.

### 4.8.1 Fatores de transferência solo-folha

As razões entre as concentrações totais determinadas no solo 0-10 cm e aquelas determinadas nas folhas foram utilizadas para estimar os fatores de transferência solo-folha. Para facilitar a interpretação, os fatores de transferência foram agrupados para as espécies coletadas em março de 2003 (Tabela 4.8.1.1). A análise estatística foi realizada a partir das diferenças entre os fatores de transferência de Br, Co, K, Na, Sr e Zn (os mais representativos elementos na matriz de covariâncias) para as espécies, com exceção de *Gomidesia spectabilis* e *Marlierea tomentosa* devido à insuficiência amostral (grau de liberdade < 2). Detalhamento da análise estatística dos valores de transferência usando inferência bayesiana pode ser encontrado em França et al. (2006).

De acordo com a Tabela 4.8.1.1, os fatores de transferência foram altamente variáveis devido ao alto desvio-padrão observado, embora a variabilidade dos resultados sejam similares àqueles obtidos para pastagem (Vera Tome et al., 2003). Dependendo da espécie, os fatores de transferência foram próximos a 1 para os elementos nutrientes Ca, Co, K, Na e Zn, e os elementos traços Br, Rb e Sr (Tabela 4.8.1.1). Esse fenômeno aponta para uma grande capacidade de cada planta em acumular alguns elementos químicos nas folhas.







Césio mostrou um fator de transferência médio de  $0,04 \pm 0,02$ , que é muito superior aos fatores obtidos para acículas coletadas em local com solo de concentração similar de Cs (Wittenbach et al., 1995). A palmeira *Euterpe edulis* apresentou um fator consistente para Zn de 1,2 (DP = 27%; n = 14). Os altos fatores de transferência para Br podem ser indicativos de influência oceânica já que as espécies com altos fatores desse elemento (*Chrysophyllum innornatum*, *Eugenia cuprea*, *Guapira opposita*, *Gomidesia spectabilis* and *Tetrastylidium grandifolium*) também apresentaram altos valores para Na (Markert, 1993). Com um fator de transferência de 4,52 (STD = 15%, n=10), *Guapira opposita* é acumuladora de Na.

As espécies estudadas apresentaram similares fatores de transferência combinados (Figura 4.8.1.1) com exceção de *Euterpe edulis* (Br-Zn), *Garcinia gardneriana* (Co-K), *Gomidesia flagellaris* (Br-Co), *Guapira opposita* (Br-Na; Co-Na) e *Tetrastylidium grandifolium* (Co-Na). Desse modo, a transferência de elementos químicos do solo para as folhas pode ser considerada proporcional para esse trecho da Mata Atlântica. Além disso, há um comportamento diferenciado das espécies de acordo com a posição relativa no dossel da floresta (espécies do sub-bosque e dominantes), cuja discriminação ocorreu pelos seguintes fatores de transferência combinados (Figura 4.8.1.1). De fato, as condições ambientais são bastante desfavoráveis para a realização de fotossíntese para as espécies de sub-bosque. Elementos não essenciais como Br e Na podem substituir funcionalmente elementos essenciais (Subbarao et al., 2003), o que pode explicar seus altos valores de fatores de transferência. Cabe ressaltar que a contribuição atmosférica é elevada para esses elementos, aumentando, assim, a absorção foliar.

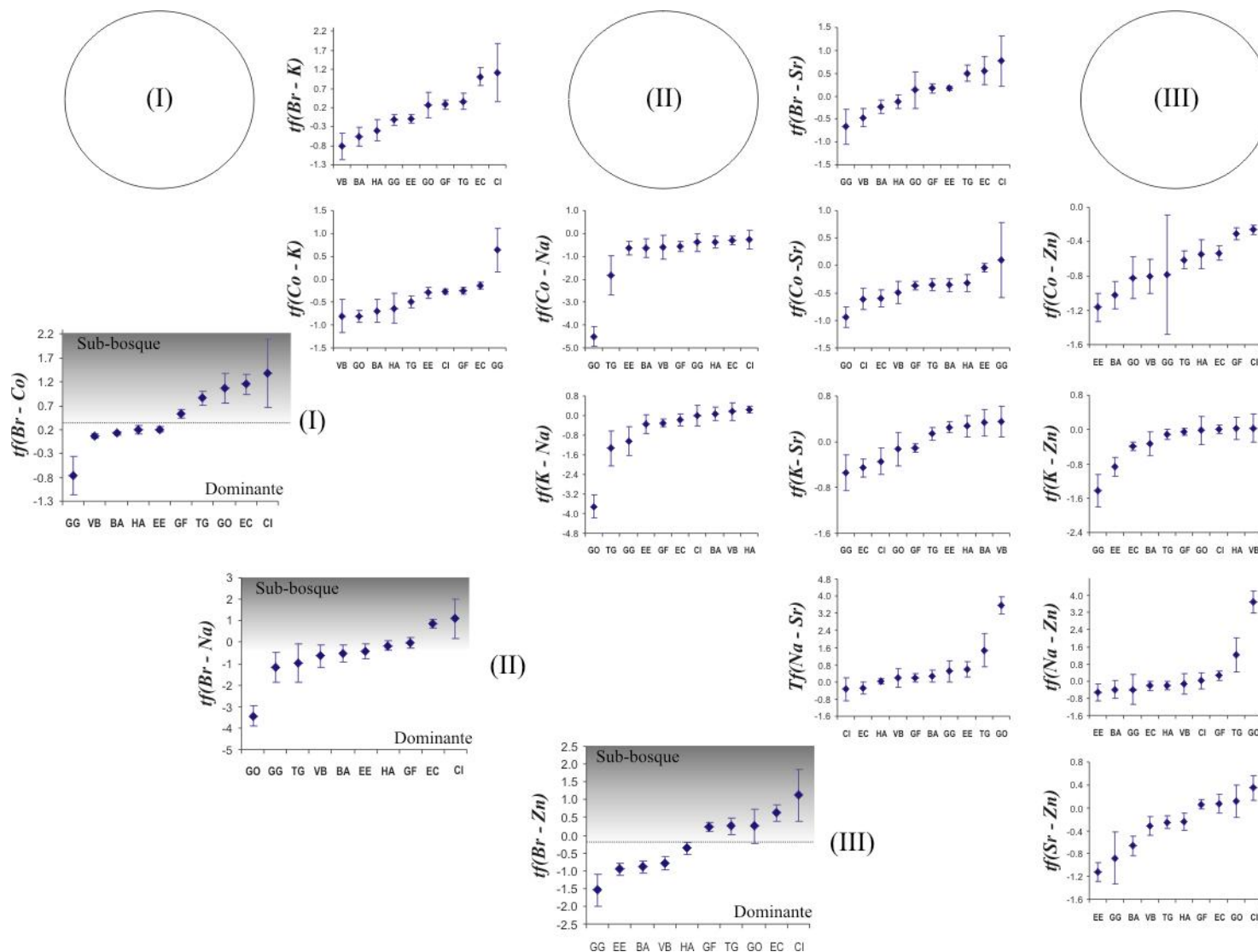


Figura 4.8.1.1 Fatores médios de transferência combinados ( $tf$ ) e seus respectivos intervalos de densidades (95%) para as espécies arbóreas. BA = *Bathysa australis*, CI = *Chrysophyllum innornatum*, EC = *Eugenia cuprea*, EE = *Euterpe edulis*, GG = *Garcinia gardneriana*, GF = *Gomidesia flagellaris*, GO = *Guapira opposita*, HA = *Hyeronima alchorneoides*, TG = *Tetrastylidium grandifolium*, VB = *Virola bicuhyba*. (I) e (III) mostram as espécies separadas de acordo com o hábita (espécies de sub-bosque e dominantes) relativo à posição no dossel, enquanto (II) indica uma leve diferenciação. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).



#### 4.8.2 Fatores de transferência folha-serrapilheira

Como parte da ciclagem, elementos químicos são continuamente reciclados entre os compartimentos folha e serrapilheira, constituindo no maior fluxo de elementos nos ecossistemas (Haase, 1999). Os fatores de transferência folha-serrapilheira calculados mostram a característica de resgate de elementos antes da senescência das folhas devido aos baixos valores dos fatores.

Como não foi possível individualizar as amostras de serrapilheira, inferências precisas não podem ser realizadas sobre o ciclo bioquímico de cada espécie. Contudo, de maneira geral, Br, K, Na e Rb são resgastados das folhas antes de sua senescência (Figura 4.8.2.1). Aparentemente, Na é um importante elemento para o ecossistema estudado, embora não seja considerado elemento essencial para plantas (Schüürman & Markert, 1998). Os baixos fatores de transferência serrapilheira-folha confirmam sua translocação, além de sua acumulação nas folhas de *Guapira opposita*, *Eugenia melanogyna* e *Tetrastylidium grandifolium* de acordo com os fatores de transferência folha-solo encontrados (Tabela 4.8.1.1).

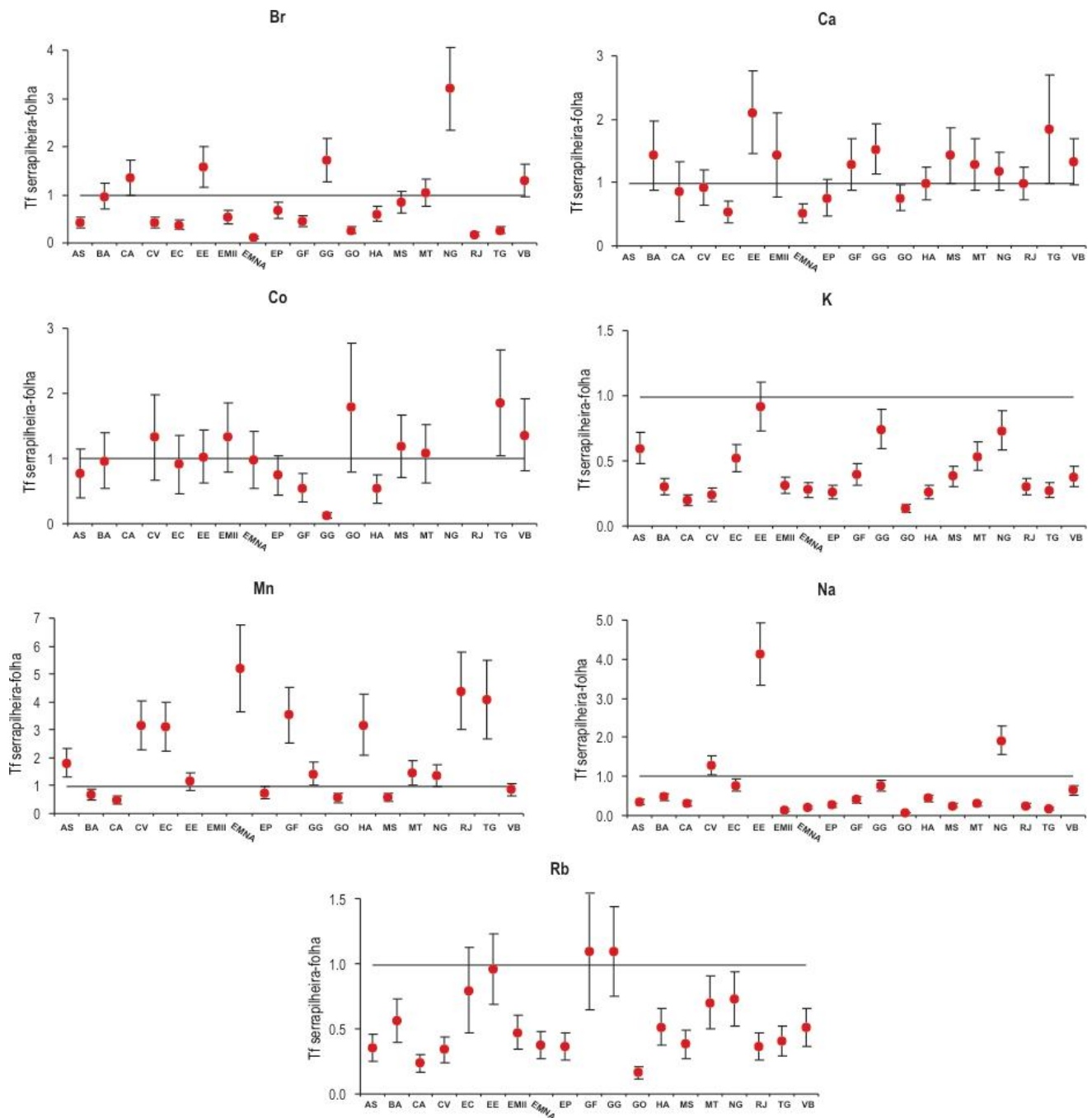


Figura 4.8.2.1 Fatores médios de transferência (tf) serrapilheira-folha para todas as espécies estudadas. Barras de erro referentes às incertezas combinadas. AS = *Alsophilla sternbergii*, BA = *Bathysa australis*, CA = *Calycorectes australis*, CV = *Chrysophyllum viride*, EC = *Eugenia cuprea*, EE = *Euterpe edulis*, EMII = *Eugenia mosenii*, EMNA = *Eugenia melanogyna*, EP = *Endicleria paniculata*, GF = *Gomidesia flagellaris*, GG = *Garcinia gardneriana*, GO = *Guapira opposita*, HA = *Hyeronima alchorneoides*, MS = *Marlierea suaveolens*, MT = *Marlierea tomentosa*, NG = *Neomitranthes glomerata*, RJ = *Rudgea jasminoides*, TG = *Tetrastylidium grandifolium*, VB = *Virola bicuhyba*. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).



### 4.8.3 Apontamentos gerais

A investigação química de espécies vegetais da Mata Atlântica permitiu avaliar as concentrações de diversos elementos químicos nas folhas das espécies arbóreas mais abundantes, solos, serrapilheira e epífitas da parcela permanente do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), colaborando para o entendimento de processos envolvidos na ciclagem de elementos químicos. Este conhecimento mostra-se importante para a conservação de ecossistemas fragilizados como a Mata Atlântica (Myers et al., 2000).

As quantidades medianas dos elementos químicos mais representativos determinados nos diversos compartimentos podem ser visualizadas nas Figuras 4.8.3.1 e 4.8.3.2, assim como as concentrações máximas observadas (linha sem pontos). Embora não tenha sido determinado nos solos, selênio é um elemento bastante interessante por ser detectado em folhas das árvores. O limiar entre toxicidade e essencialidade é extremamente estreito, tornando-o elemento de grande importância ambiental.

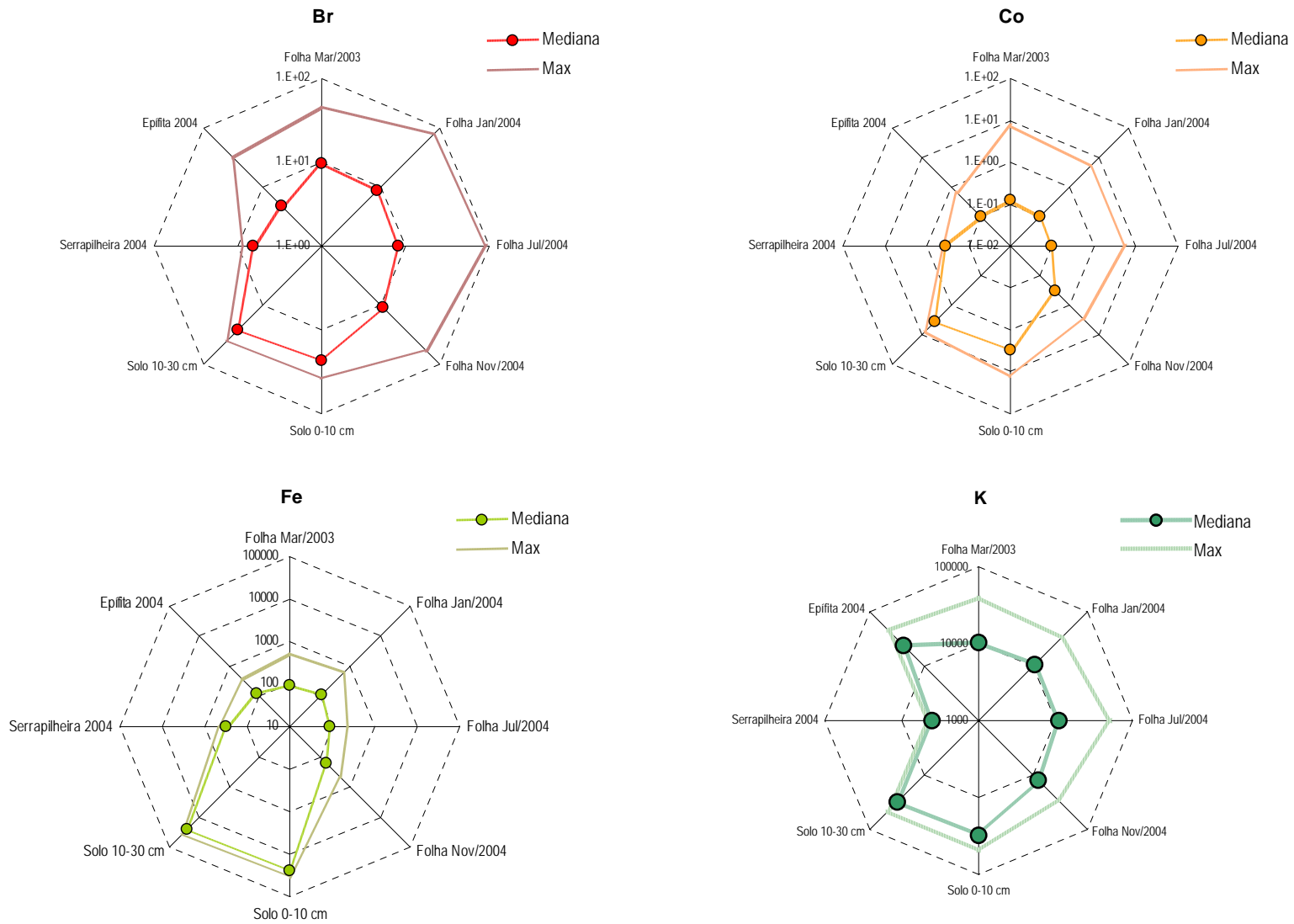


Figura 4.8.2.1 Concentrações medianas ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de elementos químicos determinados nos compartimentos vegetais e geológicos. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

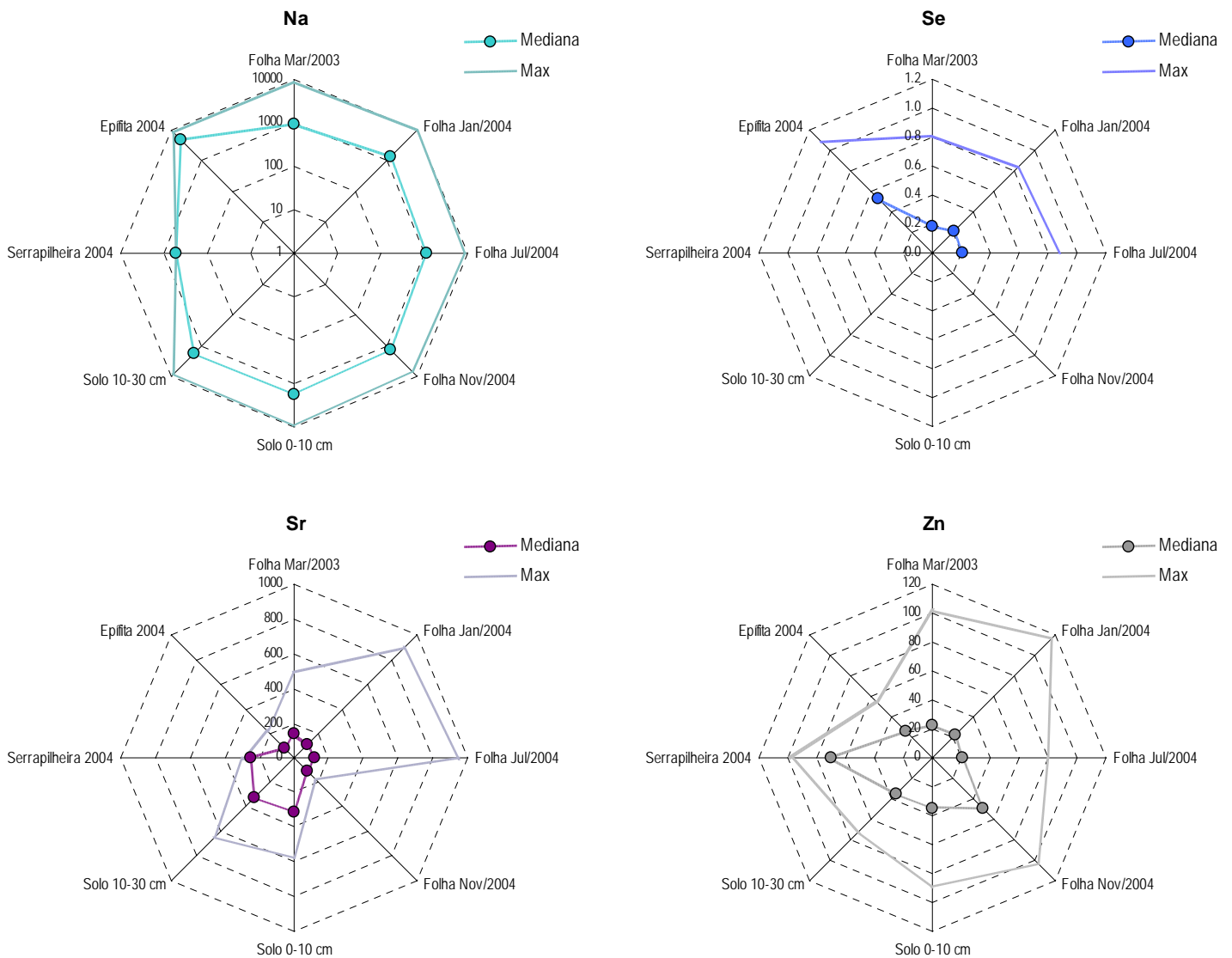


Figura 4.8.2.2 Concentrações medianas ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de elementos químicos determinados nos compartimentos vegetais e geológicos. Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa (PECB).

A divergência encontrada entre os máximos e as concentrações medianas nos compartimentos pode ser explicada pela presença de espécies bioacumuladoras, entretanto, em determinados casos, nota-se a presença de indivíduos hiperacumuladores, cuja concentração é cerca de 10 a 1000 vezes maior que os indivíduos da mesma espécie (Markert, 1991). Também é claramente observada a depleção nas concentrações de Br, K e Na na serrapilheira devido à translocação.

A análise das folhas de epífitas indica concentrações elevadas de K, Na e Se com relação aos resultados das folhas das árvores, o que permite comprovar a grande contribuição atmosférica desse elementos para o ecossistema. Esse fato é preocupante em termos da manutenção do ecossistema, uma vez que o Parque Estadual Carlos Botelho está situado próximos a centros industriais. Interessante ressaltar que a máxima quantidade de Zn encontrada





nas folhas de epífitas atingiu cerca de  $60 \text{ mg kg}^{-1}$ , muito próximo aos valores máximos determinados nas folhas das árvores. Desse modo, é possível afirmar que a contribuição atmosférica de Zn também é elevada.

Considerando a vegetação restante de Mata Atlântica no Estado de São Paulo de aproximadamente 6% e a estimativa anual de produção de folhas para serrapilheira na Mata Atlântica de  $4,4 \pm 0,3$  toneladas por hectare (Moraes et al., 1999), comprova-se a importância da floresta para a estocagem dos elementos químicos nos compartimentos biológicos (total estimado para os elementos químicos avaliados: 145,2 kg por hectare). Por outro lado, a devastação desse ecossistema tem disponibilizado quantidades apreciáveis de elementos químicos para agrossistemas, cuja capacidade de manutenção dessas concentrações nos novos compartimentos biológicos é bastante limitada.

O banco de dados de concentrações de elementos químicos determinados nos compartimentos a ser disponibilizado *on-line* será importante para a comunidade científica de modo a auxiliar grandemente o estabelecimento de padrões de referência ambientais de qualidade quanto à distribuição e impacto dos elementos químicos no Estado de São Paulo, um dos principais objetivos do Programa Biota/FAPESP.

## **Referências bibliográficas**

- AIDID, S.B. Determination of trace elements in leaves of tropical trees in Malaysia by neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.10, n.2, p.335-344, 1988.
- ANDRADE, R.M.; KAMIDA, H.M.; LAMBAIS, M.R.; CROWLEY, D.E. Estudos microbiológicos no Parque Estadual de Carlos Botelho. In: V Simpósio V Reunião de Avaliação do Programa Biota/FAPESP, de 15 a 20 de novembro, Hotel Majestic em Serra Negra (SP). Apresentações orais. Resumos em CD-rom.
- BACCHI, M. A.; FERNANDES, E. A. N. Quantu – design and development of a software package dedicated to  $k_0$ -standardized NAA. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.257, n.3, p.577-582, 2003.
- BACCHI, M. A.; FERNANDES, E. A. N.; OLIVEIRA, H. A Brazilian experience on  $k_0$ -standardized neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.245, n.1, p.217-222, 2000.
- BREIER, T. B. O epifitismo vascular em florestas do sudoeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, 139p., 2005.
- BREIER, T. B.; SEMIR, J.; RODRIGUES, R. R. Diversidade e estrutura do componente epifítico vascular em quatro formações florestais do Estado de São Paulo: resultados preliminares. In: III Simpósio do Programa Biota-Fapesp, de 26 a 28 de novembro de 2002, UFSCAR em São Carlos (SP). 14p.
- BRUNS, I.; FRIESE, K.; MARKERT, B.; KRAUSS, G.J. Heavy metal inducible compounds from *Fontinalis antipyretica* reacting with Ellman's reagent are not phytochelatins. *The Science of the Total Environment*, v.241, p.215-216, 1999.
- BURTON, S.M.; RUNDLE, S.D.; JONES, M.B. The relationship between trace metal contamination and stream meiofauna. *Environmental Pollution*, v.111, p.159-167, 2000.



- CALASANS, C. F.; MALM, O. Elemental mercury contamination survey in a chlor-alkali plant by the use of transplanted Spanish moss, *Tillandsia usneoides* (L.). *The Science of the Total Environment*, v.208, p.165-177, 1997.
- COCCARO, D.M.B.; SAIKI, M.; VASCONCELLOS, M.B.A.; MARCELLI, M.P. Evaluation of trace elements in different species of lichens by neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.244, n.1, p.141-145, 2000.
- CZAUDERNA, M. Determination of selenium in biological materials by neutron activation analysis. *Applied Radiation Isotopes*, v.47, n.8, p.735-737, 1996.
- DOMINGOS, M.; LOPES, M.I.M.S.; VUONO, Y.S. Nutrient cycling disturbance in Atlantic Forest sites affected by air pollution coming from the industrial complex of Cubatão, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v.23, n.1, p.77-85, 2000.
- DUARTE, A.R. Espécies de Myrtaceae de uma parcela permanente de floresta ombrófila densa baixo montana no Parque Estadual Carlos Botelho, município de Sete Barras – SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 74p. 2003.
- ELIAS, C.; DE NADAI FERNANDES, E. A.; FRANÇA, E. J.; BACCHI, M. A. Seleção de epífitas acumuladoras de elementos químicos na Mata Atlântica. *Biota Neotropica*, 2006. (in print)
- ELIAS, C.; DE NADAI FERNANDES, E. A.; FRANÇA, E. J.; BACCHI, M. A. Bromélia epífita *Canistropsis billbergioides* acumuladora de elementos químicos para biomonitoração na Mata Atlântica. In: V Simpósio V Reunião de Avaliação do Programa Biota/FAPESP, de 15 a 20 de novembro, Hotel Majestic em Serra Negra (SP). Apresentações orais. Resumos em CD-rom.
- ERNST, W. H. O. Sampling of plant material for chemical analysis. *The Science of the Total Environment*, v.176, p.15-24, 1995.
- FERNANDES, E.A.N. Scandium as tracer in the sugar and alcohol agroindustry. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.168, n.1, p.41-46, 1993.
- FERNANDES, E.A.N. Dirt in cane removal influenced by soil characteristics. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.216, n.2, p.285-288, 1997.
- FERNANDES, E.A.N.; BACCHI, M.A.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; SIMABUCO, S.M. X-ray fluorescence for soil characterization in shredded cane. *International Sugar Journal*, v.97, n.1154, p.92-95, 1995.
- FERRARI, A.; FRANÇA, E.J.; BACCHI, M.A. Influência da contaminação superficial nos teores de mercúrio em folhas de espécies arbóreas da mata atlântica. In 11º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo, 06 e 07 de novembro de 2003, ESALQ em Piracicaba (SP).
- FERRARI, A. A.; FRANÇA, E. J.; DE NADAI FERNANDES, E. A.; BACCHI, M. A. Surface contamination effects on leaf chemical composition in the Atlantic Forest. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, The Netherlands, 2006. (in print)
- FIGUEIREDO, A. M. G.; ALCALÁ, A. L.; TICIANELLI, R. B.; DOMINGOS, M.; SAIKI, M. The use of *Tillandsia usneoides* L. as bioindicator of air pollution in São Paulo, Brazil. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.259, n.1, p.59-63, 2004.
- FIGUEIREDO, A. M. G.; SAIKI, M.; TICIANELLI, R. B.; DOMINGOS, M.; ALVES, E. S.; MARKET, B. Determination of trace elements in *Tillandsia usneoides* by neutron activation analysis for environmental biomonitoring. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.249, n.2, p.391-395, 2001.
- FRANÇA, E. J.; BACCHI, M. A.; DE NADAI FERNANDES, E. A.; GANDOLFI, S. Mata de Santa Genebra, SP, Brazil: Can mineral cycling in urban forestry fragment reveal anthropogenic activities?. *Biomonitoring Of Atmospheric Pollution With Emphasis On Trace Elements Biomap II laea Tecdoc*, Austria, v. 1338, p. 308-316, 2003a.



- FRANÇA, E. J.; FERNANDES, E. A. N.; BACCHI, M. A. Ni-Cr alloy as neutron flux monitor: composition and homogeneity assessment by NAA. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.257, n.1, p.113-115, 2003b.
- FRANÇA, E.J.; DE NADAI FERNANDES, E.A.; BACCHI, M.A.; SAIKI, M. Native trees as biomonitors of chemical elements in the biodiversity conservation of the Atlantic Forest. *Journal of Atmospheric Chemistry*, v.49, p.579-592, 2004.
- FRANÇA, E.J.; DE NADAI FERNANDES, E.A.; BACCHI, M.A.; RODRIGUES, R.R.; VERBURG, T.G. Inorganic chemical elements of native trees of the Atlantic Forest. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.102, p.349-357, 2005.
- FRANÇA, E. J.; DE NADAI FERNANDES, E. A.; BACCHI, M. A.; LEANDRO, R. A. Bayesian approach for discrimination of plant species by chemical composition of leaves. In: 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUCLEAR ANALYTICAL METHODS IN THE LIFE SCIENCES, 2005, Rio de Janeiro. Book of abstracts. Piracicaba: USP/CENA/Radioisotopes Laboratory, 2005a. p. 252.
- FRANÇA, E. J.; DE NADAI FERNANDES, E. A.; BACCHI, M. A.; TAGLIAFERRO, F. S.; SAIKI, M. Soil-leaf transfer of chemical elements for the Atlantic Forest. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2006.
- FRÄNZLE, S.; MARKERT, B. The Biological System of the Elements (BSE). Part II: a theoretical model for establishing the essentiality of chemical elements. The application of stoichiometric network analysis to the Biological System of the Elements. *The Science of the Total Environment*, v.249, p.223-241, 2000.
- GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. G.; CLEMENTS, R. B.; CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo: EDUSP, 1978. 256p.
- GRANTZ, D.A.; GARNER, J.H.B.; JOHNSON, D.W. Ecological effects of particulate matter. *Environment International*, v.29, p.213-239, 2003.
- HAASE, R. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.117, p.127-147, 1999.
- HERPIN, U., CERRI, C.C., CARVALHO, M.C.S., MARKERT, B., ENZWEILER, J., FRIESE, K., BREULMANN, G.: 2002, Biogeochemical dynamics following land use change from forest to pasture in a humid tropical area (Rondônia, Brazil): a multi-element approach by means of XRF-spectroscopy, *The Science of the Total Environment*, v.286, p.97-109.
- HINTON, T.G.; KOPP, P.; IBRAHIM, S.; BUBRYAK, I.; SYOMOV, A.; TOBLER, L.; BELL, C. A comparison of techniques used to estimate the amount of resuspended soil on plant surfaces. *Health Physics*, v.98, n.4, p.523-531, 1995.
- HOVMAND, M.F.; RIIS-NIELSEN, T. Special issue: Mineral cycling and air pollution fluxes to heath and reforested heathland. *Forest Ecology and Management*, v.114, p.1-3, 1999.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 816p.
- JORDAN, C. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. New York: John Wiley & Sons, 1985. 190 p..
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Florida: Boca Raton, 1984. 315p.
- KOYAMA, M.; SHIRAKAWA, M.; TAKADA, J.; KATAYAMA, Y.; MATSUBARA, T. Trace elements in land plants: concentration ranges and accumulators of rare earths, Ba, Ra, Mn, Fe, Co and heavy halogens. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.112, n.2, p.489-506, 1987.
- KUIK, P., BLAAUW, M., SLOOF, J.E., WOLTERBEEK, H.T. The use of Monte-Carlo methods in factor analysis. *Atmos. Environ.* 27A-13, p.1967-1974, 1993
- MANLY, B. F. J. Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in Biology, New Zealand: University of Otago, 2004. 330p.



- MARIA, Sh. P.; FIGUEIREDO, A.M.G.; CECCANTINI, Gr. Determination of the contents and distribution characteristics of rare earth elements in *Solanum lycocarpum* from tropical ecosystems in Brazil by INAA. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.244, n.2, p.303-306, 2000.
- MARKERT, B. Inorganic chemical investigations in the Forest Biosphere Reserve near Kalinin, USSR. I. Mosses and peat profiles as bioindicators for different chemical elements. *Vegetatio*, v.95, p.127-135, 1991.
- MARKERT, B. Sample preparation (cleaning, drying, homogenization) for trace element analysis in plant matrices. *The Science of the Total Environment*, v.176, p.45-61, 1995.
- MARKERT, B., *Plants as Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment*. Weinheim: VCH- Verlagsgesellschaftmbh, 1993. 645p.
- MARKERT, B.; KAYSER, G.; KORHAMMER, S.; OEHLMANN. Distribution and effects of trace substances in soils, plants and animals. In: MARKERT, B.; FRIESE, K. *Trace elements – Their distribution and effects in the environment*. Amsterdam: Elsevier, 2000. p.3-31.
- MCNAUGHT, A.D., WILKINSON, A. *Compendium of chemical terminology*. Blackwell Science, 1997. 464p.
- MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.C.; VUONO, Y.S. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian tropical forests. *Revista Brasileira de Botânica*, v.22, n.1, 1999 (available on line: <http://www.scielo.br>)
- MURRAY, P.; GE, Y.; HENDERSHOT, W.H. Evaluating three trace metal contaminated sites: a field and laboratory investigation. *Environmental Pollution*, v.107, p.127-135, 2000.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v.403, p.853-858, 2000.
- NADKARNI, N. M.; MATELSON, T. J. Biomass and nutrient dynamics of epiphytic litterfall in a neotropical Montane Forest, Costa Rica. *Biotropica*, v.24, n. 1, p.24-30, 1992.
- OVERWATER, R.M.W. *The physics of big sample instrumental neutron activation analysis*. PhD dissertation, TU Delft: Delft University Press, 1994. 177p.
- PICHEL, J.; KUROIWA, K.; SAWYERR, H.T. Distribution of Pb, Cd and Ba in soils and plants of two contaminated sites. *Environmental Pollution*, v.110, p.171-178, 2000.
- PUTMAN, R.J. *Community ecology*. London: Chapman & Hall, 1994. 178p.
- PYATT, F. B.; GRATTAN, J. P.; LACY, D.; PYATT, A. J.; SEAWARD, M. R. D. Comparative effectiveness of *Tillandsia usneoides* L. and *Parmotrema praesorediosum* (NYL.) Hale as bioindicators of atmospheric pollution in Louisiana (USA). *Water, Air, and Soil Pollution*, v.111, p.317-326, 1999.
- REIMANN, C.; KOLLER, F.; KASHULINA, G.; NISKAVAARA, H.; ENGLMAIER. Influence of extreme pollution on the inorganic chemical composition of some plants. *Environmental Pollution*, v.115, n.2, p.239-252, 2001.
- SAIKI, M.; CHAPARRO, C.G.; VASCONCELLOS, M.B.A.; MARCELLI, M.P. Determination of trace elements in lichens by instrumental neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.217, n.1, p.111-115, 1997.
- SHÜÜRMAN, G., MARKERT, B. *Ecotoxicology*. Amsterdam: John Wiley & Sons, 1998. p.165-222.
- STERNER, R.W. Elemental stoichiometry of species in ecosystems. In: JONES, C.G.; LAWTON, J.H. (eds.) *Linking species & ecosystems*. New York: Chapman & Hall, 1995. p.240-252.
- SUBBARAO, G.V.; ITO, O.; BERRY, W.L.; WHEELER, R.M. Sodium – a functional plant nutrient. *Critical reviews in plant sciences*, v.22, n.5., p.391-416, 2003.
- VERA TOMÉ, F.; BLANCO RODRÍGUEZ, M.P.; LOZANO, J.C. Soil-to-plant transfer factors for natural radionuclides and stable elements in a Mediterranean area. *Journal of Environmental Radioactivity*, v.65, p. 161-175, 2003.



WAPPELHORST, O.; KÜHN, I.; OEHLMANN, J.; MARKERT, B. Deposition and disease: a moss monitoring project as an approach to ascertaining potential connections. *The Science of the Total Environment*, v.249, p.243-256, 2000.

WEDEPOHL, K.H. *Handbook of Geochemistry - II*. Springer-Verlag, 1970. p. 30-I-6.

WOLTERBEEK, B. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environmental Pollution*, v.120, p.11-21, 2002.

WYTTENBACH, A.; TOBLER, L. Effect of surface contamination on results of plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.29, n.7&8, p.809-823, 1998.

Pesquisadores: Angela A. Ferrari, Camila Elias



## 5. Análise das comunidades bacterianas do solo e filoplano

Márcio R. Lambais

Augusto César Tomba

David Crowley

Helio Mitoshi Kamida

Juliano de Carvalho Cury

Robinson Moresca de Andrade

R.C. Büll

Nesse tema, vários experimentos estão sendo desenvolvidos, sendo que nesses experimentos pretende-se caracterizar as comunidades bacterianas em solos sob os quatro principais tipos florestais do Estado de São Paulo, com a premissa que as interações entre a comunidade microbiana, o solo e vegetação podem apresentar especificidades muito fortes, que podem atuar na particularização dos microsítios de regeneração. Essa premissa será mais ou menos enfatizada no projeto, conforme foram se acumulando os resultados da correlação entre a ocorrência de grupos taxonômicos bacterianos específicos com a ocorrência de grupos taxonômicos vegetais, e características físicas e químicas do solo.

Alguns desses experimentos já foram inclusive transformados e enviados para publicação. Apresentamos a seguir um dos trabalhos enviados para publicação na Science (ainda em análise) pelo ineditismo do tema.

### ***5.1. Bacterial diversity on leaf surfaces of the Brazilian Atlantic Forest***

Leaf surfaces present a highly selective environment in which unique microbial communities develop by recruitment of different bacteria and fungi that are specifically adapted for growth on the phyllosphere. Previous research has examined bacterial communities that are associated with the leaves of agronomic plants, but virtually nothing is known yet about the diversity of bacteria in the tree leaf canopies of tropical forests. Here, we compared the bacterial community species compositions from the leaf surfaces of nine tree species in an ecological preserve within the Brazilian Atlantic forest. Analysis of 427 16S rDNA partial sequences from a subset of the trees revealed that approximately 97% of the bacteria that occurred on the leaf surfaces were probably new species that have not been previously described, and that the phyllosphere of any one tree species carried approximately 160 to 350 bacterial species in communities that were unique to that tree species. Approximately 52, 4.7, 4.0 and 0.2% of the bacteria could be classified within known genera of Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes and Actinobacteria, respectively, but were dissimilar to known bacterial species. Another 2% of the bacteria were dissimilar to known bacteria at the phylum level and thus might represent one or more new phyla of Bacteria. Our results



suggests that there is enormous bacterial genetic diversity within the canopies of tropical forests and that sampling based on collections from individual tree species may provide a strategy for assessing the extent of this biodiversity through systematic surveys of the Atlantic forest and other forest ecosystems.

Plant surfaces in natural and agricultural ecosystems are colonized by a variety of epiphytic microorganisms that so far have only been cursorily examined in relation to their diversity, ecology, and genetics. Among the various surfaces presented by plants, leaf surfaces, also known as phyllosphere, represent one of the most common habitats for terrestrial microorganisms. Bacterial cells are found at an average density of  $10^6$ - $10^7$  cells  $\text{cm}^{-2}$  on plants from temperate regions (Lindow and Brandl, 2003), and may be even higher on tropical plants where dense canopies with moist shaded environment are conducive for bacterial growth. Considering that the estimated total leaf area of terrestrial plants is approximately  $6.4 \times 10^8 \text{ km}^2$  (Morris and Kinkel, 2002), the number of bacterial cells in leaf surfaces globally has been estimated to be as high as  $10^{26}$  cells. Due to the harsh conditions and highly competitive environment on plant leaves, bacteria that live in the phyllosphere almost certainly have evolved specific adaptations for growth in this environment.

One of the major selection factors for growth on leaf surfaces is the ability to degrade or tolerate the various chemical substances that are emitted from plant leaf tissues and that are transformed into other substance by other microorganisms within the phyllosphere microbial community. Selectivity of the phyllosphere for different species of microorganisms is likely based on differences in the composition of volatile chemicals and cell exudates and lysates that are produced by different plant species. This includes many thousands of plant secondary metabolites, such as monoterpenes that serve as signal factors and defense compounds, as well as chemical attractants and deterrents for insects and pathogens. So far, there has been very little study of the specific interactions between plant host and phyllosphere microorganisms. However, the ability of certain bacteria to control plant leaf diseases suggests that plants have undergone selection for various species of phyllosphere bacteria that contribute to the biocontrol of plant pests and diseases, and that may alter chemical signaling within plant communities. In this manner, epiphytic bacteria may also represent a new source of antibiotics, enzymes and secondary metabolites that could be of value to agriculture, industrial microbiology, and pharmaceutical science.

Prior surveys of plant leaf surfaces have relied mainly on descriptions of bacteria from the phyllospheres of agricultural crops that can be cultured on agar media. Using various types of growth media, 85 species of microorganisms from 37 genera have been reported in the phyllospheres of rye, olive, sugar beet and wheat (Ercolani, 1991; Hirano and Upper, 2000; Legard et al., 1994; Thompson et al., 1993). While this is an impressive number of species, recent studies using molecular methods have revealed that the actual microbial species diversity in the phyllosphere of agricultural plants is likely to be much greater than this, and further suggest that the culturable bacteria may not comprise the predominant species that occur on leaf surfaces (Yang et al., 2001). Comparisons of the bacterial species compositions of microbial communities



for different plant species further show that different plant species carry unique communities that are similar for separate individuals of the same plant species. The discovery of high bacterial diversity for different agronomic plants has prompted many questions about the true extent of microbial diversity that may be associated with the phyllospheres of cultivated plants and trees in natural ecosystems around the world. Given the global transport of bacteria in dust (Griffin et al., 2002), it is possible that there is a relatively small set of bacterial species that have become adapted for growth on leaf surfaces. On the other hand, if each plant species selects for its own microbial community, the microbial species diversity that is associated with all of the different plant species on earth may be enormous.

Considering the current rate of extinction of plant species, it is of great importance to begin surveys of phyllosphere microorganisms that are associated with endangered biomes. Many tropical forests and biodiversity hotspots contain endemic plant and tree species that are preserved only in a few remnant areas. The Atlantic Forest of Brazil is one such area that has been reduced to approximately 2% of its original size over the past centuries. The Atlantic Forest is considered to be the oldest undisturbed forest on the planet, containing 20,000 plant species of which approximately half are endemic (Tobarelli et al., 2003). The research reported here was initiated as part of an ongoing BIOTA project, which was established to examine the plant community structure and biodiversity of permanent parcels in remnant areas of the Atlantic Forest from the wet littoral area along the eastern coast of Brazil to the dry semideciduous inland forest. The experimental site that was selected for this bacterial survey represents one particular inland ecotone within the Atlantic Forest. This type of inland forest is especially rare as most of this area has been converted to agriculture. The semideciduous forest preserve that we studied, Estação Ecológica dos Caetetus, is located 200 kilometers inland at an average altitude of 650 meters near the city of Gália in the state of São Paulo. The preserve consists of approximately 2179 hectares of land that was originally set aside a hundred years ago as a hunting area, and was later established as an ecological preserve in 1984. The 10 hectares permanent parcel in which the studied was conducted contains 118 different tree species in 85 genera and 45 families, and has been well described in relation to its climate and biogeography (<http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/caetetus.html>).

#### 5.1.1. Comparisons of Phyllosphere Community Similarities

The first approach that we used to survey the phyllosphere bacterial communities was to compare the species compositions of nine different tree species (Table 1) using a low resolution DNA fingerprinting method referred to as PCR-DGGE, through which amplified fragments of the V3 region of the bacterial 16S rDNA were separated by electrophoresis in a denaturing gradient polyacrylamide gel. This generates a distinctive fingerprint that can be used to compare the similarities of different communities, but does not provide information on the identities of the bacterial species within the communities. After carrying out the low resolution comparison of





bacterial community similarities for three replicate trees of nine species, we then estimated the bacterial diversity in the phyllosphere for a subset of three tree species by cloning and sequencing the V1-V3 region of the bacterial 16S rDNA from each tree species. These data were used to compare the genetic diversity in the phyllosphere of the sampled trees and to generate diversity indices for different phyllosphere communities. The sequence data were also used to determine the predominant taxonomic groups that were present on the leaf surfaces and to compare the bacterial species composition in the phyllospheres.

As shown in Figure 1, the similarities in 16S rDNA band patterns for the bacterial communities from different tree species were all distinct from each other. Communities from replicates for different individuals of the same tree species showed some expected variation, but overall were highly similar to each other. The similarities between the leaf bacterial communities within and between species were further measured statistically by cluster analysis and discriminant analysis. Cluster analysis describes the similarities in the 16S rDNA band patterns as a percent value. As shown in Figure 2, bacterial communities associated with different tree species within the same genus were not necessarily more closely related than those from trees in different genera or families. However, there were similarities between some tree species which suggests that there may be some overlap in the bacterial species that comprise the communities that are associated with these trees. Results of the discriminant analysis confirmed that the banding patterns representing the bacterial communities from replicate trees could be segregated into groups according to tree species (Supplementary Information Table 1). For the nine different tree species that were analyzed by DGGE, the group segregation was 100% correct in discrimination of communities for each tree species. These data show that although there is some variation between the bacterial communities of replicate trees, the differences within species are minor as compared to those that occur between tree species.

### 5.1.2. Species Diversity of Phyllosphere Bacterial Communities

To identify the bacterial species that were present in the phyllosphere of three tree species earlier compared by PCR-DGGE, a total of 109, 153 and 166 clones of the V1-V3 region of the 16S rDNA from bacterial communities of the phyllosphere of *Trichillia catigua*, *Trichillia clausenii* and *Campomanesia xanthocarpa* were analyzed. Comparison of homologous and heterologous coverage curves using the program LIBSHUFF (Singleton et al., 2001), which uses the approximation form of the Cramér-von Mises statistics to compare homologous and heterologous coverage curves, indicated that the clone libraries from the three bacterial phyllosphere communities were significantly different from each other ( $P = 0.001$ ; Supplementary Information Figure 1). For all of the clone libraries, the sample size (number of clones sequenced) was sufficient to recover the most abundant deep phylogenetic groups. For evolutionary distances ( $D$ ) higher than 0.20 (cut-off value for group sequences at the phylum level), the homologous coverages were greater than 96% (Supplementary Information Figure 1).



Phylogenetic diversity was determined based on lineage-per-time plots, using the program Dotur (Schloss and Handelsman, 2005) to calculate the number of lineages (Operational Taxonomic Units, OTUs) at different evolutionary distances (Supplementary Information Figure 2). These data indicated that phylogenetic diversity of the bacterial community on the phyllosphere of *T. catigua* was, in general, lower than on the phyllosphere of *T. clausenii* and *C. xanthocarpa* at all evolutionary distances. The data also indicated higher numbers of closely related bacterial phylotypes in all phyllosphere communities, which decreased exponentially with increasing evolutionary distances. The plots for all communities were similar to the theoretical prediction of diversification based on the constant birth and death model (Martin, 2002).

The estimation of phylotypes at different evolutionary distances, using non-parametric estimator Chao1 indicated an exponential decrease in richness of phylotypes with increasing evolutionary distance and that the phyllosphere of *T. clausenii* and *C. xanthocarpa* have higher richness of phylotypes mostly at  $D \geq 0.11$ , than the phyllosphere of *T. catigua* (Figure 3).

To identify unique bacterial sequences and carry out phylogenetic analyses, we used two approaches for assigning 16S rDNA sequences to different OTUs. The first approach was based on clustering of 16S rDNA sequences considering a similarity cut-off of 98% over a 150 nucleotide window frame, using the program CAP3 (Huang & Madan, 1999). The second approach considered a cut-off evolutionary distance of 0.03, using Dotur (Schloss and Handelsman, 2005). The number of OTUs in the phyllosphere of *T. catigua*, *T. clausenii* and *C. xanthocarpa* determined using the first approach was 62, 101 and 105, whereas the second approach estimated the number of OTUs as 45, 73 and 89 for the three species, respectively. Considering the first approach for OTU determination, the estimated richness of OTUs in the phyllosphere of *T. catigua*, using ACE non-parametric estimator, were significantly lower than in the phyllosphere of *C. xanthocarpa*, but did not differ from the phyllosphere of *T. clausenii* (95% confidence) (Table 2). Using the Chao1 estimator, there were no differences in the richness of OTUs for the three phyllosphere communities. No significant differences were observed for the Shannon's indices, as well as for the reciprocal of the Simpson's indices, estimated for the bacterial phyllosphere communities evaluated (Table 2). Based on OTU analyses, the data indicate that all three tree species supported similar levels of bacterial diversity.

Using RDPquery, we compared all 16S rDNA sequences with those that were available at the Ribosomal Database Project II (<http://rdp.cme.msu.edu/index.jsp>). Based on the calculated evolutionary distances between query sequences and the most similar sequences in the database, the program automatically assigns a phylogenetic affiliation at different taxonomic levels with 95% confidence, based on a survey of the Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (Keswanit and Whitman, 2001). The frequencies of different bacterial taxa in the phyllosphere of *T. catigua*, *T. clausenii* and *C. xanthocarpa* are shown in Table 3. Approximately 2 % of the OTUs in the phyllosphere of these plant species could not be assigned to known bacterial phyla. These OTUs may represent new bacterial phyla within the Bacteria domain that have not been previously



described. The full 16S rDNA sequence, however, is necessary to give us more information on the phylogeny of these bacteria. The remaining majority of OTUs in the phyllosphere of the three plant species were assigned to the phylum Proteobacteria (86, 73 and 48% in *T. catigua*, *T. clausenii* and *C. xanthocarpa*, respectively). Within this phylum, bacteria of the Gamma-Proteobacteria class (Enterobacteriales and Pseudomonadales) were predominant in the phyllospheres of *T. catigua* and *T. clausenii*, whereas Alpha-Proteobacteria (Sphingomonadales) were predominant in the phyllosphere of *C. xanthocarpa*.

### 5.1.3. Implications of high bacterial diversity in the phyllosphere

Altogether, these results showed that every tree species that was examined contained its own unique bacterial community, and that the same tree species had similar bacterial communities. The relatively good coverage of bacterial species in each phyllosphere and inability to find any significant overlap in bacterial species between the phyllospheres of different tree species further supports our hypothesis that different plant species harbor their own phyllosphere communities. If true, extrapolation of these results for the 118 tree species in this preserve suggest that a systematic survey might yield more 20,000 new species of bacteria. This number is approximately 3-fold more than all of the currently described prokaryote species. The estimate of 100 to 200 bacterial species per plant is of course only a rough estimate. This study examined the bacterial communities at one location, for individual trees at one particular time of the year, using PCR-based methodology. The variations in community structures that were observed using the PCR-DGGE methods to compare similarities among individuals already indicate that the community compositions may vary on different leaves. This may correspond with different leaf ages, location in the canopy, and microclimate conditions that influence the leaf environment and types of chemical substances that are emitted by plant leaves. The bacteria also interact with various fungi and algae that colonize the leaf surfaces and change the chemical and physical environment of the leaf habitat. In future studies, it will be necessary to examine different individuals of the same tree species at different locations and times to generate a species area curve. It would also be worthwhile to examine the community composition and ecology of different habitats on the leaf surface, for example on the adaxial and abaxial leaf surfaces or within biofilms and microcolonies at distinct types of locations.

The development of different communities in the phyllosphere of different tree species demonstrates the strong effect of differences in leaf surface environments as a selection factor during microbial community development. The initial inoculation of leaves of different trees very likely begins with the growth of opportunistic microorganisms that are transported in dust, by insects, or that are splashed from adjacent trees by rain. Further selection then occurs depending on differences in the types of carbon substrates that are available for growth, as well as various physical and environmental factors and interactions within the microbial community. The primary carbon substrates that are used for microbial growth include carbohydrates, amino acids, and



organic acids. The composition and amounts of these substances may vary for different plant species, but may also vary over time depending on leaf age, insect damage, and rainfall. Another potentially important selective factor is the production of different types and quantities of monoterpenes and other volatile substances that are released from the leaf surfaces. These substances may be both toxic to some microorganisms or used as growth substrates by others. Although we did not assay volatile leaf chemicals, prior research has shown that tree species have species specific differences in their biochemical signatures for volatile molecules (Arey et al. 1995). If terpenes act as selective substances, certain types of bacteria may be predicted to occur in relation to the biochemical signatures of plants using gas chromatography analysis of the terpene composition. Very little work has been conducted on this research topic, but bacteria are known to contain enzymes that convert terpenes to derivative substances. In this manner, the phyllosphere bacteria may influence chemical signaling to insects and other microorganisms. Terpenes and other plant secondary metabolites produced in plant leaves are also important feedstocks for various biochemicals that are used in industry and for pharmacology. Future studies should investigate the genomes and genes encoding enzymes in phyllosphere bacteria that may have broad application for industrial biotechnology.

In addition to providing a first look into the microbial diversity of tree canopies in tropical forests, there are many more, new unanswered questions that arise from this research. For example, do the same tree species in completely different locations or continents harbor similar communities? To what degree do soil, nutritional, and other environmental factors affect the composition and structure of phyllosphere communities? What is the diversity of fungi and Archaea on the plant leaf surfaces and how do these microorganisms interact? Future research should also examine the functional aspects of phyllosphere communities and the interactions that occur between phyllosphere bacteria and their host plants; for example, in the production of repellent compounds to protect against herbivory or infection by plant pathogens. As we begin to survey the bacterial species through systematic study of different plant species, there will be exciting opportunities for studies of the metabolic capabilities and ecological functions of phyllosphere microorganisms in terrestrial ecosystems.

#### 5.1.3.1. *Methods*

**Sampling location.** Samples were collected from mature trees within a semideciduous forest stand within the Atlantic Forest at the Estação Ecológica dos Caetetus (between 22o41' and 22o46'S and 49o10' and 49o16'W), Gália, São Paulo State, Brazil. The sampled trees were located in a preserved experimental parcel (10 ha) that was established as part of the Biota Program (FAPESP, Brazil). The vegetation and climate of the Ecological Station is described at <http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/caetetus.html>.

**Leaf sampling.** Samples of mature leaves were collected from three individual trees of nine different species at different locations in the forest (Table1). To collect the leaves, a 10 m extended



pole clipper was used to cut small branches that were thereafter handled only by the branch stems to avoid contamination of the leaves. The leaves were removed from the branches using a hand shears to clip individual leaves directly into 4 L plastic bags. Samples were maintained on ice during transportation and immediately processed to extract the bacteria from the leaf surface.

**Bacteria isolation.** Using axenic procedures, 12 g of leaves (fresh weight) from individual trees were placed into 50 mL polypropylene tubes containing washing solution (0.1 M potassium phosphate buffer, pH 7.0) and sonicated for 10 min at 22.5 kHz in an ultrasonic cell disrupter (Misonix Inc., Atlantic Beach, NY, USA), according to Yang et al. (2001). The resulting bacterial suspension was centrifuged at 30,000 g for 15 min at 4°C. The resulting pellet was resuspended in 1.5 mL of washing solution and further concentrated by centrifugation at 30,000 g for 15 min at 4°C. Bacteria were resuspended in 200 mL of washing solution and frozen at -20°C until processing for DNA extraction.

**DNA extraction.** Metagenomic DNA was extracted from 100 mL of the bacterial washings using the Fast DNA kit (Qbiogene, Irvine, CA, USA), according to the manufacturer's instructions. DNA integrity was determined by electrophoresis in 0.5X TBE-0.8% agarose gels, after staining with Vistra Green (Amersham Biociences, São Paulo, Brazil). DNA concentration was determined by densitometry, using the Low DNA Mass Ladder (Invitrogen, São Paulo, Brazil), as standard, and the program Fragment Analyses (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil).

**DGGE analyses.** The V3 region of the 16S rDNA was amplified by PCR using the metagenomic DNA extracted as template and primers BA338fGC and UN518r (Øvreås et al., 1997). Amplicons (300 ng) were analyzed by denaturing gradient gel electrophoresis using 8% (w/v) acrylamide:bisacrylamide (37.5:1, m:m) gels containing a 15 to 55% linear gradient of formamide and urea (100% denaturing solution contained 40% formamide and 7 M urea) according to Øvreås et al. (1997). Electrophoreses were performed at 200V constant and 60°C, using a DCode System (BioRad, Hercules, CA, USA), in 1X TAE buffer. Gels were stained with Vistra Green (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil) and analyzed by densitometry, using a FluorImager laser densitometer and the program Diversity Database (BioRad, Hercules, CA, USA).

**16S rDNA cloning and sequencing.** The V1-V3 region of the 16S rDNA was amplified by PCR using the metagenomic DNA extracted as template and primers BA63F and UN518R (Marchesi et al., 1998; Øvreås et al., 1997). Amplicons were ligated to pGEM-T Easy Vector (Promega, Madison, WI, USA) at 4°C overnight, according to the manufacturer's instructions. Sequencing was performed using T7 or SP6 primers and DYEmanic ET Terminator (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil), and an ABI 3100 automatic sequencer, according to the manufacturer's instructions (Applied Biosystems, São Paulo, Brazil).

**Sequence analyses and OTU definition.** Nucleotide sequences (reads) were trimmed for the removal of low quality bases (quality parameter > 20, i.e. less than one error in 100 nucleotides) and vector sequences using Phred program (Ewing & Green, 1998). Valid sequences were then clustered into operational taxonomic units (OTUs) using CAP3 (Huang & Madan, 1999). Clustering



parameters used were the program defaults, except  $-p = 98$  (minimum sequence similarity of 98%) and  $-o = 150$  (window frame of 150 bases).

After clustering, the consensus sequence of each OTU was compared to sequences in the Ribosomal Database Project II for taxonomic affiliation, using the program RDPquery (Dyszynski and Sheldon; [http://simo.marisci.uga.edu/public\\_db/rdp\\_query.htm](http://simo.marisci.uga.edu/public_db/rdp_query.htm)). The number of sequences for each OTU was computed and used for diversity estimations.

OTUs were also defined using the program Dotur (Schloss & Handelsman, 2005). Jukes-Cantor evolutionary distances were calculated using DNADIST of the PHYLIP 3.63 Package (J. Felsenstein; <http://evolution.genetics.washington.edu/phylip.html>), after aligning the sequences using ClustalX 1.83 (Thompson et al, 1997) under the default parameters, except gap-opening penalty of 10.0 and gap-extension penalty of 0.1 for pairwise and multiple alignments.

Diversity indices. The estimated number of OTUs in the samples was determined through ACE and Chao1 non-parametric estimators, using SPADE (Chao & Chen; <http://chao.stat.nthu.edu.tw>) and the OTUs defined using CAP3 clustering. SPADE was also used for the determination of Shannon's and the reciprocal of Simpson's indices (maximum likelihood estimators) and estimated sample coverage.

Coverage comparisons. Homologous and heterologous coverage comparisons were performed using the program LIBSHUFF 1.22 (Singleton et al., 2001) after aligning the sequences using ClustalX 1.83 (Thompson et al, 1997) under the default parameters, except gap-opening penalty of 10.0 and gap-extension penalty of 0.1 for pairwise and multiple alignments., and calculating Jukes-Cantor evolutionary distances using DNADIST of the PHYLIP 3.63 Package.

Nucleotide sequence accession numbers. The nucleotide sequences used in this study have been deposited in the National Institute for Biotechnology Information database under the accession numbers.

## Acknowledgments

The authors would like to acknowledge Dr. Ching Hong Yang and Dr. Gerd Sparovek for contribution and discussion of ideas that led to initiation of this research; Dr. Geraldo Franco for assistance in identification of the tree species, and Marianna Giannotti and Natalia Ivanauskas for logistical support and assistance in sample collection. This project was supported by grant 99/09635-0 from FAPESP (São Paulo, Brazil).



Table 1. Tree species at Estação Ecológica dos Caetetus selected for analysis of phyllosphere bacterial community structures.

Species	Family	Order
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	Gentianales
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg	Myrtaceae	Myrtales
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Fabaceae	Fabales
<i>Ocotea indecora</i> Schott ex Meisn.	Lauraceae	Lurales
<i>Sequiaria floribunda</i> Benth.	Phytolaccaceae	Caryophyllales
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Meliaceae	Sapindales
<i>Trichilia clausenii</i> C.DC.	Meliaceae	Sapindales
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	Meliaceae	Sapindales
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich.	Urticaceae	Rosales

Table 2. Estimated diversity indices for bacterial communities in the phyllosphere of *T. catigua*, *T. clausenii* and *C. xanthocarpa*.

Community	NDS	Estimated OTUs		Shannon <sup>a</sup>	1/D <sup>b</sup>	ESC
		ACE	Chao1			
<i>T. catigua</i>	109	135 (97, 217)	167 (105, 319)	3.91 (3.78, 4.04)	40.0 (32.8, 51.3)	0.624
<i>T. clausenii</i>	153	300 (206, 478)	299 (202, 478)	4.38 (4.25, 4.50)	55.9 (42.5, 81.4)	0.497
<i>C. xanthocarpa</i>	165	329 (224, 525)	358 (232, 606)	4.37 (4.24, 4.50)	52.5 (39.2, 79.2)	0.509

<sup>a</sup>Maximum likelihood estimator.

<sup>b</sup>Reciprocal of Simpson's index, maximum likelihood estimator.

NDS, Number of distinct sequences; ESC, Estimated sample coverage.

Table 3. Frequencies (%) of different bacterial taxons in the phyllosphere of *T. catigua* (Tca), *T. clausenii* (Tcl) and *C. xanthocarpa* (Cxa).

PHYLUM	CLASS	ORDER	FAMILY	GENUS	Tca	Tcl	Cxa
Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Mycobacteriaceae	Mycobacterium	0.000	0.000	0.606
			Unknown	Unknown	0.000	0.000	0.606
Bacteroidetes	Bacteroidetes	Unknown	Unknown	Unknown	0.000	1.307	0.000
Bacteroidetes	Flavobacteria	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Chryseobacterium	3.670	0.000	1.212
				Flavobacterium	0.917	1.307	0.000
				Unknown	3.670	0.654	0.606
Bacteroidetes	Sphingobacteria	Sphingobacteriales	Flexibacteraceae	Unknown	0.000	0.654	0.000
Bacteroidetes	Sphingobacteria	Sphingobacteriales	Sphingobacteriaceae	Pedobacter	0.000	3.268	1.212
				Sphingobacterium	0.000	0.000	0.606
				Unknown	0.000	9.150	9.697
Bacteroidetes	Sphingobacteria	Sphingobacteriales	Unknown	Unknown	0.917	14.379	12.121



Bacteroidetes	Sphingobacteria	Unknown	Unknown	Unknown	2.752	5.229	6.061
Bacteroidetes	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	0.917	0.654	0.606
Cyanobacteria	Cyanobacteria	Deferribacterales	Unknown	Unknown	0.000	0.000	10.909
Cyanobacteria	Cyanobacteria	Unknown	Unknown	Unknown	0.000	0.000	3.030
Cyanobacteria	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	0.000	0.000	0.606
Firmicutes	Bacilli	Lactobacillales	Lactobacillaceae	Lactobacillus	0.000	0.000	8.485
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Staphylococcaceae	Staphylococcus	0.000	0.000	3.636
Firmicutes	Bacilli	Unknown	Unknown	Unknown	0.000	0.000	1.818
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Beijerinckiaceae	Beijerinckia	0.000	0.000	0.606
				Unknown	0.917	0.000	0.000
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Brucellaceae	Ochrobactrum	0.917	0.000	0.000
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Methylobacteriaceae	Methylobacterium	1.835	0.000	1.818
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	Unknown	0.917	0.000	0.000
				Rhizobium	0.000	0.654	0.606
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Unknown	Unknown	0.000	0.000	0.606
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Sphingomonas	3.670	4.575	21.212
				Sphingopyxis	0.917	0.000	0.000
				Novosphingobium	0.000	0.000	0.606
				Sphingobium	0.000	0.000	0.606
				Unknown	0.000	0.000	1.818
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Unknown	Unknown	Unknown	0.917	1.307	4.848
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Acidovorax	0.917	0.000	0.000
				Variovorax	0.000	0.654	0.000
				Delftia	0.000	0.000	0.606
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Incertae sedis	Xylophilus	0.000	0.000	0.606
Proteobacter	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Unknown	Unknown	0.000	0.654	0.000
Proteobacter	Betaproteobacteria	Unknown	Unknown	Unknown	0.000	0.000	1.212
Proteobacteria	Deltaproteobacteria	Myxococcales	Cystobacteraceae	Cystobacter	0.000	0.000	0.606
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Enterobacteriales	Enterobacteriaceae	Pantoea	5.505	0.654	0.000
				Enterobacter	12.844	9.150	0.000
				Raoultella	0.000	3.922	0.000
				Erwinia	8.257	10.458	0.000
				Salmonella	4.587	0.000	0.000
				Citrobacter	1.835	0.654	0.000
				Klebsiella	0.000	1.307	0.000
				Kluyvera	0.000	1.307	0.000
				Yersinia	0.000	0.654	0.000





				Unknown	2.752	2.614	0.606
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Enterobacteriales	Unknown	Unknown	0.000	0.654	0.606
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Moraxellaceae	Acinetobacter	30.275	1.307	0.000
				Unknown	0.000	0.000	0.606
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Pseudomonas	7.339	19.608	4.424
				Unknown	0.000	3.922	0.000
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Unknown	Unknown	0.000	0.654	0.000
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	Stenotrophomonas	1.835	2.614	0.000
				Unknown	0.000	0.654	3.636
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Unknown	Unknown	Unknown	0.000	3.268	3.636
Proteobacteria	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	0.000	1.307	0.000
Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	0.917	3.268	1.818

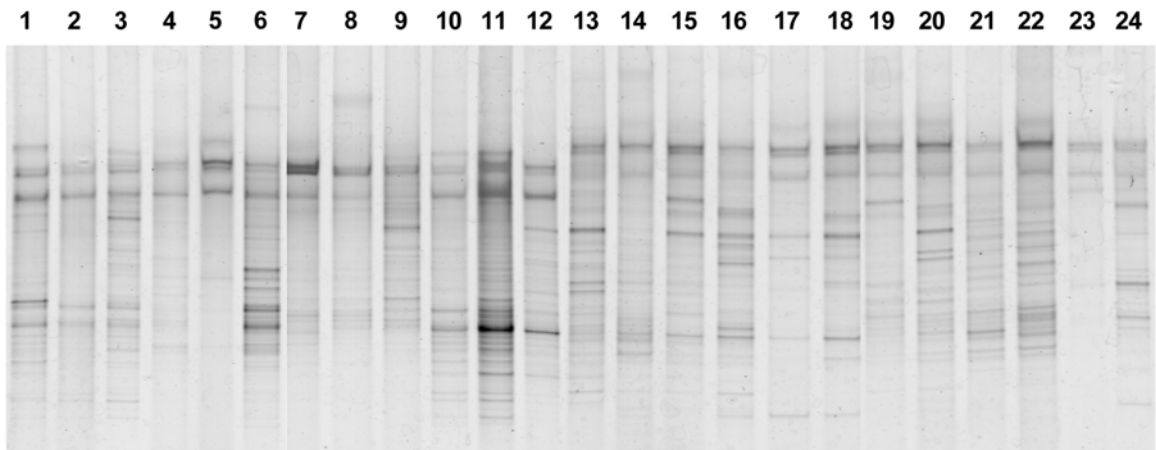


Figure 1. Bacterial communities associated with the leaves of nine forest tree species from Estação Ecológica dos Caetetus (SP, Brazil) as determined by PCR-DGGE of 16S rDNA. Lane headings denote samples as follows: 1-3, *Campomanesia xanthocarpa*; 4-6, *Holocalix balansae*; 7-9, *Ocotea indecora*; 10-12, *Sequoiaria floribunda*; 13-15, *Aspidosperma polyneuron*; 16-18, *Trichilla pallida*; 19-20, *Trichilia catigua*, 21-22, *Trichilia clausenii*; 23-24, *Urera baccifera*.

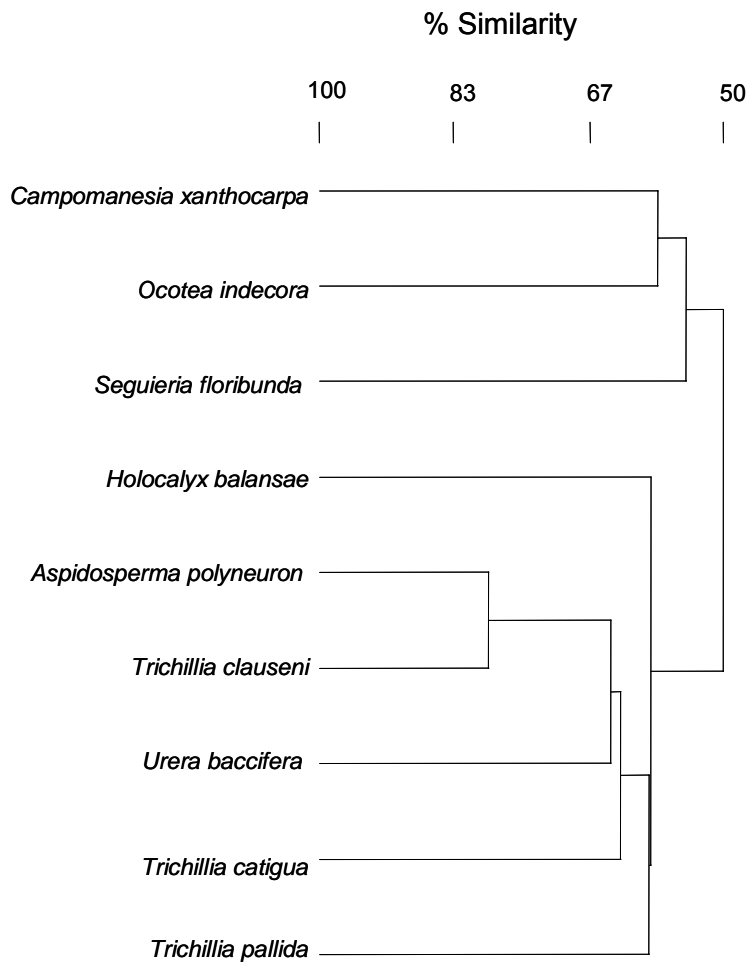


Figure 2. Cluster analysis of bacterial communities associated with different tree species. Cluster analysis was based on 16S rDNA band intensities and migration (Rf) values for amplicons of the V3 region of the 16S rDNA separated by DGGE as shown in Figure 1.

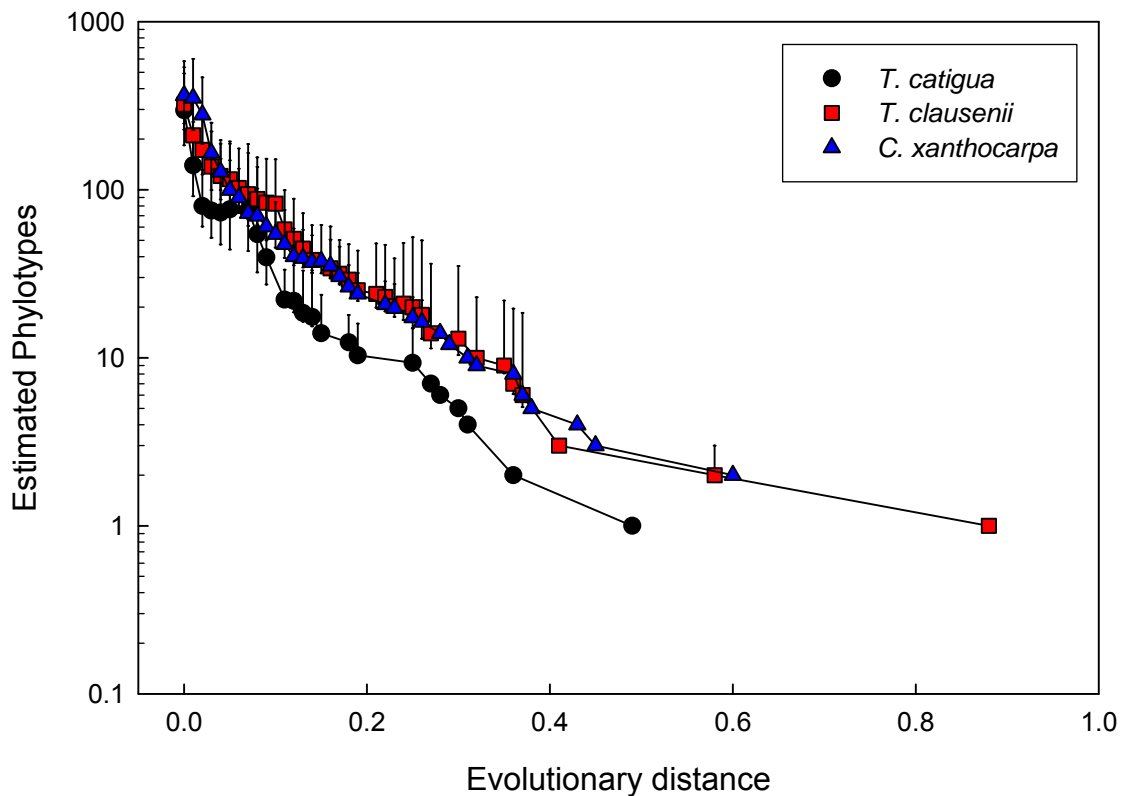


Figure 3. Estimated number of phylotypes at different evolutionary distances using Chao1 non-parametric estimator. Bars represent the 95% confidence interval

## 5.2. Bacterial Diversity on Leaf Surfaces of the Brazilian Atlantic Forest

### 5.2.1. Supplementary Information

#### 5.2.1.1. Material and Methods

**Sampling location.** Samples were collected from mature trees within a semideciduous forest stand within the Atlantic Forest at the Estação Ecológica dos Caetetus (between 22°41' and 22°46'S and 49°10' and 49°16'W), Gália, São Paulo State, Brazil. The sampled trees were located in a preserved experimental parcel (10 ha) that was established as part of the Biota Program (FAPESP, Brazil). The vegetation and climate of the Ecological Station is described at <http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/caetetus.html>.

**Leaf sampling.** Samples of mature leaves were collected from three individual trees of 9 different species at different locations in the forest (Table 1). To collect the leaves, a 10 m extended pole clipper was used to cut small branches that were thereafter handled only by the branch stems to avoid contamination of the leaves. The leaves were removed from the branches using a hand shears to clip individual leaves directly into 4 L plastic bags. Samples were maintained on ice during transportation and immediately processed to extract the bacteria from the leaf surface.



**Bacteria isolation.** Using axenic procedures, 12 g of leaves (fresh weight) from individual trees were placed into 50 mL polypropylene tubes containing washing solution (0.1 M potassium phosphate buffer, pH 7.0) and sonicated for 10 min at 22.5 kHz in an ultrasonic cell disrupter (Misonix Inc., Atlantic Beach, NY, USA), according to Yang et al. (2001). The resulting bacterial suspension was centrifuged at 30,000 g for 15 min at 4°C. The resulting pellet was resuspended in 1.5 mL of washing solution and further concentrated by centrifugation at 30,000 g for 15 min at 4°C. Bacteria were resuspended in 200 µL of washing solution and frozen at -20°C until processing for DNA extraction.

**DNA extraction.** Metagenomic DNA was extracted from 100 µL of the bacterial washings using the Fast DNA kit (Qbiogene, Irvine, CA, USA), according to the manufacturer's instructions. DNA integrity was determined by electrophoresis in 0.5X TBE-0.8% agarose gels, after staining with Vistra Green (Amersham Biociences, São Paulo, Brazil). DNA concentration was determined by densitometry, using the Low DNA Mass Ladder (Invitrogen, São Paulo, Brazil), as standard, and the program Fragment Analyses (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil).

**DGGE analyses.** The V3 region of the 16S rDNA was amplified by PCR using the metagenomic DNA extracted as template and primers BA338fGC and UN518r (Øvreås et al., 1997). Amplification was performed in 1X Taq Platinum DNA polymerase buffer containing 0.2 mM dNTPs, 3 mM MgCl<sub>2</sub>, 1 U Taq Platinum DNA polymerase (Invitrogen, São Paulo, Brazil); 5 pmol of each primer and 10 ng of metagenomic DNA. PCR amplification conditions were 5 min at 95°C; 30 cycles 1 min at 95°C, 1 min at 55°C and 1 min at 72°C, and final extension for 10 min at 72°C. The concentration of PCR products (amplicons) was determined by densitometry, after electrophoresis in 0.5X TBE-0.8% agarose gels and staining with Vistra Green (Amersham Biociences, São Paulo, Brazil), using the Low DNA Mass Ladder (Invitrogen, São Paulo, Brazil), as standard, a FluorImager laser densitometer (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil) and the program Fragment Analyses (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil).

Amplicons (300 ng) were analyzed by denaturing gradient gel electrophoresis using 8% (w/v) acrylamide:bisacrylamide (37.5:1, m:m) gels containing a 15 to 55% linear gradient of formamide and urea (100% denaturing solution contained 40% formamide and 7 M urea) according to Øvreås et al. (1997). Electrophoreses were performed at 200V constant and 60°C, using a DCode System (BioRad, Hercules, CA, USA), in 1X TAE buffer. Gels were stained with Vistra Green (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil) and analyzed by densitometry, using a FluorImager laser densitometer and the program Diversity Database (BioRad, Hercules, CA, USA).

**16S rDNA cloning and sequencing.** The V1-V3 region of the 16S rDNA was amplified by PCR using the metagenomic DNA extracted as template and primers BA63F and UN518R (Marchesi et al., 1998; Øvreås et al., 1997). Amplification was performed in 1X Taq Platinum DNA polymerase buffer containing 0.2 mM dNTPs, 3 mM MgCl<sub>2</sub>, 1 U Taq Platinum DNA polymerase (Invitrogen, São Paulo, Brazil); 5 pmol of each primer and 10 ng of metagenomic DNA. PCR



amplification conditions were 5 min at 95°C; 30 cycles 1 min at 95°C, 1 min at 55°C and 1 min at 72°C, and final extension for 10 min at 72°C.

Amplicons were purified using GFX PCR DNA and Gel Band Purification kit (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil) and ligated to pGEM-T Easy Vector (Promega, Madison, WI, USA) at 4°C overnight, according to the manufacturer's instructions. The ligation product was transformed into *E. coli* DH5 $\alpha$  competent cells by heat shock and transformed cells plated on LB-agar, containing ampicilin (100 $\mu$ g mL<sup>-1</sup>), X-Gal (5-bromo-4-chloro-3-indolil- $\beta$ -D-galactoside). Colonies containing recombinant plasmids were selected and cells grown in liquid LB medium containing 100  $\mu$ g ampicilin mL<sup>-1</sup> medium at 37°C overnight.

Plasmids were extracted through alkaline lysis. Nucleic acids solutions were incubated with 15  $\mu$ g RNase A for 20 min at 37°C. DNA was precipitated with equal volume of cold isopropanol for 5 min on ice and centrifugation at 4,000 g for 40 min at 4°C. DNA pellet was washed with 70% cold ethanol, dried and resuspended in ddH<sub>2</sub>O. DNA concentration was determined spectrophotometrically at 260 nm.

Sequencing was performed using 200-500 ng of plasmid DNA, 10 pmol of T7 or SP6 primers, 2  $\mu$ L of DYEmanic ET Terminator (Amersham Biosciences, São Paulo, Brazil), 2  $\mu$ L of sequencing buffer (200 mM Tris-HCl pH 9.0 and 5 mM MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) and ultrapure H<sub>2</sub>O to a final volume of 10 $\mu$ L, in 25 cycles of 20 sec at 95°C, 15 sec at 50°C and 1 min at 60°C. PCR products were precipitated with ethanol, dried and resuspended in deionized formamide. Electrophoresis was performed using an ABI 3100 automatic sequencer, according to the manufacturer's instructions (Applied Biosystems, São Paulo, Brazil).

Sequence analyses and OTU definition. Nucleotide sequences (reads) were trimmed for the removal of low quality bases (quality parameter > 20, i.e. less than one error in 100 nucleotides) and vector sequences using Phred program (Ewing & Green, 1998). Valid sequences were then clustered into operational taxonomic units (OTUs) using CAP3 (Huang & Madan, 1999). Clustering parameters used were the program defaults, except  $-p = 98$  (minimum sequence similarity of 98%) and  $-o = 150$  (window frame of 150 bases).

After clustering, the consensus sequence of each OTU was compared to sequences in the Ribosomal Database Project II for taxonomic affiliation, using the program RDPquery (Dzysynski and Sheldon; [http://simo.marisci.uga.edu/public\\_db/rdp\\_query.htm](http://simo.marisci.uga.edu/public_db/rdp_query.htm)). The number of sequences for each OTU was computed and used for diversity estimations.

OTUs were also defined using the program Dotur (Schloss & Handelsman, 2005). Jukes-Cantor evolutionary distances were calculated using DNADIST of the PHYLIP 3.63 Package (J. Felsenstein; <http://evolution.genetics.washington.edu/phylip.html>), after aligning the sequences using ClustalX 1.83 (Thompson et al, 1997) under the default parameters, except gap-opening penalty of 10.0 and gap-extension penalty of 0.1 for pairwise and multiple alignments.



Diversity indices. The estimated number of OTUs in the samples was determined through ACE and Chao1 non-parametric estimators, using SPADE (Chao & Chen; <http://chao.stat.nthu.edu.tw>) and the OTUs defined using CAP3 clustering. SPADE was also used for the determination of Shannon's and the reciprocal of Simpson's indices (maximum likelihood estimators) and estimated sample coverage.

Coverage comparisons. Homologous and heterologous coverage comparisons were performed using the program LIBSHUFF 1.22 (Singleton et al., 2001) after aligning the sequences using ClustalX 1.83 (Thompson et al, 1997) under the default parameters, except gap-opening penalty of 10.0 and gap-extension penalty of 0.1 for pairwise and multiple alignments., and calculating Jukes-Cantor evolutionary distances using DNADIST of the PHYLIP 3.63 Package.

Nucleotide sequence accession numbers. The nucleotide sequences used in this study have been deposited in the National Institute for Biotechnology Information database under the accession numbers

Table 1. Discriminant analysis of bacterial communities associated with different tree species.

	Control	<i>C. xanthocarpa</i>	<i>H. balansae</i>	<i>O. indecora</i>	<i>S. floribunda</i>	<i>A. polyneuron</i>	<i>T. pallida</i>	<i>T. catigua</i>	<i>T. clauseni</i>	<i>U. baccifera</i>
Control	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. xanthocarpa</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Holocalyx balansae</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocotea indecora</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Seguieria floribunda</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>A. polyneuron</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Trichillia pallida</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Trichillia catigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Trichillia clauseni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Urera baccifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Total N	6	3	3	3	3	3	3	2	2	2
N Correct	6	3	3	3	3	3	3	2	2	2

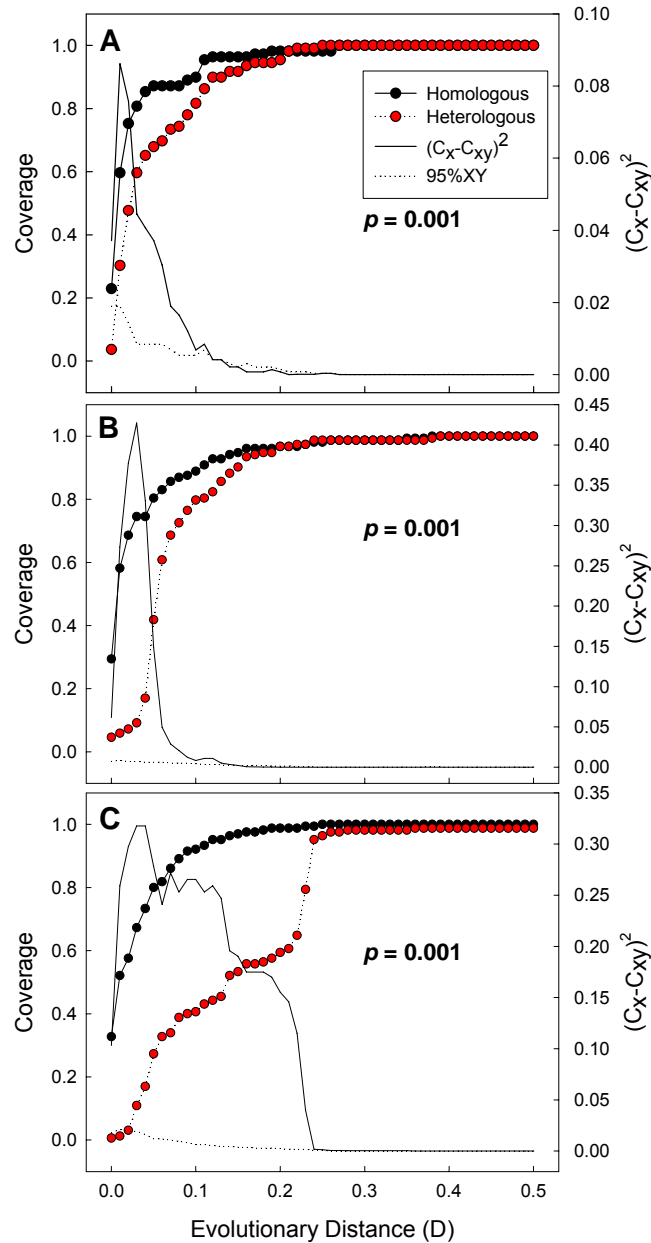


Figure 1. Libshuff analysis of the bacterial communities of in the phyllosphere of *T. catigua*, *T. clausenii* and *C. xanthocarpa*. **A**, *T. catigua* (homologous) x *T. clausenii*; **B**, *T. clausenii* (homologous) x *C. xanthocarpa*; **C**, *C. xanthocarpa* (homologous) x *T. catigua*. Communities are significantly different at  $P = 0.001$ . The distribution of  $(C_x - C_{xy})^2$  as a function of  $D$  indicates that the bacterial communities of the phyllosphere of *T. catigua* and *T. clausenii*, *T. clausenii* and *C. xanthocarpa* and *C. xanthocarpa* and *T. catigua* differ mostly at  $D < 0.12$ ,  $D < 0.15$  and  $D < 0.36$ , respectively.

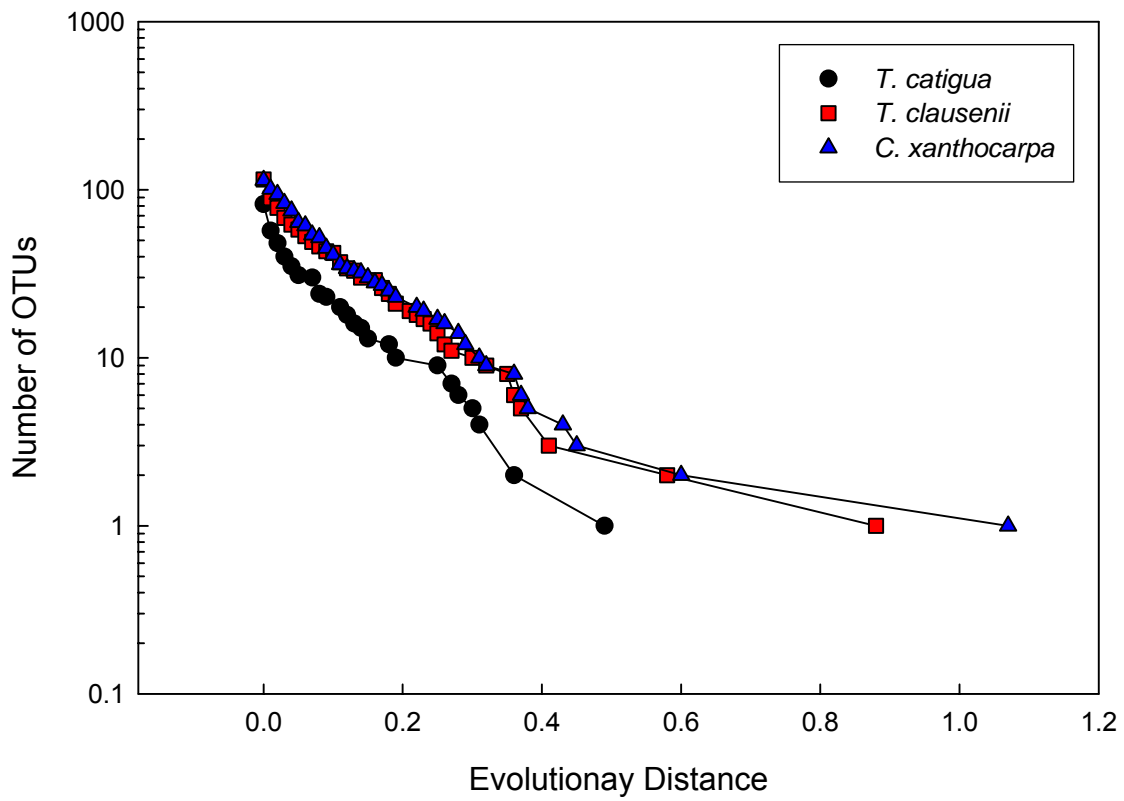


Figure 2. Lineage-per-time plots based on the number of OTUs at different evolutionary distances.



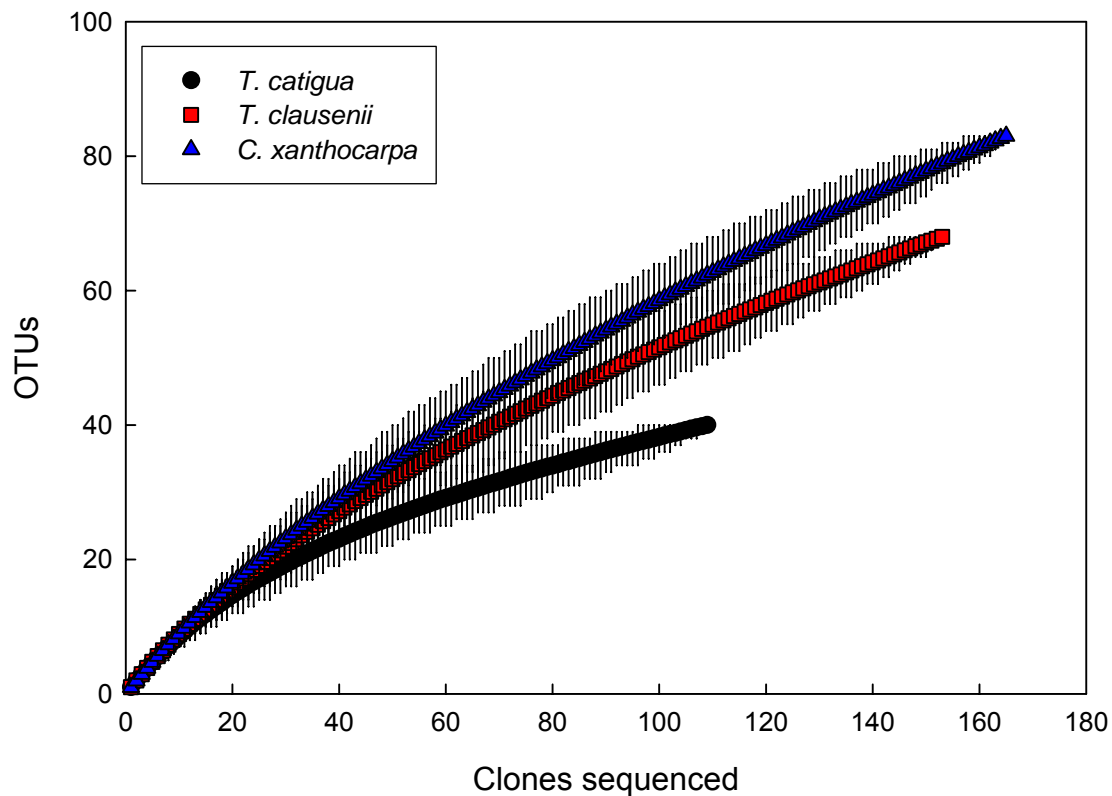


Figure 3. Estimated number of OTUs based on the number of clones sequenced. Bars represent the 95% confidence interval.

## References

Griffin, D.W., Kellogg, C.A., Garrison, V.H. & Shinn, E.A. The global transport of dust - An intercontinental river of dust, microorganisms and toxic chemicals flows through the Earth's atmosphere. *American Scientist* **90**, 398 (2002).

AREY, J., Crowley, D.E., CROWLEY, M., RESKETO, M. & LESTER, J. HYDROCARBON EMISSIONS FROM NATURAL VEGETATION IN CALIFORNIA SOUTH-COAST-AIR-BASIN. *Atmospheric Environment* **29**, 2977-2988 (1995).

Dyszynski, G. and Sheldon, W.M. RDPquery: A Java program from the Sapelo Program Microbial Observatory for automatic classification of bacterial 16S rRNA sequences based on Ribosomal Database Project taxonomy and Smith-Waterman alignment.

([http://simo.marsci.uga.edu/public\\_db/rdp\\_query.htm](http://simo.marsci.uga.edu/public_db/rdp_query.htm), [version used]).

Chao, A. and Shen, T.-J. (2003-2005) Program SPADE (Species Prediction And Diversity Estimation). Program and User's Guide published at <http://chao.stat.nthu.edu.tw>.



## 6. Decomposição em florestas do estado de São Paulo: associação entre vegetação e comunidade decompositora

Camila T. Castanho

Alexandre A.Oliveira

A atividade de decomposição constitui-se em importante indicador do padrão funcional dos ecossistemas, pois controla processos básicos relacionados à disponibilidade de nutrientes e produtividade. Salienta-se a importância das características climáticas, edáficas, da qualidade da serapilheira e da fauna do solo como determinantes no processo de decomposição. No entanto, a importância relativa de cada um destes fatores varia em escalas de tempo e espaço (Lavelle et al, 1993). Em âmbito global, características climáticas têm sido os fatores que mais explicam variações nas taxas de decomposição (Aerts, 1997). Condições de baixas temperaturas e estiagem agem diretamente sobre o metabolismo dos organismos decompositores, diminuindo suas atividades e conseqüentemente diminuindo a intensidade do decaimento de massa (Lavelle et al, 1993; Aerts, 1997). Considerando ainda as condições ambientais, a atividade microbiana também depende de características edáficas tais como fertilidade, textura e pH (Chapin et al 2002). No entanto, em escalas regionais geralmente há uma inversão na hierarquia dos fatores determinantes e a qualidade do substrato torna-se o fator mais importante no controle das taxas de decomposição. Concentração de nutrientes como nitrogênio e fósforo, e concentração de frações de carbono, como lignina, têm sido identificados como importantes indicadores da qualidade da serapilheira. Além da influência na atividade, a qualidade do substrato também afeta a biomassa e composição dos organismos decompositores e da fauna do solo (Elmer et al, 2004). Existem algumas evidências de que certas espécies de planta podem selecionar a biota do solo que facilita a decomposição de seus próprios resíduos (McClaugherty et al, 1985; Hunt et al, 1988; Elliot et al, 1993; Hansen, 1999). No entanto, esta interação entre o ecossistema de origem e o tipo de substrato nunca foi encontrada em florestas tropicais ou subtropicais.

Neste estudo foram examinados os efeitos do tipo florestal, da qualidade do substrato e suas interações em quatro formações florestais do Estado de São Paulo. Para tanto, o experimento foi desenvolvido nas quatro parcelas permanentes, sendo duas localizadas em florestas úmidas: Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso e Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadual Carlos Botelho e duas em florestas estacionais: Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus e Cerradão da Estação Ecológica de Assis. Foi escolhida uma espécie de árvore, em cada um dos tipos florestais, para que suas folhas fossem usadas como substrato nas bolsas de serapilheira.

Foi verificado efeito significativo do tipo florestal ( $F_{3,36}=49$ ;  $p<0,0001$ ) e substrato ( $F_{3,36}=114$ ;  $p<0,0001$ ) sobre as taxas de decomposição. A maior parte das espécies apresentou maiores taxas na Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana, seguida da Floresta de Restinga,



Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão (Figura 01). Esses resultados sugerem que o total de precipitação associado a sua distribuição são determinantes importantes no processo de decomposição, de forma que as duas florestas mais úmidas apresentam, em média, taxas de decomposição duas vezes maiores do que as duas florestas estacionais (Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão). As demais diferenças encontradas entre as formações florestais devem ser explicadas por características edáficas e bióticas. Em relação ao efeito das espécies, observaram-se as maiores taxas de decomposição nas folhas de *Esenbeckia leiocarpa* Engl., seguida de *Copaifera langsdorfii* Desf., *Guapira opposita* Vell. e *Calophyllum brasiliensis* Camb. (Figura 01). Os parâmetros químicos só apresentam correlação negativa significativa com as taxas de decomposição quando *G. opposita* é excluída da análise. Neste caso a porcentagem de lignina foi o parâmetro que apresentou melhor correlação ( $r^2 = 0,56$ ). Apesar dos padrões gerais apresentados acima, a interação entre tipo florestal e substrato ( $F_{9,36}=4$ ;  $p=0,001$ ) impede generalizações. Esta interação foi positiva devido principalmente ao aumento relativo na taxa de decomposição de *C. langsdorfii* em sua área de origem, o Cerradão (Figura 01). Quando comparadas as taxas de decomposição ( $k$ ) encontradas na Floresta Estacional Semidecidual e no Cerradão, *C. langsdorfii* apresenta decaimento 46% maior no Cerradão, enquanto as demais espécies apresentam, em média, taxas 27% menores no Cerradão do que na Floresta Estacional Semidecidual. No entanto, essa intensificação na decomposição do substrato de origem só foi observada no Cerradão. É provável que a explicação esteja nas diferentes densidades que cada uma dessas espécies tem em suas respectivas serapilheiras de origem. Enquanto as demais espécies representam 4% ou menos das árvores presentes em seus respectivos trechos florestais, *C. langsdorfii* representa aproximadamente 17% das árvores presentes no Cerradão. A alta densidade de indivíduos somada ao comportamento decíduo, implica em alta densidade de folhas de *C. langsdorfii* na serapilheira local. Esses resultados sugerem que os organismos decompositores presentes no trecho de Cerradão estão adaptados à decomposição das folhas de *C. langsdorfii*. Interações entre tipo de substrato e ecossistemas já foram algumas vezes identificados em florestas temperadas, onde a mono dominância de espécies vegetais é comum. No entanto, em florestas tropicais ou subtropicais, as quais apresentam diversidade superior, essa estreita correlação entre espécie vegetal e organismos decompositores ainda não havia sido descrita (Wiegert & Murphy, 1970).

Embora seja necessário um entendimento combinado entre o subsistema produtores e o subsistema decompositores para uma adequada compreensão dos processos ecológicos, pouca atenção tem sido dada a estas relações. Os resultados aqui encontrados confirmam essa demanda ao salientar a estreita interação entre a vegetação e a comunidade decompositora do solo em um processo chave para o funcionamento e manutenção de um ecossistema.

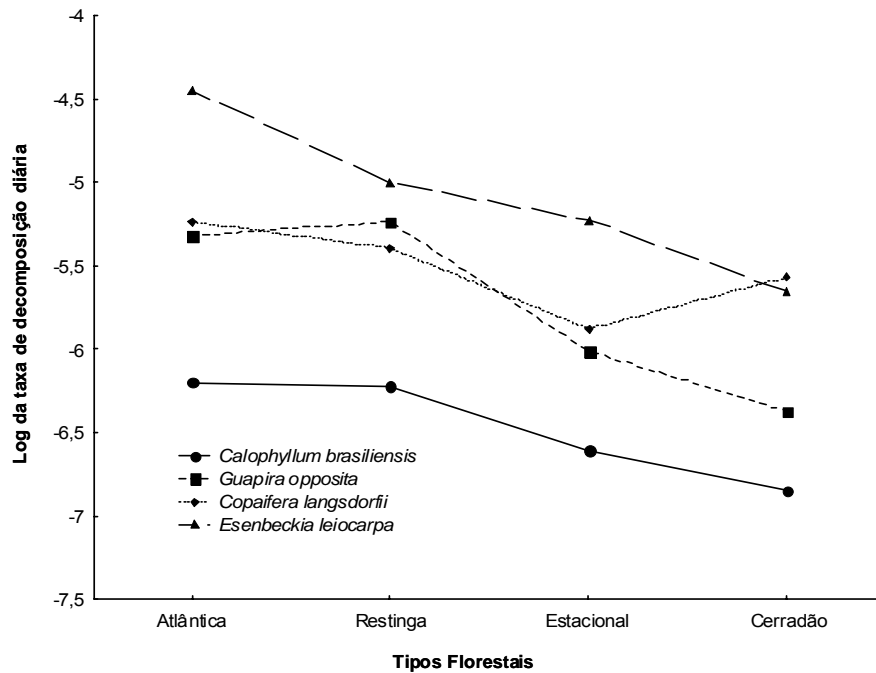


Figura 01. Taxas de decomposição (dia-1) de folhas de quatro espécies vegetais em trechos de quatro tipos florestais do Estado de São Paulo.

## Referências Bibliográficas

- AERTS, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 79: 439-449.
- CHAPIN, F. S. III; MATSON, P. A. & MOONEY, H. A. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer-Verlag, New York.
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, I.; & SCHAFER, R. 1993. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica*, 25 (2): 130-150.
- ELLIOTT, W. M.; ELLIOTT, N. B. & WYMAN, R. L. 1993. Relative effect of litter and forest type on rate of decomposition. *American Midland Naturalistic*, 129: 87-95.
- ELMER, M; LA FRANEC, M.; FÖRSTER, G. & ROTH, M. 2004. Changes in the decomposer community when converting spruce monocultures to mixed spruce/beech stands. *Plant and soil*, 264: 97-109.
- HANSEN, R. A. 1999. Red oak litter promotes a microarthropod functional group that accelerates its decomposition. *Plant and soil*, 209: 37-45.
- HUNT, H. W; INGHAM, E. R.; COLEMAN, D. C.; ELLIOT, E. T. & REID, P. P. 1988. Nitrogen limitation of production and decomposition in prairie, mountain meadow and pine forest. *Ecology*, 69: 1009-1016.
- McCLAUGHERTY, C. A.; PASTOR, J.; ABER, J. D. & MELILLO. 1985. Forest litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality. *Ecology*, 66 (1): 266-275.
- WIEGERT, R. G. & MURPHY, P. 1970. Effects of season, species, and location on the disappearance rates of leaf litter in a Puerto Rican rain forest, pages H101-104. In: H. T. Odum and R. F. Pigeon (eds.). *A tropical rain forest*. U.S. Atomic Energy Comm., Springfield, USA.



## 7. Biologia Reprodutiva

Cibele Cardoso de Castro

Ricardo Ribeiro Rodrigues

### **7.1. Sistemas sexuais de espécies arbóreas em uma área de cerradi e uma área de restinga no Estado de São Paulo**

#### 7.1.1. Introdução

Espécies arbóreas, assim como a maioria das Angiospermas, são mais comumente hermafroditas (Bullock 1985, Bawa *et al.* 1985a, Gibbs 1986, Richards 1986). Um problema geral da arquitetura de flores hermafroditas é a interferência entre as funções masculina e feminina que, além de aumentar as chances de autofecundação, constitui uma pressão seletiva influenciando várias características florais (Bawa 1979, Webb e Lloyd 1986a, b). Esta pressão parece ter levado à evolução de mecanismos que minimizem tal interferência e maximizem a fecundação cruzada, tais como a separação espacial (hercogamia) ou temporal (dicogamia) dos órgãos masculinos e femininos da flor ou inflorescência (Bawa 1979, Webb e Lloyd 1986a, b, Bertin e Newman 1993, Castro e Oliveira 2001).

Apesar da existência das adaptações florais contra a autogamia, como a hercogamia e a dicogamia, a prevalência de sistemas de auto-incompatibilidade em espécies arbóreas indica que as barreiras para a autofertilização são principalmente genéticas, e não morfológicas. Por outro lado, muitas das adaptações morfológicas podem indicar a probabilidade de autofecundação, pois são manifestações dos sistemas de polinização e reprodução prevalentes nas plantas (Bawa 1979).

A dioícia é um mecanismo reprodutivo bem menos freqüente do que o hermafroditismo floral em espécies arbóreas tropicais, apesar de ser mais comum nestes ambientes do que em regiões temperadas. Devido ao menor número de possíveis intercruzantes na população, espécies dióicas são consideradas menos eficientes na formação de frutos do que espécies hermafroditas (Arroyo e Uslar 1993, Jaimes e Ramírez 1999, Oliveira e Gibbs 2000), e são em sua maioria freqüentemente polinizadas por abelhas pequenas em ambientes tropicais (Sobrevilla e Arroyo 1982, House 1993). Em adição a hercogamia, à dicogamia e a dioícia, espécies arbóreas podem também apresentar monoícia como estratégia promotora de polinização cruzada. Assim como o hermafroditismo, a monoícia não é capaz de evitar a autopolinização devido à alta probabilidade de ocorrência de geitonogamia (Bawa 1974, Richards 1986).

Apesar de características como o hermafroditismo e a auto-incompatibilidade serem mais comumente registradas em espécies arbóreas, comunidades vegetais podem diferir entre si quanto à prevalência de tais estratégias. Estas diferenças parecem estar relacionadas às características ecológicas das comunidades que, por sua vez, estão associadas direta ou



indiretamente a fatores abióticos (Sobrevilla e Arroyo 1982, Ramírez e Brito 1990, Ramírez e Seres 1994, Jaimes e Ramírez 1999).

Comunidades vegetais com clima, solo e topografia distintos são ocupados por diferentes grupos de espécies e de interações entre espécies. As diferenças relacionadas ao clima, por exemplo, podem afetar diretamente a fauna de polinizadores e resultar em variações na eficiência dos serviços de polinização, que constitui uma pressão seletiva muito importante no estabelecimento de estratégias reprodutivas em plantas (Sobrevilla e Arroyo 1982, Arroyo e Uslar 1993). A previsibilidade em relação ao clima pode também constituir uma forte pressão ambiental que determina a evolução de tais estratégias (Sobrevilla e Arroyo 1982, Ramírez e Brito 1990).

A relação entre os fatores abióticos e as estratégias de reprodução também pode ser observada dentro das unidades fitogeográficas. Muitos estudos sugerem que as características físico-químicas do solo e o gradiente topográfico estão fortemente relacionadas ao mosaico vegetal que constitui as formações florestais (Bullock 1985, Sabatier *et al.* 1997, Bertani *et al.* 2001), influenciando as relações planta-polinizador e o sucesso reprodutivo das plantas (Bawa 1979, Herrera 1988, Horvitz e Schenzke 1990, Ibarra-Manríquez e Oyama 1992, Roubik 1993, Seffan-Dewenter e Tschardtke 1999). Existem, ainda, diferenças microclimáticas entre estratos verticais da vegetação, o que afeta tanto a disponibilidade de recursos de cada estrato quanto a evolução da morfologia de plantas e animais que os compõem (Sobrevilla e Arroyo 1982, Kress e Beach 1994).

Apesar de existirem vários estudos a respeito da biologia reprodutiva de comunidades florestais neotropicais (Bawa 1974, Ruiz e Arroyo 1978, Bawa 1979, Sobrevilla e Arroyo 1982, Tanner 1982, Bawa *et al.* 1985a, b, Bullock 1985, McMullen 1987, Ramírez e Brito 1990, Ibarra-Manríquez e Oyama 1992, Kress e Beach 1994, Jaimes e Ramírez 1999), muito poucos estudos investigaram as comunidades vegetais do Brasil. A grande maioria dos estudos brasileiros relacionados à biologia reprodutiva de plantas investiga espécies taxonomicamente relacionadas, como Anonaceae (Gottsberger 1994), Bombacaceae (Oliveira *et al.* 1997), Bromeliaceae (Araujo *et al.* 1994), Euphorbiaceae (Passos 1995), Malpighiaceae (Sigrist 2001), Melastomataceae (Melo *et al.* 1999), Myrtaceae (Proença e Gibbs 1994), Orchidaceae (Borba 2001), Palmae (Henderson *et al.* 2000), Passifloraceae (Koschnitzke e Sazima 1997), Piperaceae (Figueiredo e Sazima 2000), Rubiaceae (Castro 2001), Rutaceae (Pombal e Morellato 2000) e Vochysiaceae (Oliveira e Gibbs 1994). Outros estudos incluem apenas uma espécie, e foram realizados em diversas formações vegetais brasileiras, como floresta amazônica (Kuechmeister *et al.* 1997, Storti 1988, Hopkins *et al.* 2000), mata-de-galeria (Castro e Oliveira 2001), floresta semi-decídua (Piedade e Ranga 1993, Pombal e Morellato 1995, Piratelli *et al.* 1998), Cerrado (Crestana e Baitello 1988), floresta ombrófila densa atlântica (Ferrari e Strier 1992, Franco e Buzato 1993, Sazima *et al.* 1993, Passos e Sazima 1995, Lopes e Machado 1996, 1999, Collevatti *et al.* 1998, Machado *et al.* 1998), floresta ripária (Franceschinelli e Kesseli 1999).



Dentre os poucos estudos que buscaram caracterizar a biologia reprodutiva de grupos de espécies típicas de uma formação vegetal, os de Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger (1988), Oliveira (1996), e Saraiva *et al.* (1996) foram realizados em formações de Cerrado no Brasil central. Os resultados indicaram semelhanças entre as características reprodutivas das plantas lenhosas dessa formação vegetal e das demais comunidades vegetais tropicais, ou seja, a predominância de espécies melitófilas, hermafroditas e alógamas.

## 7.12. Objetivos

Baseando-se nas previsões de que as estratégias reprodutivas em plantas influenciam o fluxo gênico dentro e entre populações, e que o conhecimento acerca da biologia reprodutiva pode auxiliar na compreensão dos mecanismos que regem a promoção e a manutenção da diversidade nos diferentes ecossistemas, o presente projeto teve como objetivo geral fazer a caracterização dos sistemas sexuais das espécies arbóreas (PAP  $\geq$  15cm) ocorrentes em 10,24ha da parcela Permanente de Cerradão da estação Ecológica de Assis e em 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, ambos no Estado de São Paulo. O projeto visou, ainda, comparar os dados coletados dentro e entre as duas comunidades estudadas, e com os trabalhos realizados em outras formações florestais tropicais.

### 7.1.3. Justificativa

Estudos recentes enfatizam a importância de se analisar não apenas os padrões de diversidade de um ecossistema, mas também os padrões de interações entre organismos que o compõem (Seffan-Dewenter e Ttscharntke 1999). Tanto a polinização quanto os sistemas de cruzamentos entre plantas são interações entre organismos que determinam o fluxo gênico intra e interpopulacional, além de constituírem pressões seletivas muito importantes na evolução das estratégias reprodutivas em plantas (Bawa 1979, Richards 1986, Webb e Lloyd 1986a, b).

A melitofilia, o hermafroditismo floral e a auto-incompatibilidade são estratégias reprodutivas que parecem prevalecer em comunidades vegetais tropicais (Bullock 1985, Bawa *et al.* 1985a, Gibbs 1986, Richards 1986). No entanto, essas generalizações atualmente aceitas podem ser melhoradas através da investigação comparativa dos aspectos da biologia de polinização, dos sistemas sexuais e reprodutivos entre comunidades vegetais, principalmente se os fatores fisionômicos, ambientais e taxonômicos também forem levados em consideração (Bullock 1985).

### 7.1.4. Material e métodos

O Cerradão da Estação Ecológica de Assis e a Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso foram as formações florestais escolhidas para esse estudo, devido ao desconhecimento dos processos ecológicos característicos dessas formações e ainda à menor altura do dossel e ao relevo relativamente plano, características que facilitam o acesso às flores dos indivíduos arbóreos, procedimentos imprescindíveis para a coleta dos dados.



O projeto teve duração de três anos (2003 a 2006), com viagens mensais às áreas de estudo: o primeiro ano foi utilizado para a coleta de dados das espécies de Floresta de Restinga (Ilha do Cardoso), o segundo para a coleta de dados das espécies de Cerradão (Assis), e o terceiro para a coleta de dados de espécies de ambas as áreas que ainda não haviam sido coletados, ou cuja coleta tenha sido comprometida ou a interpretação dos dados tenha permanecido duvidosa.

O seguinte protocolo foi proposto para a coleta de dados no Plano Inicial:

- Localização e marcação de indivíduos floridos em campo (seis para cada espécie);
- Coleta de flores e botões de todas as espécies em flor, e fixação dos mesmos em FAA 70 para dissecação em laboratório;
- Marcação de flores em campo para o acompanhamento de duração de antese e para a avaliação da capacidade de desenvolvimento de frutos em flores pistiladas (teste da funcionalidade sexual feminina);
- Observação de eventos florais como horário de antese, receptividade estigmática (testada com água oxigenada), deiscência de anteras e movimento de órgãos sexuais ao longo da vida da flor, em ramos com botões em pré-antese de cada espécie coletados e mantidos em água, no alojamento;
- Registro fotográfico de flores e inflorescências;
- Observação, sob lupa, das flores coletadas, a fim de registrar a posição dos elementos reprodutivos e de detectar a sexualidade morfológica, ou seja, a presença de anteras com pólen e de pistilos com óvulos;
- Avaliação da funcionalidade dos elementos masculinos, isto é, a produção de grãos de pólen viáveis, através da estimativa da viabilidade polínica de todas as espécies estudadas, utilizando-se a técnica do carmim acético em um mínimo de seis indivíduos por espécie ( $n=3$  flores por indivíduo, provenientes de inflorescências diferentes; uma antera por flor, avaliando-se a viabilidade dos primeiros 200 grãos por lâmina); anteras com grãos de pólen com viabilidade acima de 70% serão consideradas funcionais.
- Avaliação da funcionalidade dos elementos femininos, isto é, a capacidade de desenvolvimento de frutos em flores pistiladas, através do acompanhamento da formação de frutos provenientes de polinização natural em um mínimo de seis indivíduos ( $n=30$  flores marcadas no campo).

Para espécies cujos dados não foram conclusivos, dados reprodutivos das espécies ou de seus gêneros foram obtidos em bibliografia e a sexualidade foi, na maioria dos casos, apenas inferida. Os critérios de inferência da sexualidade destas espécies foram os seguintes:

- Quando a espécie apresentou indivíduos hermafroditas, mas apenas uma das funções sexuais da planta foi comprovada, e foram encontrados registros bibliográficos de que a espécie em questão, ou outras espécies de mesmo gênero, é hermafrodita, esta foi





- considerada hermafrodita. No Anexo 1, o grupo taxonômico (gênero ou espécie) cuja informação foi obtida em bibliografia foi sublinhado e a referência foi citada.
- Quando a espécie apresentou flores unissexuais, mas apenas uma das funções sexuais dos indivíduos amostrados foi acompanhada, e foram encontrados registros bibliográficos acerca da biologia reprodutiva da espécie ou do gênero, a sexualidade atribuída foi aquela registrada em bibliografia. No Anexo 1, o grupo taxonômico (gênero ou espécie) cuja informação foi obtida em bibliografia foi sublinhado e a referência foi citada.
  - Quando a espécie foi representada por flores unissexuais, mas apenas uma das funções sexuais dos indivíduos amostrados foi acompanhada, e não foram encontrados registros bibliográficos acerca da biologia reprodutiva da espécie ou do gênero, a sexualidade atribuída foi monoica ou dioica seguida por ponto de interrogação (M-D?).

Estes critérios de inferência de sexualidade foram utilizados apenas para possibilitar uma visão geral das tendências sexuais da comunidade, e certamente podem levar a uma interpretação equivocada dos resultados. Uma possibilidade de interpretação errônea dos resultados quando se utiliza este critério é a superestimativa da funcionalidade feminina. Foram consideradas funcionalmente femininas as espécies que produziram óvulos, mas que não tiveram a formação de frutos acompanhada, portanto utilizou-se o dado “presença de óvulo” como forte indicativo de funcionalidade feminina. Da mesma forma, o dado “presença de frutos” foi utilizado como forte evidência da funcionalidade feminina em plantas onde a presença de óvulos não foi observada, por não terem sido encontrados indivíduos com botões ou flores.

Apesar dessas restrições inerentes à inferência da sexualidade a partir de dados de herbário e de bibliografia, sabe-se que características sexuais de plantas são fortemente conservativas, principalmente dentro de gênero, sendo que vários estudos que buscam investigar padrões de sexualidade de comunidades vegetais utilizam dados de herbário e fontes bibliográficas para a obtenção de dados (e.g., Matallana *et al.* 2005).

#### 7.1.5. Resultados

Na Parcela Permanente de Floresta de Restinga foram amostrados **350 indivíduos**, pertencentes a **60 espécies** distribuídas em 31 famílias (Anexo 1). Somando-se os dados obtidos em campo, herbário e bibliografia, foram determinados ou inferidos os sistemas sexuais de 93 das 110 espécies registradas para a parcela, ou seja, 84,5% do total de espécies (Sampaio 2005). Destas, **67,7% são hermafroditas, 24,7% são dióicas e 7,6% são monóicas** (Figs. 1-6).

Na Parcela Permanente de Cerradão foram registrados e identificados **104 novos indivíduos** em estágio reprodutivo, totalizando 351 indivíduos amostrados, pertencentes a **56 espécies** distribuídas em 29 famílias (Anexo 2). Somando-se os dados obtidos em campo, herbário e bibliografia, foram determinados ou inferidos os sistemas sexuais de 99 das 110



espécies registradas para a parcela, ou seja, 90% do total de espécies (Savassi 2005). Destas, **71,5% são hermafroditas, 24,3% são dióicas e 4,2% são monóicas** (Figs. 1-7).

Dentre as espécies hermafroditas amostradas nas duas áreas de estudo, apenas uma pequena parte foi encontrada com flores em campo, condição necessária para a avaliação de hercogamia e dicogamia. Destas, uma foi considerada dicogâmica (protândrica) no nível individual (*Euterpe edulis*, Figs. 1 e 7), uma apresentou hercogamia associada à dicogamia (protandria, *Posoqueria latifolia*), e as demais não apresentaram qualquer tipo de separação espacial ou temporal no amadurecimento dos elementos sexuais em suas flores.

A deiscência das anteras de *P. latifolia* (Rubiaceae) ocorre na fase de botão, quando o estigma não está receptivo. Durante o processo de antese o estilete se alonga levando consigo o pólen liberado pelas anteras em sua porção distal, e funcionando, assim, como órgão apresentador de pólen; posteriormente, o estigma se torna receptivo. Este mecanismo já foi registrado para outras espécies de Rubiaceae (Robbrecht 1988). Em *E. edulis* a funcionalidade das flores masculinas parece ocorrer previamente àquela das flores femininas num mesmo indivíduo durante o período de floração.

As flores femininas da espécie dióica *Maytenus robusta* (Fig. 4) apresentaram anteras vazias; a mesma situação foi observada em *Ilex theezans*, que também apresentou flores masculinas com pólen viável e óvulo (Figs. 1 e 4). Estas características indicam a presença de androicoicia em *I. theezans* (indivíduos masculinos e hermafroditas), no entanto esta informação só poderá ser confirmada se for observada a produção de frutos nas flores hermafroditas.

#### 7.1.6. Discussão

Os resultados aqui apresentados corroboram a tendência geral dos estudos que investigam os sistemas sexuais de comunidades tropicais, e também a idéia geralmente aceita de que espécies arbóreas, assim como a maioria das Angiospermas, são mais comumente hermafroditas (Bullock 1985, Bawa *et al.* 1985, Gibbs 1986, Richards 1986, Renner e Ricklefs 1995). Como consequência desta tendência geral, o hermafroditismo floral é também o sistema sexual mais freqüentemente registrado em estudos realizados em comunidades vegetais tropicais onde espécies de vários hábitos são avaliadas em conjunto, como em florestas secundárias decíduas (Zapata e Arroyo 1978, Jaimes e Ramirez 1999), de palmeiras em ambientes alagados (Ramirez e Brito 1990), esclerófilas na América Central (Arroyo e Uslar 1993), nebulosas (Sobrevila e Arroyo 1982). No Brasil, estudos realizados na Caatinga (Machado e Lopes 2004), em Cerrado (Oliveira 1996) e em Restinga (Matallana *et al.* 2005) também registraram o hermafroditismo como sistema sexual predominante.

Estudos direcionados a grupos específicos de plantas registraram também resultados semelhantes, como monocotiledôneas em florestas nebulosas (Ramirez & Seres 1994), árvores em florestas de terras baixas (Bawa 1974), espécies perenes e anuais em Ilha de Galápagos (McMullen 1987) e arbustos em ecossistemas Mediterrâneos (Aronne e Wilcock 1994). Algumas



formações florestais podem apresentar uma tendência diferente da maioria, como a predominância de espécies dióicas observada em florestas úmidas da Nigéria; tal peculiaridade é explicada pela dominância, nestes ambientes, das famílias Ebenaceae e Meliaceae, que são quase que totalmente dióicas (Bawa e Opler 1975).

A hercogamia e a dicogamia, observada em algumas espécies das áreas de estudo, são mecanismos que parecem ter evoluído como resultado de pressões seletivas exercidas pela interferência entre as funções masculina e feminina de suas flores. Tal interferência é considerada um problema geral da arquitetura de flores hermafroditas; além de aumentar as chances de autofecundação, constitui uma pressão seletiva influenciando várias características florais, como o tamanho e o tempo de maturação dos elementos sexuais (Bawa 1979, Webb e Lloyd 1986a, b). Além de minimizar a interferência entre elementos sexuais, a hercogamia e a dicogamia podem aumentar as chances de fecundação cruzada (Bawa 1979, Webb e Lloyd 1986a, b, Bertin e Newman 1993, Castro e Oliveira 2001).

Apesar da existência das adaptações florais contra a autogamia, como a hercogamia e a dicogamia, a prevalência de sistemas de auto-incompatibilidade em espécies arbóreas indica que as barreiras para a autofertilização são principalmente genéticas, e não morfológicas. Por outro lado, muitas das adaptações morfológicas podem indicar a probabilidade de autofecundação, pois são manifestações dos sistemas de polinização e reprodução prevalentes nas plantas (Bawa 1979).

Estima-se que a dioicia esteja presente em 3-4% das espécies fanerógamas (Bawa 1980). A proporção de espécies dióicas aqui registradas está dentro do intervalo registrado na grande maioria dos estudos envolvendo comunidades tropicais registrou (3-26%, Zapata e Arroyo 1978, Sobrevilla e Arroyo 1982, Ramirez e Brito 1990, Ibarra-Manríquez e Oyama 1992, Arroyo e Uslar 1993, Jaimes e Ramirez 1999). A depressão endogâmica é geralmente apontada como importante pressão seletiva determinando a evolução sistemas unissexuais (Charlesworth e Charlesworth 1978, Thompson e Barrett 1981, Lloyd 1982, Sakai *et al.* 1995, Freeman *et al.* 1997). Alguns autores consideram a dioicia como uma alternativa mais “pobre” em relação ao hermafroditismo, pois indivíduos unissexuais perdem a possibilidade de aumento de aptidão através da função sexual ausente (Lloyd 1982). Devido ao menor número de possíveis intercruzantes na população, espécies dióicas são também consideradas menos eficientes na formação de frutos do que espécies hermafroditas (Arroyo e Uslar 1993, Jaimes e Ramírez 1999, Oliveira e Gibbs 2000).

Análises filogenéticas recentes realizadas em grande escala confirmam algumas correlações entre dioicia e determinados fatores ecológicos, e evidenciam a diversificação de linhagens dióicas associada a estes fatores (Weller e Sakai 1999, Vamosi *et al.* 2003), tais como aspectos da distribuição espacial, ocorrência em ilhas oceânicas, em ambientes oligotróficos (e.g., restingas, Scarano *et al.* 1997) e tropicais (Sakai *et al.* 1995a, Thompson e Edwards 2001). A correlação positiva entre dioicia e ambientes tropicais tem sido atribuída ao fato de que climas tropicais favorecem o hábito lenhoso (Bawa 1980) e a dioicia, por sua vez, é fortemente



relacionada a este tipo de hábito (eg Ibarra-Manriquez e Oyama 1992). Esta correlação também é interpretada como resultado de fortes pressões seletivas favorecendo fecundação cruzada em plantas de vida longa (Bawa 1980, Sakai *et al.* 1995b), uma vez que estas tendem a ter taxas restritas de recombinação e, conseqüentemente, têm mais chances de serem selecionadas para fecundação cruzada quando comparadas com plantas de vida curta (Stebbins 1950, Steiner 1988).

Em estudo recente desenvolvido em comunidades de Florestas de Restinga no Estado do Rio de Janeiro Matallana *et al.* (2005) registraram 35% de dioiccia entre as espécies lenhosas dominantes de nove tipos de formações vegetais que compõem o mosaico da Restinga daquela área de estudo. Este resultado foi interpretado como uma conseqüência de processos ecológicos relacionados à dispersão a longa distância, vigor ecológico e, possivelmente, reprodução vegetativa. Em outro estudo realizado no Brasil, em uma área de Cerrado, Oliveira (1996) registrou dioiccia em 15% das espécies (desde pequenos arbustos a árvores grandes).

A maioria das espécies dióicas estudadas por Oliveira (1996) e Matallana (2005) apresentou flores pequenas, não especializadas e visitadas por insetos pequenos, e frutos carnosos dispersos por animais. Espécies dióicas apresentam geralmente sistemas entomófilos generalistas de polinização, e zoocóricos de dispersão. É possível que polinizadores generalistas permitam que estas espécies esse estabeleçam mais prontamente do que as hermafroditas com sistemas mais especializados de polinização (Bawa 1982). A separação sexual deve implicar em aumento da aptidão feminina, e esta parece ocorrer, em espécies dióicas, através da produção de frutos atrativos, promovendo a dispersão bem sucedida de propágulos por aves ou mamíferos. De fato, evidências indicam que a distribuição tropical de dioiccia é positivamente correlacionada a frutos carnosos (Weller & Sakai 1999, Vamosi *et al.* 2003).

O presente estudo também registrou uma maior freqüência de flores pequenas do que grandes em espécies dióicas em ambas as áreas de estudo (Figs 1-2), tais como em *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae), *Ilex theezans* e *I. amara* (Aquifoliaceae), Celastraceae (*Maytenus robusta*), Lauraceae (*Endlicheria paniculata*), e Euphorbiaceae (*Pera glabrata*). Por outro lado, foram também registradas espécies dióicas com flores relativamente maiores nas famílias Apocynaceae (*Amaioua intermedia*), Clusiaceae (*Clusia criuva* -Fig. 6-, *Garcinia gardneriana*) e Annonaceae (*Guateria australis*).

Estudos realizados em outras formações florestais registraram a presença de dioiccia e monoiccia nas mesmas famílias aqui registradas. Além dessas famílias, foram registrados nesses estudos a presença de dioiccia em Burseraceae, Cecropiaceae, Meliaceae, Moraceae, Myristicaceae, Siparunaceae e Smilacaceae, e de monoiccia em Moraceae (Oliveira 1996, Chazdon *et al.* 2003). As famílias Burseraceae, Monimiaceae, Moraceae e Myristicaceae parecem constituir grupos florestais predominantemente dióicos no Cerrado, e apresentaram maiores freqüências de dioiccia no Cerradão (Oliveira 1996). Alguns indivíduos polígamos foram registrados em *Guapira graciliflora*, e morfos florais intermediários em *Pouteria ramiflora*, espécies que



também ocorrem na parcela do Cerradão de Assis; os indivíduos de *G. graciliflora* amostrados eram hermafroditas, e não foram encontrados, até o momento, indivíduos em fase reprodutiva de *P. ramiflora*.

A grande maioria dos indivíduos de espécies dióicas amostrados tanto na Floresta de Restinga quanto no Cerradão era masculina. De fato, em populações de espécies dióicas os indivíduos masculinos são geralmente mais abundantes do que os femininos (Bawa 1980, Ibarra-Manríquez e Oyama 1992, mas veja Renner e Feil 1993).

Apesar das tendências acima discutidas para a distribuição dos diferentes sistemas sexuais em plantas, geralmente existe uma variação em relação à importância relativa de cada um deles em diferentes comunidades vegetais. Na tentativa de compreender os fatores que determinam a existência dessa variação em diferentes formações florestais, Chazdon *et al.* (2003) desenvolveram um estudo comparativo da distribuição de características reprodutivas de 366 espécies entre árvores (maior parte), arbustos e lianas distribuídas em 10 florestas tropicais da Costa Rica. Os resultados indicaram que a abundância relativa de espécies de árvores com diferentes sistemas sexuais parece não variar consistentemente com o tipo florestal, nem com a classe de tamanho ao qual o indivíduo pertence. Devido à característica fortemente conservativa apresentada pelas espécies amostradas no referido estudo, os padrões de distribuição de características reprodutivas entre tipos florestais estão estreitamente relacionados a padrões de composição florística no nível de gênero e família, bem como a mudanças nos padrões de abundância relativa de espécies causadas pela sucessão florestal e por distúrbios diversos.



Figura 1 Flores de espécies arbóreas (PAP  $\geq$  15cm) em 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia, SP. (A-B) Flores femininas de *Ilex theezans* e masculinas de *I. amara*, respectivamente (Aquifoliaceae, dióicas), (C) *Myrcia bicarinata* (Myrtaceae, hermafrodita) e (D) flor masculina de *Euterpe edulis* (Arecaceae, monóica).



Figura 2. Flores de espécies arbóreas dióicas (PAP  $\geq$  15cm) em 10,24ha de da Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia, SP. (A) *Cabralea canjerana* (Meliaceae), (B) *Coussapoa microcarpa* (Cecropiaceae), (C) *Scheeflera angustissima* (Araliaceae) e (D) *Pera glabrata* (Euphorbiaceae).

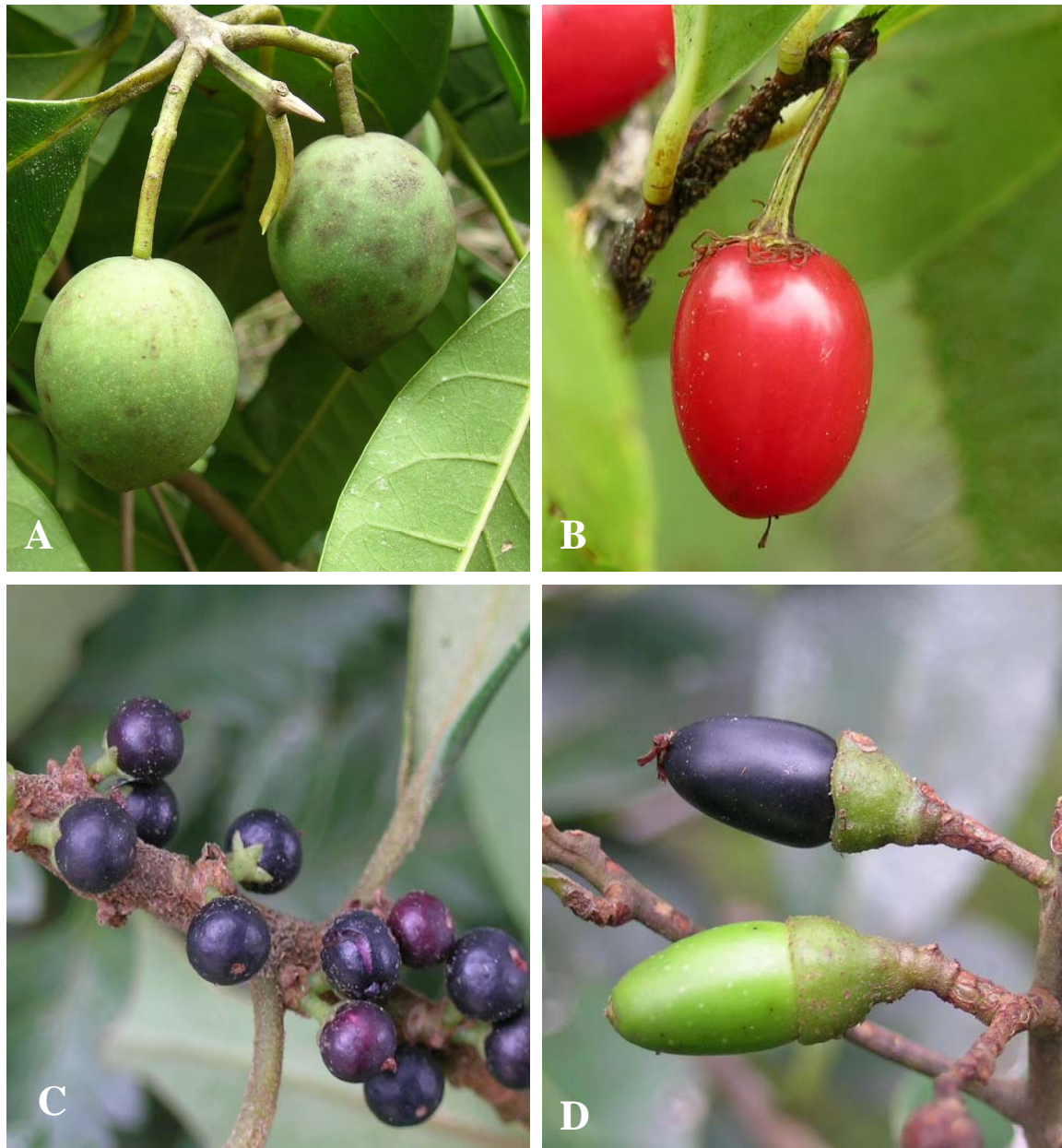


Figura 3. Frutos de espécies arbóreas dióicas (PAP  $\geq$  15cm) em 10,24ha da Parcela Permanente de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia, SP. (A) *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), (B) *Erythroxylum amplifolium* (Erythroxylaceae), (C) *Rapanea ferruginea* (Myrsinaceae) e (D) *Ocotea pulchella* (Lauraceae).





Anexo 1. Relação das espécies de plantas amostradas na Parcela Permanente em trecho de Floresta Restinga no interior do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia-SP, e observações a respeito de seus sistemas sexuais. ÓV: óvulo; FR: fruto; P: pólen (média | desvio padrão); SEX: sexualidade; H: hermafrodita; M: monóica; D: dióica; ?: dado inferido; X: presença observada; H, D: presença de hercogamia ou dicogamia, respectivamente; NH: não hercogâmica; ND: não dicogâmica; números entre parênteses: número de indivíduos amostrados; negrito: dados coletados total ou parcialmente em herbário, sublinhado: grupo taxonômico com estudo publicado, sobrescrito: fonte bibliográfica utilizada.

FAMÍLIAS E ESPÉCIES	ÓV	FR	P	SEX	H-D
Anacardiaceae					
<u>Tapirira quianensis</u> (14)	?	X	95,5	D <sup>1</sup>	NH
Annonaceae					
<u>Guatteria australis</u> (4)	X	X	92,5	H <sup>2</sup>	NH
<u>Rollinea sericea</u> (1)	?	X	?	H? <sup>2</sup>	NH
<u>Xylopia brasiliensis</u> (1)	?	X	?	H <sup>2,3</sup>	NH
<u>X. langsdorffiana</u> (8)	X?	X	95,2 ± 08	H? <sup>2</sup>	NH
Aquifoliaceae					
<u>Ilex amara</u> (8)	X	?	92,5	D? <sup>1,2</sup>	-
<u>I. pseudobucus</u>					-
<u>I. theezans</u> (14)	X	X	98,3 ± 1	D <sup>1</sup>	-
Araliaceae					
<u>Schefflera angustissima</u> (10)	?	X	91,3	M-D?	-
Arecaceae					
<u>Astrocarium acculeatissimum</u> (6)	?	X	?	M <sup>2,4</sup>	-
<u>Euterpe edulis</u> (8)	?	X	97,3 ± 2.1	M <sup>2,4</sup>	-
<u>Geonoma schottiana</u> (6)					-
<u>Syagrus romanzoffiana</u>					-
Bignoniaceae					
<u>Jacaranda puberula</u> (6)	X	X	99,5	H <sup>2</sup>	NH
<u>Tabebuia alba</u>					NH
<u>T. cassinoides</u> (1)	?	X	?	H?	NH
Boraginaceae					
<u>Cordia sellowiana</u> (1)	X	?	63	H? <sup>2</sup>	?
Celastraceae					
<u>Maytenus robusta</u> (10)	X	X	85 ± 13.1	D	-
Cecropiaceae					
<u>Cecropia pachystachya</u>	?	?	?	D <sup>7</sup>	-
<u>Coussapoa microcarpa</u> (4)	X	X	94,3 ± 1,2	D	-
Chloranthaceae					
<u>Hediosmum brasiliense</u> (1)	?	X	?	D? <sup>2</sup>	-
Chrysobalanaceae					
<u>Hirtella hebeclada</u> (4)	X	X	96 ± 2,8	H <sup>2</sup>	NH
Clethraceae					
<u>Clethra scabra</u> (2)	?	X	?	H? <sup>2</sup>	?
Clusiaceae					



<b><i>Calophyllum brasiliensis</i></b> (8)	?	?	92,6	D? <sup>5</sup>	-
<i>Clusia criuva</i> (7)	X	X	94,3 ± 2,2	D	-
<i>Garcinia gardneriana</i> (8)	X	X	97,3 ± 0,9	D <sup>2</sup>	-
<b><i>Rheedia granderiana</i></b> (1)					
Erythroxyllaceae					
<b><i>Erythroxyllum amplifolium</i></b> (9)	X	X	55,9	H? <sup>2</sup>	?
Euphorbiaceae					
<b><i>Alchornia triplinervea</i></b> (1)	?	X	?	D? <sup>1</sup>	-
<b><i>Croton macrobothrys</i></b> (1)	X	X	?	M <sup>2,6</sup>	-
<b><i>Pera glabrata</i></b> (12)	X	X	92,2 ± 7,5	M <sup>2</sup>	-
Fabaceae					
<b><i>Abarema langsdorfii</i></b> (2)	X	X	?	H <sup>7</sup>	NH
<b><i>A. lusoria</i></b> (1)	X	X	?	H? <sup>2</sup>	NH
<b><i>Balizia pedicellaris</i></b> (15)	?	X	?	H? <sup>2</sup>	?
<i>Hymenolobium javanensis</i> (1)					
Lauraceae					
<b><i>Aniba cf viridis</i></b> (1)	?	X	97,5 ± 1,5	M-D?	-
<i>Endlicheria paniculata</i> (1)	X	?	90	H?	NH
<b><i>Nectandra grandiflora</i></b> (2)	X	X	93	H? <sup>2</sup>	NH
<i>N. oppositifolia</i> (1)	X	X	95,2 ± 1,2	H	NH
<i>Ocotea aciphylla</i> (6)	X	X	96,3 ± 2,5	H <sup>1,2</sup>	
<b><i>O. dispersa</i></b> (1)	X	?	X	H? <sup>2</sup>	
<b><i>O. glaziovii</i></b> (1)	?	X	?	H? <sup>1,2</sup>	
<i>O. pulchella</i> (15)	X	X	94,4 ± 2,5	H <sup>1,2</sup>	NH
Malpighiaceae					
<b><i>Byrsonima ligustrifolia</i></b> (6)	X	X	96,2 ± 3,7	H	NH
Melastomataceae					
<b><i>Miconia cubatanensis</i></b>	X	X	X	H <sup>2</sup>	
<b><i>M. cf. saldanhaei</i></b>	?	X	?	H? <sup>2</sup>	
<b><i>M. cf. racemifera</i></b>	X	?	89	H? <sup>2</sup>	
<b><i>Tibouchina trichopoda</i></b>	X	X	90	H	
<i>M. carthacea</i>					
Meliaceae					
<b><i>Guarea macrophylla</i></b>	?	X	?	D?	-
<i>Cabralea canjerana</i>					
Monimiaceae					
<b><i>Molinedia boracensis</i></b>		?	16	D?	-
<b><i>M. schottiana</i></b>	?	?	91,7 ± 1,1	D? <sup>2</sup>	-
Myrsinaceae					
<b><i>Rapanea ferruginea</i></b>	?	X	?	D? <sup>1</sup>	-



<b><i>R. guianensis</i></b>	?	X	?	D? <sup>1</sup>	-
<b><i>R. umbellata</i></b>	?	X	?	D? <sup>1</sup>	-
<b><i>R. venosa</i></b>	?	X	?	D? <sup>1</sup>	-
Myrtaceae					
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	X	X	79,6	H	NH-ND
<i>Calyptanthes concinna</i>	X	X	96	H	NH-ND
<b><i>Eugenia neoglomerata</i></b>	?	X	?	H?	
<i>E. sulcata</i>	X	X	94 ± 7,7	H	
<b><i>E. umbelliflora</i></b>	?	X	?	H?	
<b><i>Gomidesia affinis</i></b>	X	X	87,2 ± 16	H	
<b><i>G. fenziiana</i></b>	X	X	91,8 ± 6,4	H	
<i>G. schaueriana</i>	X	X	96	H	
<i>Marlierea eugeniopsoides</i>	X	X	96,4 ± 2,1	H	
<i>Myrcia bicarinata</i>	X	X	86,1	H	NH-ND
<i>M. glabra</i>					
<b><i>M. grandifolia</i></b>	?	X	?	H?	NH-ND
<i>M. multiflora</i>	X	X	93,8 ± 3,5	H	
<b><i>M. racemosa</i></b> (3)	X	X	87,1 ± 7,9	H	
<i>M. rostrata</i> (1)	X	X	65	H	NH-ND
<i>Myrcia</i> sp.					
<i>Neomitranthes glomerata</i> (1)	X	?	90,5	H?	
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (3)	X	X	98,5 ± 0,7	H	NH
<i>Psidium cattleianum</i> (1)	X	X	89,1	H	NH
<i>Siphoneugena guilfoyleiana</i> (2)	X	X	88	H	?
Olacaceae					
<i>Heisteria silvianii</i> (1)	?	X	?	H? <sup>2</sup>	?
Rubiaceae					
<i>Amaioua intermedia</i> (6)	-	X	94 ± 5	D? <sup>1</sup>	-
<i>Posoqueria latifolia</i> (3)	X	X	86,4 ± 14,1	H <sup>2</sup>	H-D
<i>Rudgea villiflora</i> (1)	X	X	X	H <sup>2</sup>	
Sapotaceae					
<i>Manilkara subsericea</i> (2)	X		45,4	H	NH
<i>Pouteria beaurepairei</i> (1)	?	X	?	H? <sup>1,2</sup>	?
Styracaceae					
<b><i>Styrax glaber</i></b> (1)	X	?	?	M-D?	-
Ternstroemiaceae					
<i>Ternstroemia brasiliensis</i> (7)	X	X	90,5 ± 12,6	H	?

<sup>1</sup>Oliveira (1996), <sup>2</sup>Chazdon et al. (2003), <sup>3</sup>Andrade et al. (1996), <sup>5</sup> Fischer & Santos (2001), <sup>6</sup> Passos & Sazima(2000), <sup>7</sup>Matallana et al. 2005



Anexo 2. Relação das espécies de plantas amostradas na Parcela Permanente em 10ha de Cerradão no interior da Estação Ecológica de Assis, Assis-SP, e observações a respeito de seus sistemas sexuais. ÓV: óvulo; FR: fruto; P: pólen (média ± desvio padrão); SEX: sexualidade; H: hermafrodita; M: monóica; D: dióica; ?: dado inferido; X: presença observada; H, D: presença de hercogamia ou dicogamia, respectivamente; NH: não hercogâmica; ND: não dicogâmica; números entre parênteses: número de indivíduos amostrados.

FAMÍLIAS E ESPÉCIES	ÓV	FR	P	SEX	H-D
Anacardiaceae					
<i>Tapirira guianensis</i> (6)	X	X	96,2 ± 1,3	D	-
Annonaceae					
<b><i>Xylopia aromatica</i></b> (13)	X	X	95,4 ± 3,2	H	NH
Apocynaceae					
<i>Aspidosperma tomentosum</i>				H <sup>2</sup>	
Aquifoliaceae					
<i>Ilex brasiliensis</i>				D <sup>1,2,7</sup>	
<i>I. paraguayensis</i>				D <sup>1,2,7</sup>	
Arecaceae					
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (8)		X		M	
Asteraceae					
<i>Gochnatia polymorpha</i> (3)		X		H	
<i>Piptocarpha axillaris</i> (8)	X	X	98,5 ± 1	H	NH
<i>Asteraceae</i> sp. 1 (1)		X			
Bignoniaceae					
<i>Tabebuia</i> sp.				H <sup>1</sup>	
Bombacaceae					
<i>Eriotheca cf. gracilipes</i> (2)	X		?	H	NH
Burseraceae					
<i>Protium heptaphyllum</i> (1)	X		95,5	D <sup>2</sup>	
Caesalpinaceae					
<i>Bauhinia</i> sp.				H <sup>2</sup>	
Clethraceae					
<i>Clethra scabra</i> (2)		X		H	
Celastraceae					
<i>Maytenus robusta</i>				D	
Clusiaceae					
<i>Calophyllum brasiliense</i>				D	
Combretaceae					
<i>Terminalia brasiliensis</i> (1)		X		H <sup>2</sup>	
Erythroxylaceae					
<i>Erythroxylum cuneifolium</i>				H <sup>2</sup>	
<i>E. deciduum</i> (4)	X		91,7 ± 2,4	H	NH
<i>E. torstuousum</i>				H <sup>2</sup>	



Erythroxylaceae sp.1 (1)	X	X	96	H	
Euphorbiaceae					
<i>Pera glabrata</i> (15)	X	X	82,8 ± 3,1	M	
<i>Croton floribundus</i>				M	
Fabaceae					
<i>Machaerium acutifolium</i> (1)		X		H <sup>2</sup>	
<i>M. brasiliense</i>				H <sup>2</sup>	
<i>Ormosia</i> sp.				H <sup>2</sup>	
<i>Platipodium elegans</i> (1)		X		H	
Fabaceae sp.1 (1)		X		H	
Flacourtiaceae					
<i>Casearia</i> sp. (1)		X		H	
<i>Casearia decandra</i>				H <sup>2</sup>	
<i>C. lasiophylla</i>				H <sup>2</sup>	
<i>C. silvestris</i>				H <sup>2</sup>	
Lauraceae					
Endlicheria paniculata				H <sup>2</sup>	
<i>Nectandra cuspidata</i> (6)	X	X	94,7 ± 2,5	H <sup>2</sup>	
<i>N. oppositifolia</i>				H <sup>2</sup>	
<i>Ocotea corymbosa</i> (6)		X		H <sup>1,2</sup>	
<i>O. velloziana</i>				H <sup>1,2</sup>	
Malpighiaceae					
<i>Byrsonima basiloba</i> (1)		X		H	
<i>B. coccolobifolia</i>		X		H	
<i>B. laxiflora</i> (5)		X		H	
Melastomataceae					
<i>Miconia ligustroides</i> (1)	X	X	89,7	H	NH
<i>Miconia</i> sp.1 (6)	X	X	91,5 ± 2,5	H	NH
<i>Tibouchina stenocarpa</i>				H	
Meliaceae					
<i>Cabralea canjerana</i>				H	
<i>Trichilia pallida</i>					
Mimosaceae					
<i>Anadenathera falcata</i> (1)		X		H	
Mimosaceae sp.1		X		H	NH
<i>Stryphnodendrum obovatum</i>				H <sup>2</sup>	
Monimiaceae					
<i>Mollinedia widgrenii</i>				D <sup>2</sup>	
Moraceae					
<i>Brosmium</i> sp.				M <sup>2</sup>	
<i>Ficus</i> sp.				M <sup>2</sup>	



Myrsinaceae					
<i>Rapanea lancifolia</i> (6)		X		H	
<i>R. umbellata</i> (9)	X	X	86,4 ± 7,1	H	
Myrtaceae					
<i>Calypttranthes clusifolia</i>				H	
<i>Eugenia</i> sp.1 (5)	X		94,3 ± 0,2	H	NH
<i>E. aurata</i>				H	
<i>E. moraviana</i>				H	
<i>E. plurifolia</i>				H	
<i>Gomidesia affinis</i>				H	
<i>M. bella</i>				H	
<i>M. falax</i>				H	
<i>M.guianensis</i> (2)	X	X	89,5 ± 2,7	H	NH
<i>M. linguiformis</i>				H	
<i>M. multiflora</i> (8)	X	X	95 ± 0,9	H	NH
<i>M. tomentosa</i> (6)	X		5 ± 0,8	H	NH
<i>M. venulosa</i> (6)	X		96,2 ± 3,5	H	NH
<i>Psidium</i> sp.1 (1)		X	92,6	H	
Myrtaceae sp.1 (1)		X	87,2	H	
Nyctaginaceae					
<i>Guapira graciliflora</i> (2)				D	NH
<i>Guapira noxia</i> (1)				D	NH
Ochnaceae					
<i>Ouratea spectabilis</i>				H <sup>2</sup>	
Rubiaceae					
<i>Amaioua intermedia</i> (1)		X		D	
<i>Coussarea hidrangeaefolia</i>				H <sup>2</sup>	
<i>Faramea montevidensis</i> (6)		X		H <sup>2</sup>	H
<i>Ixora brevifolia</i> (5)		X		H	
Rutaceae					
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>				D <sup>2</sup>	
Sapindaceae					
<i>Cupania tenuivalves</i> (3)				D/M <sup>2</sup>	
Symplocaceae					
<i>Symplocos mosenii</i> (13)		X		H	
<i>S. pubescens</i>				H <sup>2</sup>	
<i>S. tenuifolia</i>				H <sup>2</sup>	
Tiliaceae					
<i>Luehea grandiflora</i>				H <sup>1,2</sup>	
Vochysiaceae					
<i>Qualea cordata</i> (9)		X		H	



<i>Q. grandiflora</i> (3)		H
<i>Vochysia tucanorum</i> (1)	X	H

<sup>1</sup>Oliveira (1996), <sup>2</sup>Chazdon *et al.* (2003), <sup>3</sup>Andrade *et al.* (1996), <sup>5</sup>Fischer & Santos (2001), <sup>6</sup>Passos & Sazima(2000), <sup>7</sup>Matallana *et al.* 2005

## Referências Bibliográficas

- ARONNE G. & WILCOCK CC. 1994. Reproductive characteristics and breeding system of shrubs of the Mediterranean region. *Functional Ecology* 8: 69-76
- ARROYO MTK & USLAR AP. 1993. Breeding systems in a temperate Mediterranean-type climate montane sclerophyllous forest in central Chile. *Botanical Journal of the Linnean Society* 111: 83-102.
- BAWA KS. 1979. Breeding systems of trees in a tropical wet forest. *New Zeal. J. Bot.* 17: 521-524.
- BAWA KS. 1980. Evolution of dioecy in flowering plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 11: 15-39
- \_\_\_\_\_, PERRY D. & BEACH JH. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *Am. J. Bot.* 72: 331-345.
- BERTIN RI & NEWMAN CM. 1993. Dichogamy in Angiosperms. *The Botanical Review* 59: 112-152.
- BULLOCK SH. 1985. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest. *Biotropica* 17: 287-301.
- CASTRO CC & OLIVEIRA PE. 2001. Reproductive biology of the protandrous *Ferdinandusa speciosa* Pohl (Rubiaceae) at southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 24: 167-172.
- CASTRO CC & ARAUJO AC. 2004. Distyly and sequential pollinators of *Psychotria nuda* (Cham. and Schelet.) Wawra (Rubiaceae) in the Atlantic forest, SE Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 244: 131-139.
- CASTRO CC & OLIVEIRA PEAM. 2004. Breeding system and floral morphometry of distylous Rubiaceae from the Atlantic rain forest, SE Brazil. *Plant Biology* 6: 1-6.
- CHAZDON RL., CAREAGA S, WEBB C. & VARGAS O. 2003. Community and phylogenetic structure of reproductive traits of woody species in wet tropical forests. *Ecol. Monogr.* 73(3): 331-348
- CHARLESWORTH B & CHARLESWORTH D. 1978. A model for the evolution of dioecy and gynodioecy. *American Naturalist* 112: 975-997.
- FREEMAN DC, DOUST JL, EL-KEBLAW Y, AMIGLIA KJ & McARTHUR ED. 1997 Sexual specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. *Botanical Review* 63:65-92.
- GIBBS PE. 1986. Do homomorphic and heteromorphic self-incompatibility systems have the same sporophytic mechanism? *Pl. Syst. Evol* 154: 285-323.
- IBARRA-MANRÍQUEZ G & OYAMA K. 1992. Ecological correlates of reproductive traits of Mexican rain forest trees. *Am. J. Bot* 79: 383-394.
- JAIMES I. & RAMÍREZ, N. 1999. Breeding systems in a secondary deciduous forest in Venezuela: The importance of life form, habitat, and pollination specificity. *Plant Systematics and Evolution*: 215-236.
- KRESS WJ. & BEACH JH. 1994. Flowering and plant reproductive systems. *In La Selva: ecology and natural history of a Neotropical rainforest* (LA McDade, KS Bawa, HA Hespeneide, GS Hartshorn, eds.). The University of Chicago Press, Chicago. Pp. 161-182.
- LLOYD DG. 1982. Selection of combined versus separate sexes in seeds plants. *Amer. Nat.* 120: 571-585



- MATALLANA C, WENDT T, ARAUJO DSD & SCARANO FR. 2005. High abundance of dioecious plants in a tropical coastal vegetation. *American Journal of Botany* 92: 1513-1519.
- NEWSTRON LE, FRANKIE GW & BAKER HG. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forests at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.
- OLIVEIRA PE. 1996. Dioecy in the Cerrado vegetation of Central Brazil. *Flora* 191: 235-243.
- \_\_\_ & GIBBS PE. 2000. Reproductive biology of woody plants in a Cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195: 311-329.
- RENNER SS. & FEIL JP. 1993. Pollinators of the tropical dioecious angiosperms. *Amer. Bot.* 80: 1100-1107.
- RENNER SS & RICKLEFS RE. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany* 82: 596-606.
- RICHARDS AJ 1986. *Plant breeding systems*. Allen and Unwin, London.
- ROBBRECHT E. 1988. Tropical woody Rubiaceae. *Opera Botanica Belgica* 1: 1-271.
- RUIZ R. & ARROYO MYK. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica* 10: 221-230.
- SAMPAIO D. 2004. Levantamento das espécies arbóreas de uma parcela permanente em Floresta de Restinga do parque Estadual da Ilha do Cardoso, município de Cananéia, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SAKAI AK, WAGNER WL, FERGUNSON DM & HERBST DR. 1995a. Origins of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology* 76: 2517-2529.
- SAKAI AK, WAGNER WL, FERGUNSON DM & HERBST DR. 1995b. Biogeographical and ecological correlates of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology* 76: 2530-2543.
- SCARANO FR, RIBEIRO TK, MORAES LFD & LIMA HC. 1997. Plant establishment on flooded and unflooded patches of a freshwater swamp Forest in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 14: 793-803.
- SEFFAN-DEWENTER I. & TSCHARNTKE T. 1999. Effects of habitat isolation on pollination communities. *Oecologia* 121: 432-440.
- SOBREVILLA C & ARROYO MTK. 1982. Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. *Pl. Syst.Evol.* 140: 19-37.
- SOKAL RR & ROHLF JRF. 1981. *Biometry*. San Francisco: W. H. Freeman.
- STEBBINS GLJr. 1959. *Variation and evolution in plants*. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- STEINER KE. 1988. Dioecism and its correlates in the Cape flora of South Africa. *American Journal of Botany* 75: 1742-1754.
- THOMPSON JD & BARRETT SCH. 1981. Selection for outcrossing, sexual selection and the evolution of dioecy in plants. *American Naturalist* 118: 443-449.
- VAMOSI JC, OTTO SP & BARRETT SCH. 2003. Phylogenetic analysis of ecological correlates of dioecy in Angiosperms. *Journal of Evolutionary Biology* 16: 1006-1018.
- WEBB CJ & LLOYD DG. 1986a. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in Angiosperms. I. Dichogamy. *New Zeal. J. Bot.* 24: 135-162.
- \_\_\_ 1986b. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in Angiosperms. II. Herkogamy. *New Zeal. J. Bot.* 24: 163-178.
- WEELER SG & SAKAI 1999. Using phylogenetic approaches for the analysis of plant breeding system evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 167-199.





ZAPATA TR & ARROYO MTK. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica* 10: 221-230.



## PARTE V – GEOGRAFIA DA FLORA PAULISTA

### 1. Padrão Espacial das Populações Arbóreas

O padrão espacial de árvores é uma questão chave para estudos de ecologia, principalmente aqueles de dinâmica florestal. O nível de organização espacial das árvores no ambiente depende de diversos processos ecológicos e características próprias de cada ambiente, de modo que a melhor compreensão deste quadro fornece subsídios importantes para o conhecimento sobre formações florestais.

Conhecer o padrão espacial de espécies-chave é vital para entender como uma dada espécie usa os recursos disponíveis, de que forma este recurso é importante e a sua função no sucesso do estabelecimento e na reprodução desta espécie (Condit et al. 2000). Especialmente em florestas tropicais, a questão espacial adquire caráter ainda mais importante, uma vez que a alta diversidade de tais biomas tem estreita relação com suas densidades populacionais, e por conseqüência, com a proximidade entre seus indivíduos. Entre as teorias mais importantes em ecologia florestal estão duas, em especial, que tratam da biodiversidade tropical com ênfase na questão espacial: os conceitos formulados por Janzen (1970) e Connell (1978), na chamada hipótese de fuga, e por Hubbell (1979).

Tais conceitos incorporam uma série de processos ecológicos importantes, e por que não dizer essenciais para a dinâmica de florestas tropicais, como dispersão de sementes, processos dependentes da densidade (especialmente competição intraespecífica e interespecífica), herbivoria, recrutamento e dinâmica de clareiras (Sternner et al. 1986, Kenkel et al. 1988, Condit et al. 1992, Collins & Klahr 1991, Batista 1994, Barot et al. 1999, Grau 2000, Harms et al. 2001). Uma vez que o meio físico também desempenha papel importante, diversos aspectos abióticos (item 3.) também são freqüentemente discutidos como fatores importantes para explicar a biodiversidade de florestas tropicais e o arranjo espacial das árvores das comunidades, como a disponibilidade de habitats, de nutrientes, da dinâmica da água no solo, de relevo e incidência de ventos e de luz (Getis & Franklin 1986, Armesto et al. 1986, Harms et al. 2001, Day et al. 2003, Schwarz et al. 2003, Barot et al. 2003). A consideração desses fatores abióticos, como possíveis reguladores importantes da dinâmica florestal é também a característica diferenciadora desse projeto Parcelas Permanentes.

A descrição do padrão espacial da comunidade como um todo pode evidenciar indícios relevantes sobre o impacto do meio abiótico sobre a floresta, uma vez que áreas com grande heterogeneidade ambiental, em especial com fatores limitantes acentuados ou barreiras geográficas, afetam a comunidade como um todo. De modo complementar, o estudo do padrão espacial de espécies-chave, aliado a estudos sobre a autoecologia de tais espécies, pode refinar



muito o conhecimento sobre determinado bioma, especialmente sobre os processos ecológicos de maior influência.

A análise da variação da densidade da floresta (número de árvores por hectare) dentro das parcelas permanentes (figura 1) mostrou que as árvores não estão homoganeamente distribuídas, o que já era esperado. Nota-se que não só a densidade média é bastante diferente entre os biomas estudados, como também a amplitude de variação da densidade da floresta se mostra mais pronunciada no Cerradão e na Floresta Ombrófila e menos pronunciada na Floresta Estacional e na Restinga.

Padrões agregados foram predominantes tanto para as florestas de modo geral (padrão geral em cada formação florestal) quanto para suas espécies mais abundantes (figura 2). Dizer que o padrão agregado foi encontrado para a maioria dos casos não quer dizer que o padrão seja igual em todos. De fato, diferenças relevantes no padrão observado foram notadas para os diversos conjuntos analisados. A floresta ombrófila mostrou um padrão mais complexo de agregação, diferenciando-se dos demais biomas, o que sugere que vários processos ecológicos podem estar atuando de forma simultânea na definição da estrutura espacial dessa floresta.

Árvores tropicais tendem, de maneira geral, a padrões agregados (Hubbell 1979), especialmente em razão do grande número de sementes e plântulas nas áreas próximas da árvore parental, e do grau de heterogeneidade de florestas tropicais. Uma paisagem marcada por diferentes manchas de solo, diferenças de relevo, de diferentes disponibilidades de água no solo, de condições microclimáticas específicas, complexa estrutura vertical da floresta, dinâmica de clareiras e de diferentes disponibilidade de microhabitats é comum em florestas tropicais (Barot et al. 1999, Condit et al. 2000, Grau 2000, Harms et al. 2001), e tais características provêm condições para que as árvores estejam agrupadas em manchas. Tal fisionomia é conhecida como mosaico vegetacional. Os resultados obtidos nesta pesquisa são coerentes com tais argumentos citados na literatura.

Segundo Barot et al. (1999) e Condit et al. (2000), testar a veracidade das teorias de Janzen (1970), Connell (1978) e Hubbell (1979) consistem em estudar os padrões espaciais de jovens e adultos, e a relação de dependência espacial entre eles. Não é pretensão deste estudo aceitar ou questionar uma ou outra teoria; embora este não fosse o objetivo central desta pesquisa, seria inevitável não discutir os resultados observados seguindo este enfoque, utilizando tais linhas de raciocínio para desenvolver as discussões, uma vez que é questão central em ecologia florestal.

Analisando o padrão espacial por classes de tamanho, foi possível observar que as árvores das classes menores (onde provavelmente estão incluídas as árvores jovens) mostram acentuada agregação, e que árvores de classes maiores apresentam uma redução do grau de agregação com uma tendência à padrões aleatórios. A figura 3 apresenta o gráfico da função K por classe de diâmetro. Na maioria dos biomas a primeira classe (DAP < 30cm) apresentou um padrão na curva da função K com maior agregação que a curva para todas as árvores da comunidade. A floresta estacional parece ser uma exceção, pois a curva da função K das árvores menores foi



semelhante à curva relativa à comunidade. Por outro lado, o padrão espacial das maiores árvores (DAP > 100cm) apresentou um padrão na curva da função K em geral com menor agregação que as árvores da primeira classe de DAP.

Tal observação é coerente com a hipótese formulada por Hubbell (1979), e contrária à hipótese de fuga de Janzen (1970) e Connell (1978). Níveis de atração evidentes (dependência espacial) entre as árvores jovens e adultas reforçam tal posição. Hubbell (1979) afirma que a agregação de árvores jovens e sua afinidade com árvores adultas é resultado direto da limitada capacidade de dispersão, que faz com que a maioria das sementes e frutos produzidos fique no solo próximo à árvore de origem. Processos ecológicos dependentes da densidade, especialmente competição, diminuiriam a densidade dentro de tais conforme as árvores fossem crescendo, diluindo este padrão agregado em direção a padrões aleatórios.

O padrão espacial das espécies mais abundantes em cada formação florestal refletiu o padrão espacial observado para todas as árvores em cada parcela permanente. Tal resultado era esperado, uma vez que as quatro espécies no topo da tabela de abundância reúnem, via de regra, aproximadamente 30% das árvores em cada floresta.

A complexidade da floresta tropical, onde atuam simultaneamente diversos processos ecológicos, e em que se pese a importância de fatores abióticos na definição da comunidade vegetal, muitas vezes torna difícil identificar claramente quais fatores são mais influentes. Os resultados obtidos através das análises do padrão espacial das espécies individualmente permitem apontar evidências de quais fatores, em cada caso, podem ser mais importantes. A discussão dos resultados girou em torno de síndromes de dispersão, classificação sucessional, tolerância a luz e preferência por solos, conforme as características de cada espécie.

Vale ressaltar que algumas espécies em particular parecem desempenhar papéis essenciais na dinâmica das florestas das quais fazem parte. Destaque para o palmitreiro (*Euterpe edulis*), espécie mais abundante tanto na Floresta Ombrófila Densa Submontana do P.E. de Carlos Botelho, quanto na Floresta de Restinga do P.E. da Ilha do Cardoso, e que possui presença marcante tanto no sub-bosque, sob a forma de árvores regenerantes, quanto no dossel. Merecem menção ainda *Metrodorea nigra*, típica do sub-bosque da Floresta Estacional Semidecidual da E.E. de Caetetus e espécie-chave na estrutura daquela floresta, *Tapirira guianensis*, espécie comum ao Cerradão da E.E. de Assis e à Restinga da Ilha do Cardoso, se caracterizando com uma típica espécie de enorme plasticidade de habitat e *Syagrus romanzoffiana*, que assim como o palmitreiro, apresenta grande interação com a fauna.

Fica evidente também o potencial de uso da Função K de Ripley para estudos sobre o padrão espacial. Sua robustez e suas ferramentas permitem investigar uma série de questões de relevante interesse em ecologia florestal, especialmente na questão da detecção do padrão espacial em diferentes escalas, na análise de padrões espaciais observados comparando com modelos (como o modelo de Completa Aleatoriedade Espacial), e nas análises bivariadas, que



avaliam a independência espacial entre grupos de árvores (classes de diâmetro ou espécies individualmente, neste estudo).

Os resultados aqui apresentados devem fornecer suporte a diversos outros estudos, inclusive dentro do próprio Projeto "Parcelas Permanentes". O padrão espacial em cada formação, bem como das suas espécies dominantes, foi descrito, e uma série de questões foi levantada. Suas respostas dependem de estudos mais detalhados e específicos, como por exemplo sobre a relação entre as árvores com variáveis abióticas (especialmente solo e topografia), sobre a fisiologia das espécies, sobre fenologia e dispersão de sementes, sobre a autoecologia das espécies.

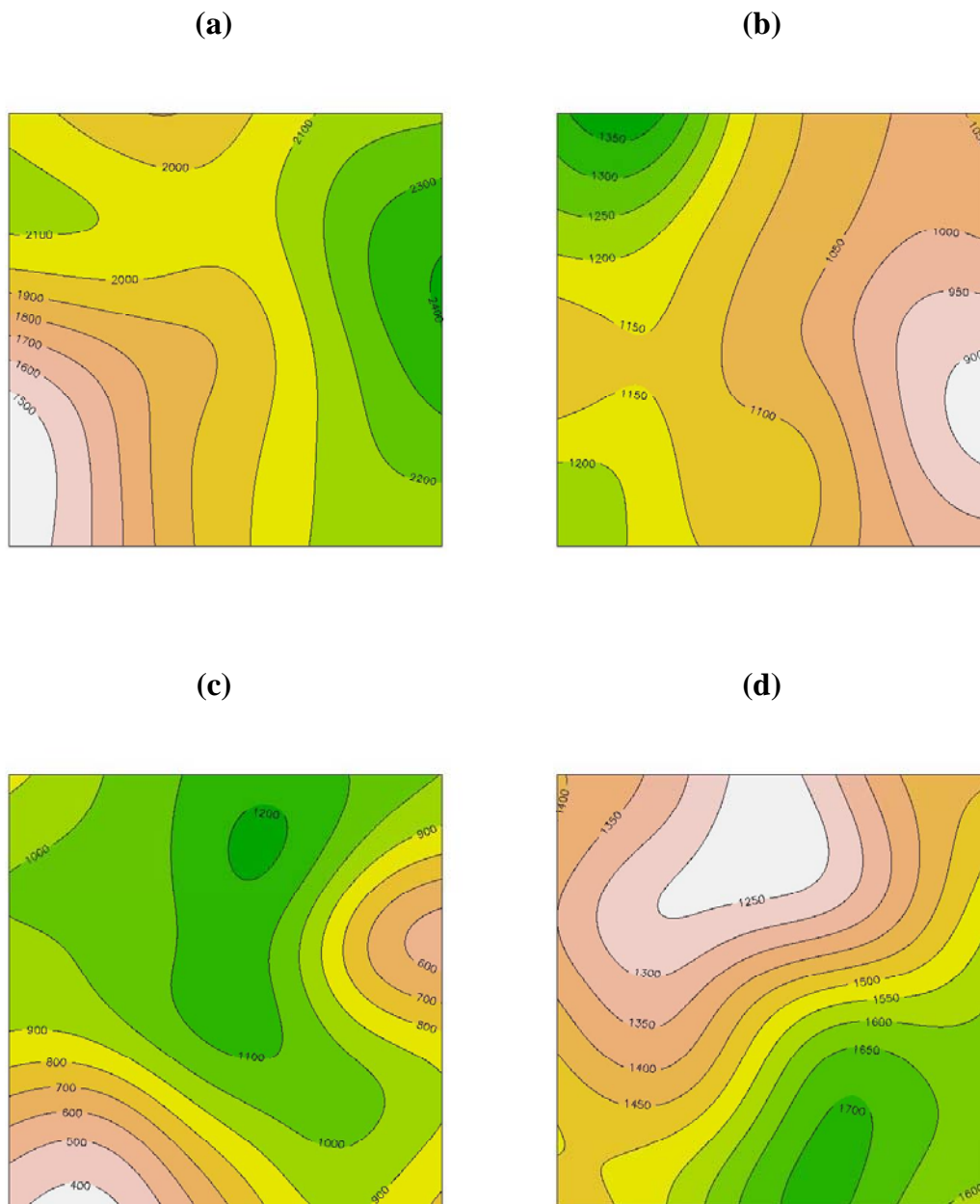


Figura 1. Gráficos resultantes da análise de kernel bidimensional para a densidade das árvores (indivíduos/ha) nas quatro formações estudadas: (a) Cerradão (Estação Ecológica de Assis), (b) Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica dos Caetetus), (c) Floresta Ombrófila (Parque Estadual Carlos Botelho) e (d) Restinga (Parque Estadual Ilha do Cardoso).

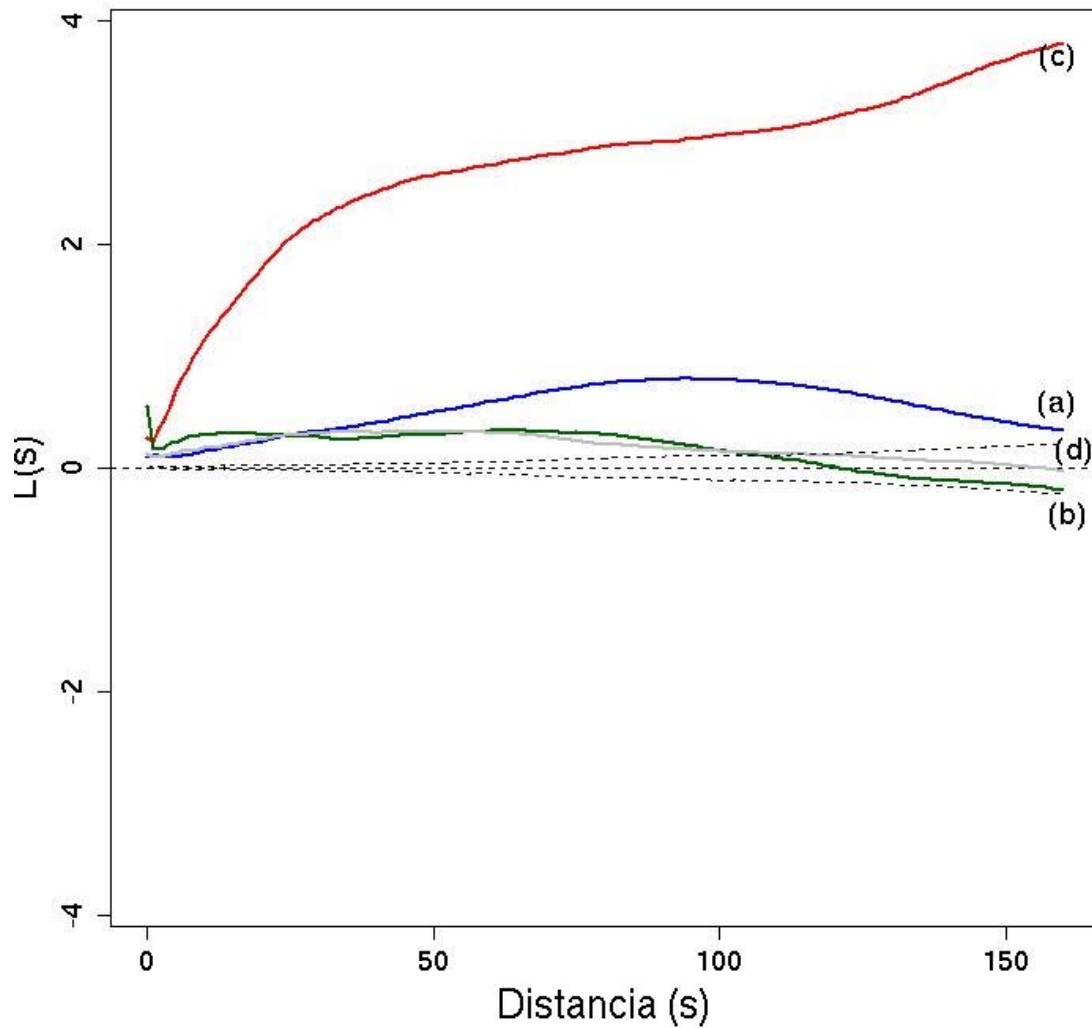


Figura 2. Gráficos da função K de Ripley para as quatro formações estudadas: (a) Cerradão (Estação Ecológica de Assis), (b) Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica dos Caetetus), (c) Floresta Ombrófila (Parque Estadual Carlos Botelho) e (d) Restinga (Parque Estadual Ilha do Cardoso). Distanciamento positivo do eixo X ( $L(s)=0$ ) indica agregação, enquanto que distanciamento negativo do eixo X indica regularidade no padrão espacial observado. As linhas pontilhadas representam um envelope de confiança de 95% para hipótese de completa aleatoriedade espacial, isto é, padrão aleatório em qualquer escala (distância).

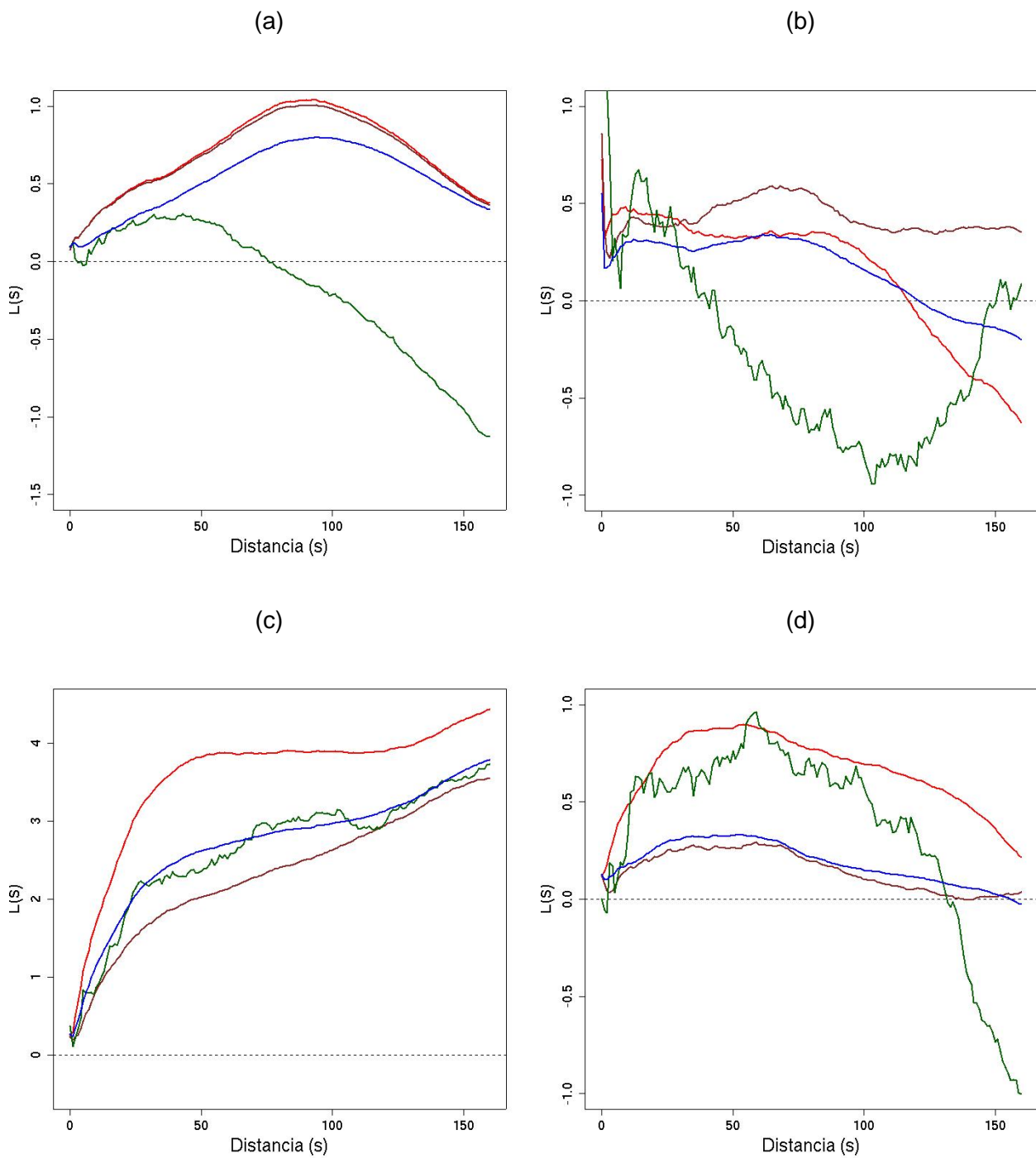


Figura 3. Gráficos da função K de Ripley por classes de DAP para as quatro formações estudadas: (a) Cerradão (Estação Ecológica de Assis), (b) Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica dos Caetetus), (c) Floresta Ombrófila (Parque Estadual Carlos Botelho) e (d) Restinga (Parque Estadual Ilha do Cardoso). Cada linha do gráfico representa uma classes de DAP: linha vermelha: DAP < 30cm, linha marron: 30 < DAP < 100cm (no Cerradão: 30 < DAP < 50cm); linha verde: DAP > 100cm (no Cerradão: DAP > 50cm); linha azul: todas as classes juntas.





## PARTE VI – O HOMEM NO CONTEXTO FLORESTAL

<b>1. CONHECIMENTO ETNOBOTÂNICO SOBRE A FLORA NATIVA DAS REGIÕES DO PARQUE ESTADUAL CARLOS BOTELHO (PECB) E DO PARQUE ESTADUAL DA ILHA DO CARDOSO (PEIC) .....</b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. METODOLOGIA .....	2
2.1. <i>Áreas de estudo</i> .....	2
2.2. <i>Entrevistas</i> .....	3
2.3. <i>Trajetos padronizados</i> .....	4
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	4
3.1. <i>Características da população entrevistada no entorno do PECB</i> .....	5
3.2. <i>Características da população entrevistada no PEIC</i> .....	6
3.3. <i>Conhecimento etnobotânico</i> .....	7
4. CONCLUSÕES .....	12
AGRADECIMENTOS.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13



# 1. Conhecimento etnobotânico sobre a flora nativa das regiões do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB) e do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC)

Natalia Hanazaki

Tatiana Mota Miranda

## 1. Introdução

A etnobotânica pode ser definida como o estudo contextualizado das interações entre pessoas e plantas, em sistemas dinâmicos (Alcorn, 1995). Dentro desta definição geral, a etnobotânica engloba desde estudos de caráter mais descritivo e cognitivo até estudos de caráter mais aplicado.

Embora a relação entre populações humanas e recursos vegetais tenha sido abordada desde a antiguidade, o termo etnobotânica foi cunhado há pouco mais de um século, originalmente como o estudo das plantas usadas por povos primitivos e aborígenes (Plotkin 1995, Balick e Cox 1997). O desenvolvimento da etnobotânica teve influências principalmente da botânica econômica (Given e Harris 1994, Plotkin 1995), da antropologia cultural e das etnociências em geral (Posey 1987, Berlin 1992, Schultes e Reis 1995). Atualmente a etnobotânica é uma área de pesquisa interdisciplinar, que reúne disciplinas como a antropologia, botânica, ecologia, geografia, medicina, linguística, economia, farmacologia, dentre outras, cada qual com uma perspectiva diferente e complementar sobre a relação entre pessoas e recursos vegetais (Prance 1995, Minnis 2000).

Uma primeira etapa na investigação do conhecimento etnobotânico é a caracterização das plantas conhecidas e utilizadas num dado contexto cultural. Geralmente estes estudos são focados em uma ou mais populações humanas de um grupo cultural, ou, comparativamente, entre populações humanas com origens e históricos diferentes.

Para a região do domínio Mata Atlântica, este é o caso de estudos etnobotânicos que enfocam o conhecimento caiçara (Begossi et al., 1993; Figueiredo et al., 1993, 1997; Rossato et al., 1999; Hanazaki et al., 1996, 2000), ou o conhecimento etnobotânico relacionado a rituais afro-brasileiros (Voeks, 1996). Em outras situações, o conhecimento etnobotânico investigado está relacionado a um determinado tipo de uso, como por exemplo as plantas de uso medicinal (Di Stasi et al., 2002, Begossi et al., 2002).

Em ambos os casos, tanto as espécies nativas como as espécies exóticas são de interesse para tais estudos. Quando os estudos são direcionados para o uso medicinal das espécies, existe um nítido predomínio de espécies exóticas ao domínio Mata Atlântica, e de hábito principalmente herbáceo ou arbustivo.



Para enfatizar a etnobotânica de espécies arbóreas do domínio Mata Atlântica, este estudo tem por objetivo geral efetuar um levantamento descritivo do conhecimento e uso de árvores nativas nas regiões de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadual Carlos Botelho e de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, onde foram alocadas duas das quatro Parcelas Permanentes do projeto “Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes”. Especificamente, este capítulo visa caracterizar os grupos populacionais em estudo e comparar o conhecimento etnobotânico associado a estas duas áreas de estudo, quanto as suas similaridades e as suas particularidades.

A hipótese geral que norteia este capítulo é que populações locais que habitam áreas florestadas, ou o entorno destas, possuem um amplo conhecimento sobre os recursos vegetais existentes na área, atualmente utilizados ou de uso econômico potencial.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Áreas de estudo**

Este estudo foi realizado em duas Unidades Fitogeográficas Florestais ocorrentes no Estado de São Paulo (IBGE 1992): a Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana (Floresta Atlântica de Encosta) e a Formação Pioneira com Influência Marinha (Floresta de Restinga), na região dos Parques Estaduais de Carlos Botelho e da Ilha do Cardoso, respectivamente.

O Parque Estadual da Ilha do Cardoso está localizado no extremo sul do litoral do Estado de São Paulo, município de Cananéia, entre os paralelos 25° 03'05" e 25° 18'18" e os meridianos 47° 53'48" e 48° 05'42", pertencendo ao complexo estuarino lagunar de Iguape-Cananéia-Paranaguá (Schaeffer-Novelli et al. 1990). Diferentes formações vegetais são encontradas na Ilha do Cardoso, incluindo a vegetação pioneira de dunas, florestas de restinga, floresta atlântica de encosta e manguezais. A vegetação da Ilha do Cardoso foi alvo de projetos de pesquisa enfocando a flora da restinga (De Grande e Lopes 1981) e também a produção de uma flora geral (Barros et al. 1991).

Com uma área de cerca de 22,5 mil hectares, toda dentro do município de Cananéia, o PEIC foi criado por decreto federal em 1962 (São Paulo 1998). Quanto à população residente, o PEIC possui uma situação distinta do PECB. Vários núcleos populacionais e sítios isolados podem ser encontrados ao longo da ilha, a maioria deles existente antes da criação do PEIC. Segundo Mendonça (2000), a propriedade da terra na Ilha do Cardoso não está deslindada pelos órgãos públicos. O problema fundiário da Ilha do Cardoso, bem como de toda a região costeira do Vale do Ribeira, remonta ao período colonial (Paoliello 1992). Os vários núcleos populacionais e sítios, tanto na face costeira como na face estuarina da Ilha são habitados por diferentes categorias de moradores, como os moradores tradicionais, os moradores adventícios antigos, os caseiros e os



turistas (São Paulo 1998). De acordo com um levantamento realizado em 1998, o P. E. Ilha do Cardoso contava com um total de 414 habitantes, incluindo neste total os indígenas da etnia Guarani M'Bya que habitam o PEIC desde 1992 (Mendonça 2000, Felipim 2001).

O Parque Estadual Carlos Botelho está localizado na Serra de Paranapiacaba, região sul do Estado de São Paulo (24° 00' a 24° 15'S, 47° 45' a 48° 10'W), englobando parte dos municípios de São Miguel Arcanjo, Capão Bonito e Sete Barras. O Parque Estadual Carlos Botelho foi criado em 1982 por um decreto estadual que reuniu quatro antigas Reservas Estaduais contíguas que ocupavam parte dos municípios de São Miguel Arcanjo (R.E. Carlos Botelho), Capão Bonito (R.E. Capão Bonito) e Sete Barras (R.E. Travessão e R.E. de Sete Barras). A principal formação vegetal do Parque Estadual Carlos Botelho é a Floresta Ombrófila Densa Submontana/Montana (Veloso e Góes-Filho 1982).

O PECB possui duas regiões com características distintas. A primeira, com altitudes maiores, engloba parte dos municípios de São Miguel Arcanjo e Capão Bonito. A área de entorno desta primeira região é composta principalmente por pequenas propriedades agrícolas, bem como por alguns bairros rurais. Nesta região de entorno são encontradas culturas de produtos agrícolas como uva e batata, bem como reflorestamentos de pinus e eucalipto. A segunda região corresponde à área drenada pela bacia do Rio Ribeira de Iguape, com altitudes menores, englobando parte do município de Sete Barras. Ferraz e Varjabedian (1999) identificam nesta região os principais vetores de pressão sobre os recursos naturais do PECB, como, por exemplo, os bairros de Saibadela, Guapiruvú, Mamparra, Grota Seca, Rio Preto, Travessão e Ribeirão Fundo. Em muitos destes bairros de entorno a principal atividade econômica é a exploração clandestina do palmito (*Euterpe edulis* Mart.), junto com os cultivos de banana e alguma atividade pecuária.

## 2.2. Entrevistas

A metodologia para coleta e análise dos dados tem seu enfoque principal na comunidade ou núcleo populacional e a sua relação de uso de recursos vegetais. É nesse nível que o conhecimento etnobotânico e etnoecológico foi acessado, lembrando que comunidades com históricos diferentes, origens e influências culturais distintas, devem também ter um conhecimento distinto sobre os recursos locais.

Após uma visita prévia às comunidades e núcleos populacionais nas duas áreas de estudo e no seu entorno, foram selecionadas as comunidades de Itacuruçá, Pereirinha, Camboriú e Foles, na Ilha do Cardoso, e as comunidades de Mamparra, Monjolo, Sexta Gleba e Ipiranga, no limite sul do Parque Estadual Carlos Botelho. Estas últimas encontram-se fora da área do PECB. Por se tratar de uma unidade de conservação cuja situação fundiária encontra-se praticamente resolvida, não há população residente no interior do PECB, com exceção de alguns funcionários (Ferraz e Varjabedian 1999).



Os critérios utilizados para a escolha destas comunidades foram: presença de atividades econômicas relacionadas ao uso da floresta (extrativismo ou agricultura), interação potencial com as formações florestais selecionadas (Floresta Ombrófila Densa Montana, ou Floresta Atlântica de Encosta, e Formação Pioneira com Influência Marinha, ou Floresta de Restinga), acessibilidade e disposição dos moradores locais em participar da pesquisa.

Nas comunidades ou núcleos populacionais selecionados, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com os adultos residentes no local ou na região há pelo menos 5 anos, incluindo questões para a caracterização sócio-econômica da família e sobre os recursos vegetais conhecidos e utilizados. Para as comunidades ou núcleos populacionais com até 20 famílias residentes foram entrevistados todos os moradores adultos que se dispuseram a participar da pesquisa. Para as comunidades ou núcleos populacionais com mais de 20 famílias residentes as entrevistas foram feitas por amostragem, com um esforço amostral inicial baseado em Bernard (1995).

As espécies mencionadas nas entrevistas foram coletadas com o auxílio dos entrevistados, seguindo o procedimento padrão em pesquisas etnobotânicas (Given e Harris 1994, Alexiades 1996). As identificações botânicas foram revisadas por Vinícius Castro Souza (ESALQ/USP).

### 2.3. Trajetos padronizados

Para complementar a identificação botânica das plantas mencionadas nas entrevistas, foi utilizada uma modificação da metodologia da turnê guiada (Albuquerque e Lucena, 2004). Com base em critérios relativos a um maior conhecimento sobre o uso de plantas, foram selecionados sete informantes no PECB e quatro informantes no PEIC, com os quais realizou-se um trajeto padronizado no interior das parcelas permanentes alocadas no PECB e no PEIC, respectivamente. Os trajetos consistiram num caminhar por uma extensão de aproximadamente 17.200 m<sup>2</sup> na Parcela Permanente de 10,24ha alocada no PECB e 2.320m<sup>2</sup> na Parcela Permanente de 10,24ha alocada no PEIC. Os trajetos nas parcelas permanentes do PECB e do PEIC tiveram desenhos e extensões diferentes, pois foram definidos de acordo com as trilhas já estabelecidas dentro das parcelas, de modo a minimizar o possível impacto causado pelo pisoteio, já que se constitui numa parcela permanente de estudo, em várias linhas de pesquisa.

Nas entrevistas, que ocorreram individualmente, os informantes foram indagados a fornecer o nome vernacular das espécies, informações sobre suas características ecológicas e, ainda, como eram selecionadas para uso. Cada indivíduo cuja identificação vernacular foi indagada ao informante correspondeu a um evento de identificação.

## 3. Resultados e discussão



### 3.1. Características da população entrevistada no entorno do PECB

Na região do extremo sul do PECB foram efetuadas 58 entrevistas, efetuadas nos bairros de Monjolo, Mamparra, Sexta Gleba e Ipiranga e em sítios adjacentes a estas áreas. Foram entrevistados informantes de ambos os sexos (30 mulheres e 28 homens). A média de idade dos entrevistados foi de 49 anos, sendo que entre as mulheres a média foi de 44 anos e, entre os homens, 55 anos. Cerca de 28% dos entrevistados é analfabeto. Entre os alfabetizados, a média de anos de estudo foi de 4,7 para as mulheres e 3,5 para os homens.

A maioria dos entrevistados é originária do próprio local ou de outros bairros dentro do município de Sete Barras (47%) ou da região do Vale do Ribeira (26%). Pouco mais de um quarto dos entrevistados é originário de outros estados ou outras regiões do Estado de São Paulo (27%). Embora o tempo de residência médio no local ou na região, para os habitantes oriundos de outras localidades, seja relativamente alto (mais de 10 anos), foi observada uma elevada mobilidade das famílias dentro da área de estudo. As principais atividades econômicas dos moradores da região estão relacionadas à bananicultura, tanto como proprietários de fazendas de banana que empregam mão de obra local, como também trabalhadores assalariados ou que trabalham por empreita nas épocas de colheita da banana. O comércio e aposentadorias são fontes de renda de cerca de 12% das famílias. Cerca de 10% dos moradores entrevistados têm na pecuária a sua principal atividade econômica e, neste caso, em geral são moradores que desconhecem os recursos vegetais existentes na região.

A extração de palmito não foi mencionada por nenhum entrevistado, por se tratar de atividade clandestina. Entretanto, quatro pequenos proprietários entrevistados estavam cultivando viveiros de mudas de juçara (*Euterpe edulis*) e de outras espécies de palmeiras (tais como *Archontophoenix alexandrae* (F.Muell.) H.Wendl. & Drude -- e *Euterpe oleracea* Mart), para plantio no sub-bosque de capoeiras existentes dentro das suas propriedades e posterior exploração comercial do palmito. Dois destes pequenos proprietários cogitaram a possibilidade de recuperar áreas atualmente ocupadas pela bananicultura para, no futuro, explorar comercialmente o palmito plantado nas capoeiras; tal alternativa é viável apenas para aqueles moradores que detêm a propriedade dos sítios onde residem, que somam menos de 50% dos entrevistados.

Em média o número de residentes em cada casa é de 4 pessoas e a renda per capita média é de R\$ 101,83. O desvio padrão da renda per capita foi de R\$ 97,55 (menor valor: R\$ 20,00; maior valor: R\$ 625,00), indicando a existência de acentuada estratificação social dentro da área amostrada. As maiores rendas per capita correspondem às famílias de entrevistados que são proprietários de suas terras e possuem fazendas de cultivo de banana, empregando mão-de-obra local. As menores rendas per capita correspondem às famílias que vivem em áreas cedidas pelo empregador e trabalham como assalariados ou por empreita. Também inclui-se neste grupo as



famílias de pequenos proprietários que possuem suas próprias lavouras de banana, além de posseiros.

### 3.2. Características da população entrevistada no PEIC

No PEIC foram entrevistados 51 moradores de dentro do parque, pertencentes às comunidades de Pereirinha (n=9), Itacuruçá (n=11), Foles (n=8) e Cambriú (n=23). A comunidade de Pereirinha é composta predominantemente por funcionários do PEIC, como guias e responsáveis pelo núcleo Perequê, próximo a ela. Segundo informações bibliográficas (Milanelo 1992) e observações de campo, Pereirinha conta com seis casas, totalizando aproximadamente 13 moradores. Itacuruçá, além de possuir uma capela, conta com sete casas e aproximadamente 10 habitantes. Situa-se próximo à Pereirinha e a principal atividade econômica de seus moradores é a pesca artesanal (Milanelo 1992).

Pereirinha e Itacuruçá são comunidades localizadas numa região de mais fácil acesso na Ilha do Cardoso e que, devido à proximidade entre elas, são compostas por segmentos distintos de uma mesma família, sendo basicamente formadas por parentes. Nestas comunidades foram entrevistados 20 moradores locais, sendo 55% destes homens e 45% mulheres. A faixa etária predominante foi a de 18 a 40 anos, com 55% dos entrevistados, sendo a segunda, de 41 a 70 anos, composta pelos 45% restantes. Dos informantes, 90% são caiçaras, ou seja, naturais do próprio local ou proximidades. Em relação ao tempo de residência no local, 95% dos entrevistados moram na localidade há mais de 10 anos, onde 63 anos é o tempo de residência máximo.

Dentre o grupo em questão, 65% não concluiu o ensino fundamental e apenas 30% atingiu o ensino médio, sendo os 5% restantes compostos pelos analfabetos. O turismo mostrou-se a principal atividade econômica desenvolvida, praticada por 60% dos informantes, homens ou mulheres, sendo predominantemente acompanhado por trabalhos complementares como a pesca, que é fonte exclusiva de renda somente para 10% da comunidade.

Camboriú e Foles, estabelecidas na face oceânica da ilha, são as comunidades de mais difícil acesso, feito por barco ou por uma longa trilha. Com aproximadamente 13 casas, abrigando 52 habitantes, Camboriú é constituída por pescadores que, muitas vezes, possuem casas secundárias, alugadas para veranistas. Encontra-se ainda nesta comunidade, uma escola de ensino fundamental. Foles, com aproximadamente 20 habitantes e 10 moradias, também é predominantemente composta por pescadores (Milanelo 1992). Estas duas comunidades também apresentam a característica de serem compostas por segmentos distintos de uma mesma família, possuindo, portanto, elevado nível de parentesco. Nelas somaram-se 31 entrevistas realizadas, onde 51% dos entrevistados são do sexo masculino e 42% do sexo feminino. 61% destes apresentam idade entre 18 e 40 anos e 39% encontram-se na faixa etária de 41 a 70 anos. Nas comunidades em questão, constatou-se que todos os entrevistados podem ser considerados caiçaras, uma vez que são naturais do próprio local ou proximidades, onde 87% vivem na região a



mais de 10 anos, podendo o tempo máximo atingir 70 anos. Os 13% restantes, apesar de morarem a menos de 10 anos no local, migraram de praias vizinhas situadas no interior do próprio PEIC para o atual local de residência. Dos entrevistados, 84% não chegou a concluir o ensino fundamental, 13% são analfabetos e somente 3% atingiram o ensino médio, não concluindo-o. Ao contrário do grupo anteriormente descrito, a principal atividade desenvolvida é a pesca (48%), sendo este trabalho exclusivamente masculino. O serviço doméstico, praticado por 39% dos entrevistados é uma atividade estritamente feminina. O turismo, exercido por 13% dos entrevistados, apresenta-se como atividade de renda complementar, sendo exercido no verão por famílias que possuem áreas destinadas a camping em seu terreno, ou ainda alugam suas casas.

### 3.3. Conhecimento etnobotânico

O conhecimento etnobotânico dos entrevistados na Ilha do Cardoso e na região do Núcleo Sete Barras do Parque Estadual Carlos Botelho abrange tanto espécies nativas como espécies não nativas. A dependência dos moradores locais pela flora é revelada através de alguns usos principais das espécies conhecidas, como, por exemplo, usos medicinais, para manufaturas e para alimento. No total foram citados 206 nomes vernaculares no PEIC (51 entrevistas) e 226 na região do PECB (58 entrevistas). Para estes totais estão considerados os nomes vernaculares num nível de táxon genérico, seguindo uma estrutura etnotaxonômica berlineana (Berlin 1992). Dentre estes totais, estão incluídos também espécies introduzidas, cultivadas e com outras formas de vida além de árvores como, por exemplo, ervas e arbustos. Restringindo este conjunto às espécies arbóreas e nativas, foram citadas 80 espécies no PEIC e 99 espécies no PECB.

A média de citações por espécie foi de 4,56 e 4,01 citações no PEIC e PECB, respectivamente, e a média de citações por informante foi de 7,16 e 6,88 citações no PEIC e PECB, respectivamente. Portanto, apesar de um tamanho amostral maior no PECB (7 entrevistados a mais), tanto o número de citações por espécie como a média de nomes informados por entrevistado foram similares, mas um pouco maiores no PEIC em relação à região do entorno do PECB.

No geral, existe uma tendência dos homens serem os maiores detentores do conhecimento etnobotânico sobre as espécies arbóreas e nativas, em comparação às mulheres (Hanazaki et al. submetido). A tendência dos homens conhecerem mais plantas da mata explica-se pela sua maior mobilidade e pela natureza de suas atividades (Rossato et al. 1999), sendo que alguns deles provavelmente já trabalharam na extração clandestina do palmito. A retirada de recursos vegetais da mata em geral é tarefa masculina, com alguma exceção da retirada de lenha que pode ser feita nas capoeiras mais próximas às casas.

Dentre as plantas mais citadas no PEIC e na região do PECB (Tabelas 1 e 2), apenas sete são comuns às duas áreas, o que equivale a menos de 30%. Na região do PEIC (Tabela 1), três espécies sobressaem-se entre as mais citadas: o guapuruvú, citado por 68,8% dos entrevistados,





a caixeta, citado por 47,1% dos entrevistados e o araçá, citado por 43,1% dos entrevistados. As duas primeiras são utilizadas principalmente para manufaturas, enquanto que a última é utilizada para manufaturas, alimento e como medicinal. Vale lembrar que esta última espécie frequentemente é encontrada cultivada nos quintais e próximo às casas, e o seu uso é feito principalmente a partir destes indivíduos, e não de indivíduos situados dentro das manchas de mata de restinga.

Já na região do entorno sul do PECB, nenhuma espécie foi citada por mais de 40% dos entrevistados (Tabela 2). Os nomes vernaculares mais lembrados foram a canela e o jatobá, ambos citados por 34,5% dos entrevistados. Entretanto, há uma grande quantidade de espécies botânicas que correspondem ao nome vernacular canela. Alguma confusão acerca deste nome vernacular também foi verificada no PEIC, onde a canela coletada correspondia a um *Inga*. Para o caso da região do PECB, os principais usos das plantas arbóreas e nativas mencionadas são para alimento (frutos comestíveis) e, principalmente, manufaturas.

Para ambas as regiões, o uso mais freqüente para as principais plantas arbóreas e nativas mencionadas foi o uso para manufaturas, que inclui o uso da madeira. Para o PEIC também foram expressivos os usos medicinal e alimentício, mas não para a região do PECB (Figura 1).

Tabela 1. Plantas arbóreas e nativas citadas em 51 entrevistas em quatro comunidades do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, citadas por pelo menos 10% dos entrevistados. Valores em porcentagem. \* = espécies citadas em ambas as áreas de estudo.

Nome vernacular	Família	Espécie Botânica	Citações
Guapiruvu	Caesalpiniaceae	<i>Schizolobium parayba</i> (Vellozo) Blake	68,6
Caixeta	Bignoniaceae	<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) A. P. DC.	47,1
Araçá*	Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	43,1
Vacupari*	Clusiaceae	<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. Et Triana) Zeppi	33,3
Goiaba*	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	29,4
Guanandi	Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	29,4
Cataia	Myrtaceae	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	25,5
Pitanga	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	21,6
Araticum	Annonaceae	<i>Annona crassifolia</i> Mart <i>Rollinia sericea</i> R. E. Fr..	19,6
Brejaúva	Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	19,6
Canela*	Mimosoideae	<i>Inga</i> sp.	19,6
Caju	Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	17,6



Tucum	Arecaceae	<i>Bactris setosa</i> Mart.	17,6
Aroeira	Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	15,7
Timbuva	Mimosoideae	<i>Pithecellobium langsdorfii</i> Benth.	15,7
Jacatirão*	Melastomataceae	<i>Tibouchina pulchra</i> Cogn.	13,7
Murta	Myrtaceae	<i>Eugenia sulcata</i> Spring.	13,7
Palmito*	Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> L.	11,8
Arapaçu	indet.	indet.	9,8
Cedro	Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vel.	9,8
Figueira*	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd	9,8
Orelha-de-gato	Melastomataceae	<i>Tibouchina clavata</i> (Pers.) Wurdack	9,8
Vapurunga	Myrtaceae	<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	9,8

Tabela 2. Plantas arbóreas e nativas citadas em 58 entrevistas no entorno sul do Núcleo Sete Barras, Parque Estadual Carlos Botelho, citadas por pelo menos 10% dos entrevistados. Valores em porcentagem. \* = espécies citadas em ambas as áreas de estudo.

Nome vernacular	Família	Espécie Botânica	Citações
Canela*	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichl. ex Miq.	34,5
	Lauraceae	<i>Cryptocarya moschata</i> Nees & Mart.	
	Cannellaceae	<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	
	Lauraceae	<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo-Gil	
	Nyctaginaceae	<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	
	Fabaceae	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.	
	Rubiaceae	<i>Simira corumbensis</i> (Standl.) Steyerm.	
	Olacaceae	<i>Tetrastylidium grandifolium</i> Sleumer	
Jatobá	Caesalpiniaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	34,5
Jacatirão*	Melastomataceae	<i>Tibouchina pulchra</i> Cogn	29,3
Tabucúva	Canellaceae	<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	27,6
Vacupari*	Clusiaceae	<i>Garcinia gardneriana</i> Planch. & Triana	27,6
Ingá	Mimosaceae	<i>Inga</i> spp.	24,1
Cambuci	Myrtaceae	<i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum	22,4
Pau-brasil	Myrtaceae	<i>Eugenia multicostata</i> D. Legrand	22,4
Juçara*	Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	19,0
Goiaba*	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	17,2
Mandegaú	Olacaceae	<i>Tetrastylidium grandifolium</i> Sleumer	17,2
Embaúba	Cecropiaceae	<i>Cecropia glaziouii</i> Snethl.	15,5
Urucurana	Euphorbiaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allem.	15,5
Caquera	Caesalpiniaceae	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	13,8
Figueira*	Moraceae	<i>Ficus</i> spp.	13,8
Jabuticaba	Myrtaceae	<i>Myrciaria floribunda</i> O. Berg.	13,8



Guatambu	Apocynaceae	<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Muell Arg. .	13,8
Quina	Loganiaceae	<i>Strychnos brasiliensis</i> Mart.	13,8
Araçá*	Myrtaceae	<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	10,3
Bucuúva	Myristicaceae	<i>Virola bicuhyba</i> Warb.	10,3
Jacataúva	Verbenaceae	<i>Citharexylon myrianthum</i> Cham.	10,3
Jambro	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	10,3
Pau-de-óleo	Leguminosae	<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf. <i>C. trapezifolia</i> Hayne	10,3

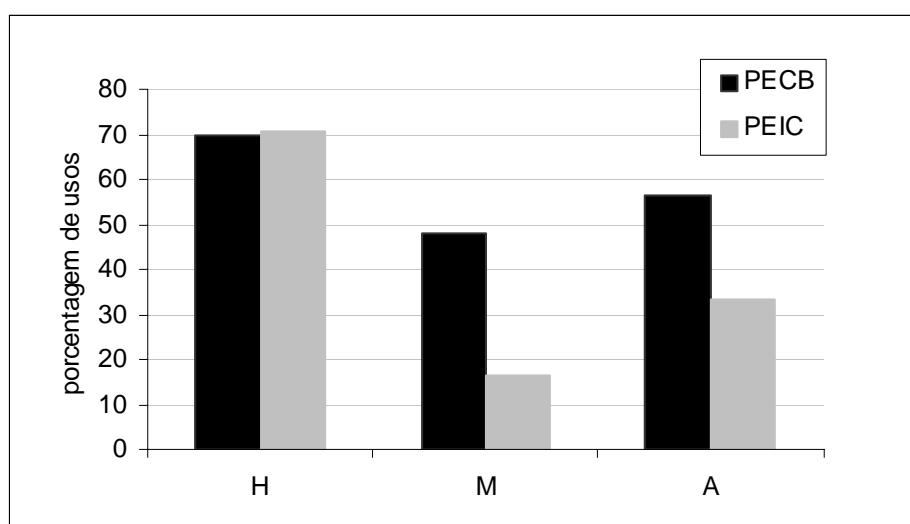


Figura 1. Usos atribuídos às plantas citadas por pelo menos 10% dos entrevistados na região do PECB e no PEIC. H = manufaturas, M = medicinal, A = alimento. Valores em porcentagem.

Os resultados sobre o conhecimento etnobotânico nas duas áreas de estudo foram comparados quantitativamente utilizando medidas de diversidade (Begossi 1996; Williams et al. 2005). Para estas análises, foram considerados os nomes vernaculares das espécies arbóreas nativas, identificadas botanicamente (Tabela 3). Analisando as curvas de riqueza esperada (rarefação, Figura 2), a riqueza de espécies citadas mantém-se sempre maior para a área do PECB (Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana) em relação do PEIC (Floresta de Restinga), para um mesmo número de entrevistas. A equitabilidade e os índices de diversidade expressos pelo inverso de Simpson e por Shannon-Wiener também foram maiores no PECB (Tabela 3), este último diferindo estatisticamente ( $t = 4,52$ ,  $\alpha = 5\%$ , 736 graus de liberdade). Portanto, apesar da diferença nos tamanhos amostrais nas duas áreas de estudo, a diversidade no conhecimento



etnobotânico sobre espécies arbóreas e nativas é seguramente maior para a área do PECB, quando comparada ao PEIC.

Esta maior diversidade no conhecimento etnobotânico pode estar relacionada com a diferente disponibilidade de espécies arbóreas nas duas áreas. De acordo com a hipótese do efeito de aparência afetando o uso de recursos vegetais locais, as pessoas tendem a conhecer e utilizar as plantas mais facilmente encontradas. Entretanto, Albuquerque e Lucena (2005) discutem que ainda não há evidências consistentes para afirmar que estas relações existem de fato. No caso do conhecimento etnobotânico nas duas áreas de estudo comparadas aqui (PECB e PEIC), fica evidenciado que uma área que possui maior diversidade de espécies arbóreas nativas disponíveis (número de espécies disponíveis na parcela, Tabela 4) também possui uma maior diversidade de conhecimento etnobotânico associado a estas espécies.

Os principais resultados dos trajetos padronizados nas duas Parcelas Permanentes, de 10,24ha cada, onde foram realizadas as turnês guiadas, estão sumarizados na Tabela 4. Foi possível efetuar a turnê guiada com 7 informantes no PECB (Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana) e 4 informantes no PEIC (Floresta de Restinga), todos do sexo masculino. Em média, cada informante efetuou 101,14 eventos de identificação no PECB e 116,75 eventos de identificação no PEIC, correspondendo a um total de 122 e 60 espécies arbóreas identificadas vernacularmente através das turnês guiadas, respectivamente. Quando calculada a porcentagem de espécies identificadas em relação ao total de espécies presentes em toda a parcela, os valores diferem numa ordem de 5% para as duas áreas de estudo. Entretanto, estes valores devem estar subestimados para o caso da área do PECB, que, por possuir uma diversidade maior de espécies arbóreas, terá um efeito de distorção maior que no PEIC (Floresta de Restinga) quando é considerada toda a área da parcela (de 10,24ha) e não apenas a área percorrida na turnê guiada. Para a Parcela Permanente do PECB (Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana), quando considerada apenas a área percorrida na turnê guiada (1,70ha), a porcentagem de espécies identificadas em relação ao total de espécies presentes na área do trajeto eleva-se para 67,78%.

A maior diversidade no conhecimento etnobotânico na área do PECB (Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana) também é evidenciada quando comparado o número de espécies arbóreas identificadas em cada parcela permanente amostrada e o número de nomes vernaculares atribuídos a estas espécies (Tabela 4). No geral, mais nomes vernaculares foram atribuídos por espécie na área de Carlos Botelho. Por outro lado, na Ilha do Cardoso (Floresta de Restinga), há um menor número de nomes vernaculares em relação ao número de espécies reconhecidas pelos informantes, indicando que, algumas vezes, um mesmo nome foi atribuído para mais de uma espécie. Estas tendências gerais podem refletir também uma menor coerência na identificação de espécies arbóreas na região do PECB.



Tabela 3. Medidas de diversidade para plantas arbóreas conhecidas e utilizadas nas duas Parcelas Permanentes de estudo (Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadual Carlos Botelho- PECB; Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso - PEIC).

	PEIC	PECB
Número de espécies (nomes vernaculares)	80	99
Número de citações	365	397
Inverso de Simpson (1/D)	30,12	44,94
Shannon-Wiener (base 10)	1,66	1,80
Equitabilidade	0,84	0,90

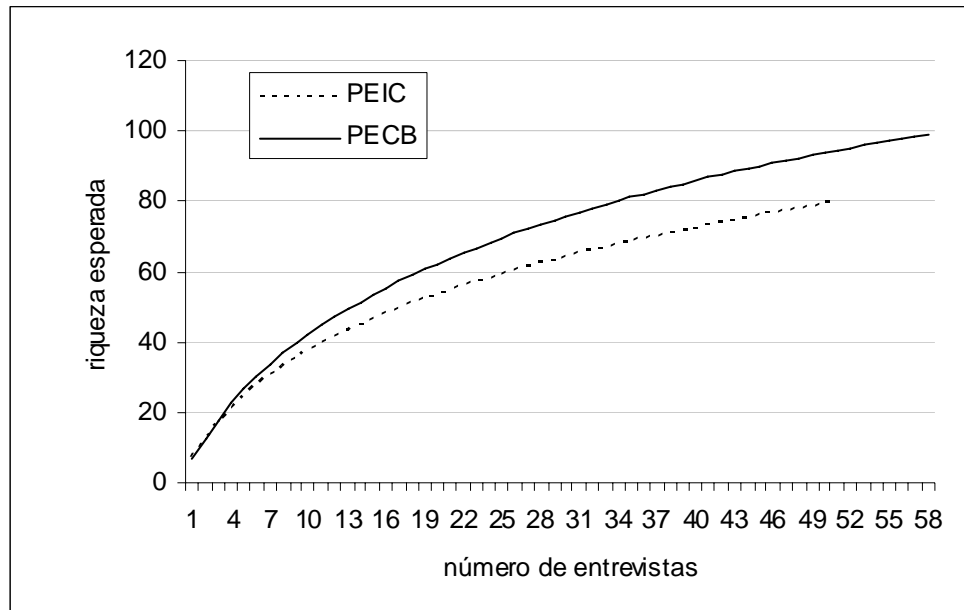


Figura 2. Curvas de rarefação para espécies arbóreas nativas citadas em 51 entrevistas no PEIC (Floresta de Restinga) e 58 entrevistas no entorno do PECB (Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana).

Tabela 4. Principais resultados obtidos através das turnês guiadas efetuadas nas Parcelas Permanentes de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB) e de Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC).

	PECB	PEIC
Número de informantes	7	4
Número de eventos de identificação	708	467
Número de espécies arbóreas identificadas	122	60
Número de espécies na parcela	221	119
Shannon-Wiener (base 10)	1,80	1,54
Porcentagem de espécies vernacularmente identificadas	55,20%	50,42%
Número de nomes vernaculares	182	52
Média de eventos de identificação por informante	101,14	116,75

## 4. Conclusões



A interação entre pessoas e plantas nas duas áreas de estudo é caracterizada por contextos sócio-econômicos diferenciados. A área do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, onde está alocada a Parcela Permanente de Floresta de Restinga, é habitada por moradores residentes no interior do próprio PEIC e que em parte dependem do Parque diretamente, seja como fornecedor de empregos diretos ou de renda indireta através do turismo. A relação entre os moradores locais e a Floresta de Restinga entre as comunidades do PEIC também é intermediada por este contexto sócio-econômico, principalmente quando contrastadas as comunidades voltadas para a região estuarina e as comunidades voltadas para o mar aberto (Miranda, 2006). Já a área do PECB, onde está alocada a Parcela Permanente de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana, não é uma região visada pelo turismo, e os moradores locais dedicam-se principalmente a atividades agropecuárias.

Apesar destas diferenças contextuais, uma análise comparativa da etnobotânica de espécies arbóreas e nativas entre as duas áreas de estudo evidencia o uso destas espécies para manufaturas, especialmente na área do PECB.

O conhecimento etnobotânico nas duas áreas estudadas reflete uma diversidade maior de espécies vegetais arbóreas e nativas conhecidas e utilizadas na região da floresta ombrófila densa quando comparada à região de floresta de restinga, subsidiando a hipótese de que a disponibilidade de espécies possui influência sobre as espécies que são de fato conhecidas e que são potencialmente utilizadas.

## **Agradecimentos**

Aos moradores entrevistados pela sua colaboração na pesquisa. À Luciana G. Araújo, Rogério Mazzeo, Mirella Cultrera, Elaine Zuchiwschi e Flávia C. Oliveira pela colaboração na coleta de dados, e a Vinícius C. Souza pela confirmação na identificação das espécies coletadas.

## **Referências Bibliográficas**

- Albuquerque, U. P.; Lucena, R. P. 2004. Métodos e técnicas na pesquisa etnobotânica. NUPEEA, Recife.
- Albuquerque, U. P.; Lucena, R. P. 2005. Can apparency affect the use of plants by local people in tropical forests? *Interciencia* 30 (8): 506-511.
- Alcorn, J. 1995. The scope and aims of ethnobotany in a Developing World. In: Schultes, R. E. e von Reis, S. (eds.). *Ethnobotany*. Dioscorides Press, Portland. pp. 23-39
- Alexiades, M. N. 1996. Selected guidelines for ethnobotanical research: a field manual. The New York Botanical Garden, New York.
- Balick, M. J. e Cox, P. A. 1997. *Plants, people and culture*. Scientific American Library, New York.
- Barros, F., Melo, M. M. R. F., Chiea, S. A. C., Kirizawa, M., Wanderley, M. G. L. e Jung-Mendaçolli, S. L. 1991. *Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso: Caracterização geral da vegetação e listagem das espécies ocorrentes*. Instituto de Botânica, São Paulo.



- Begossi, A. 1996. Use of ecological methods in ethnobotany: diversity indices. *Economic Botany* 50 (3): 280-289.
- Begossi, A., Leitão-Filho, H. F. e Richerson, P. J. 1993. Plant uses at Búzios Island. *Journal of Ethnobiology*, 13 (2): 233-256.
- Begossi, A.; Hanazaki, N.; Tamashiro, J. Y. 2002. Medicinal plants in the Atlantic Forest. *Human Ecology* 30 (3): 281-299.
- Berlin, B. 1992. *Ethnobiological Classification. Principles of Categorization of Plants and Animals in Traditional Societies*. Princeton University Press, Princeton.
- Bernard, H. R. 1995. *Research methods in anthropology: qualitative and quantitative approaches*. 2nd ed. Walnut Creek: Altamira press.
- Botany 50 (3): 280-289.
- De Grande, D. A. e Lopes, E. A. 1981. Plantas da restinga da Ilha do Cardoso (São Paulo, Brasil). *Hoehnea* 9: 1-22.
- Di Stasi, L. C., Oliveira, G. P., Carvalhaes, M. A., Queiroz-Junior, M., Tien, O.S., Kakinami, S. H.; Reis, M. S. 2002. Medicinal plants popularly used in the Brazilian Tropical Atlantic Forest. *Fitoterapia* 73: 69-91
- Etnobiológica Brasileira*, vol. 1. Vozes, Petrópolis. pp. 15-25.
- Felipim, A. P. 2001. O sistema agrícola Guarani Mbyá e seus cultivares de milho: um estudo de caso na aldeia Guarani da Ilha do Cardoso, município de Cananéia, SP. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP, Piracicaba.
- Ferraz, L. P. M. e Varjabedian, R. 1999. Evolução histórica da implantação e síntese das informações disponíveis sobre o Parque Estadual Carlos Botelho. SMA/CINP/IF/DRPE/PECB. Mimeo.
- Figueiredo, G. M., Leitão-Filho, H.F.; Begossi, A.. 1993. Ethnobotany of Atlantic Forest coastal communities: diversity of plants uses in Gamboa (Itacuruçá island, Brazil). *Human Ecology* 21(4): 419-430.
- Figueiredo, G. M., Leitão-Filho, H.F.; Begossi, A.. 1997. Ethnobotany of Atlantic Forest coastal communities: II. diversity of plant uses at Sepetiba bay (SE Brazil). *Human Ecology* 25(2): 353-360.
- Given, D. R. e Harris, W. 1994. *Techniques and methods of ethnobotany as an aid to the study, evaluation, conservation and sustainable use of biodiversity*. Commonwealth Secretariat, London.
- Hanazaki, N., Tamashiro, J. Y., Leitão-Filho, H. F., Begossi, A. 2000. Diversity of plant uses in two Caçara communities from Atlantic Forest coast, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 9: 597-615.
- Hanazaki, N.; Leitão-Filho, H.F.; Begossi, A. 1996. Uso de recursos na Mata Atlântica: o caso da Ponta do Almada (Ubatuba, Brasil). *Interciencia* 21(6): 268-276.
- Hanazaki, N.; Souza, V.C.; Rodrigues, R.R. Ethnobotany of a non-traditional rural people from the boundaries of an Atlantic Forest Park, Brazil. Submetido. *Biodiversity and Conservation*.
- IBGE. 1992. *Manual Técnico da vegetação brasileira*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.
- Mendonça, A. L. F. 2000. A Ilha do Cardoso: o Parque Estadual e os moradores. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP, Piracicaba.
- Milanelo, M. 1992. Comunidades tradicionais do Parque Estadual da Ilha do Cardoso e a ameaça do turismo emergente. In: *Anais do 2o Congresso Nacional sobre Essências Nativas*. IF/SMA, São Paulo. Pp. 1109-1111.
- Minnis, P. (ed.) 2000. *Ethnobotany: a reader*. University of Oklahoma Press, Norman.



- Miranda, T. M. 2006. Etnobotânica de restinga em comunidades da Ilha do Cardoso (SP) e da Ilha de Santa Catarina (SC). Dissertação de Mestrado (Biologia Vegetal). UFSC, Florianópolis.
- Paoliello, R. M. 1992. Conflitos fundiários na Baixada do Ribeira: a posse como direito e estratégia de apropriação. Dissertação de Mestrado. IFCH/UNICAMP, Campinas.
- Plotkin, M. J. 1995. The importance of ethnobotany for tropical forest conservation. In: Schultes, R. E., von Reis, S. (eds.), *Ethnobotany*. Dioscorides Press, Portland, pp. 147-156.
- Posey, D. A. 1987. Etnobiologia: teoria e prática. In: Ribeiro, B. (coord.). *Suma*
- Prance, G. T. 1995. Ethnobotany today and in the future. In: Schultes, R. E. e von Reis, S. (eds.). *Ethnobotany*. Dioscorides Press, Portland. pp. 60-68
- Rossato, S. C., Leitão-Filho, H. F. E Begossi, A. 1999. Ethnobotany of caíçaras of the Atlantic Forest coast (Brazil). *Economic Botany* 53 (3): 377-385.
- São Paulo (Estado) 1998. Planos de Manejo das Unidades de Conservação. Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Fase 1 – Plano de Gestão Ambiental. SMA, São Paulo.
- Schaeffer-Novelli, Y. Mesquita, H. S. L. e Cintrón-Molera, G. 1990. The Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. *Estuaries* 13 (2): 193-203.
- Schultes, R. E., von Reis, S. (eds.) 1995. *Ethnobotany*. Dioscorides Press, Portland
- Veloso, H.P. e Góes-Filho, L. 1982. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da vegetação Neotropical. In *Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL (Série Vegetação)*. Ministério das Minas e Energia, Salvador. pp.1- 86.
- Voeks, R. . A. 1996. Tropical forest healers and habitat preference. *Economic Botany* 50(4): 381-400.
- Williams, V.L.; Witkowski, E.T.F.; Balkwill, K. 2005. Application of diversity indices to appraise plant availability in the traditional medicinal markets of Johannesburg, South Africa. *Biodiversity and Conservation* 14 (12): 2971-3001





## PARTE VIII – PERSPECTIVAS

<b>1. NOVAS ABORDAGENS E CONTINUIDADE DO PROJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NOVOS PROJETOS .....</b>	<b>2</b>
2.1 ANFÍBIOS EM PARCELAS PERMANENTES E SUA APLICAÇÃO COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL .....	2
2.1.1. <i>Declínios Populacionais</i> .....	2
2.1.2. <i>Os Anfíbios como Bioindicadores da Qualidade do Ambiente</i> .....	3
2.1.3. <i>Os Anfíbios em Ambientes Florestais</i> .....	4
2.1.4. <i>O Projeto “Anfíbios nos 40,96ha de Parcelas Permanentes”</i> .....	5
<i>Bibliografia</i> .....	6
2.2 O ESTUDO DE INTERAÇÕES ENTRE INSETOS E FRUTOS EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS .....	10
2.2.1. <i>Introdução</i> .....	10
2.2.1.1. <i>A importância das interações entre insetos e plantas</i> .....	10
2.2.1.2. <i>Insetos fitófagos, plantas hospedeiras, frutos e sementes</i> .....	11
2.2.2. <i>Contextualização Teórica</i> .....	13
2.2.2.1. <i>Estudo de comunidades – diversidade, escalas regionais e locais</i> .....	13
2.2.2.2. <i>Hipóteses sobre diversidade baseadas em interações herbívoro-planta</i> .....	14
2.2.2.3. <i>Interações tróficas, matrizes de associação e redes complexas</i> .....	14
2.2.3. <i>Como estudar interações entre insetos e frutos?</i> .....	16
2.2.3.1. <i>Frutos: do campo ao laboratório</i> .....	16
2.2.3.2. <i>E se não trabalhamos com frutos?</i> .....	17
2.2.3.3. <i>Insetos: dos frutos às coleções</i> .....	17
2.2.4. <i>Contribuições para o projeto Parcelas Permanentes</i> .....	18
2.2.4.1. <i>Pesquisas de interações em projetos de Parcelas Permanentes</i> .....	18
2.2.4.2. <i>Contribuições para o projeto “40ha de Parcela Permanentes”</i> .....	20
<i>Agradecimentos</i> .....	21
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	21
2.3. O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA E ESTOQUE DE CO <sub>2</sub> NAS PARCELAS PERMANENTES DE CERRADO, CERRADÃO E DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL: ESBOÇO METODOLÓGICO .....	25
2.3.1. <i>Introdução</i> .....	25
2.3.2. <i>Materiais e Métodos</i> .....	27
2.3.2.1. <i>Áreas de estudo</i> .....	27
2.3.2.2. <i>Dados fitossociológicos</i> .....	27
2.3.2.3. <i>Dados de sensoriamento remoto</i> .....	28
2.3.2.3.1. <i>O satélite CBERS-II</i> .....	28
2.3.2.3.2. <i>O satélite QuickBird</i> .....	29
2.3.2.4. <i>Métodos e forma de análise dos resultados</i> .....	29
2.3.2.4.1. <i>Aquisição dos dados e estimativa de biomassa</i> .....	30
2.3.2.4.2. <i>Pré-processamento das imagens</i> .....	31
2.3.2.4.3. <i>Análise dos dados</i> .....	31
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	32
2.4. AVALIAÇÃO DE MÉTODOS FITOSSOCIOLÓGICOS POR MEIO DE SIMULAÇÕES PARA UM TRECHO DE CERRADÃO NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ASSIS, SP. ....	34
2.4.1. <i>Resumo</i> .....	34
2.4.2. <i>Introdução</i> .....	34
2.4.3. <i>Material e Método</i> .....	38



2.4.4. <i>Forma de Análise dos Resultados</i> .....	39
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	39
2.5. RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL (VEGETAÇÃO E CLIMA) NOS PARQUES ESTADUAIS DA ILHA DO CARDOSO E CARLOS BOTELHO-SP DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO.....	41
<i>Resumo</i> .....	41
2.5.1. <i>Introdução</i> .....	41
2.5.2. <i>Isótopos estáveis do carbono (<math>^{12}\text{C}</math>, <math>^{13}\text{C}</math>) e datação por <math>^{14}\text{C}</math> em estudos de reconstrução paleoambiental</i> .....	43
2.5.2.1. <i>Isótopos estáveis do carbono</i> .....	43
2.5.2.1.1. <i>Fracionamento isotópico pelas plantas <math>\text{C}_3</math></i> .....	43
2.5.2.1.2. <i>Fracionamento isotópico pelas plantas <math>\text{C}_4</math></i> .....	43
2.5.2.1.3. <i>Fracionamento isotópico pelas plantas CAM</i> .....	44
2.5.2.1.4. <i>Fracionamento isotópico da MOS</i> .....	44
2.5.2.2. <i>Carbono 14</i> .....	44
2.5.2.2.1. <i>Formação do radionuclídeo <math>^{14}\text{C}</math> na atmosfera</i> .....	44
2.5.2.2.2. <i>Ciclo do <math>^{14}\text{C}</math></i> .....	45
2.5.3. <i>Palinologia do Quaternário como indicadora de trocas de vegetação e clima</i> .....	47
2.5.4. <i>Estudo paleoambiental nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e Carlos Botelho</i> ...	49
2.5.4.1. <i>Metodologia</i> .....	49
2.5.4.1.1. <i>Vegetação</i> .....	49
2.5.4.1.2. <i>Solos</i> .....	49
2.5.4.1.3. <i>Solos do mangue</i> .....	51
2.5.5. <i>Considerações finais</i> .....	54
2.5.6. <i>Referências bibliográficas</i> .....	54



# 1. Novas abordagens e continuidade do projeto

Ricardo Ribeiro Rodrigues & Natália Macedo Ivanauskas

Nesses primeiros quatro anos do projeto, todo o esforço foi no sentido de instalação dos 40,96ha de Parcelas Permanentes em fragmento protegidos em Unidades de Conservação das 4 (quatro) principais formações florestais do estado de São Paulo, com 10,24ha em cada, sendo: Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Floresta Ombrófila Densa submontana no Parque Estadual de Carlos Botelho, Floresta Estacional Semidecidual na Estação Ecológica de Caetetus e Cerradão na Estação Ecológica de Assis.

Os primeiros trabalhos foram principalmente de caracterização dessas quatro parcelas, tanto do meio físico, como do biótico. Então nessa primeira fase, no meio físico, foram realizados levantamentos ultradetalhados do solo de cada parcela, do relevo, da dinâmica da água no solo das parcelas, da luz nas várias situações florestais das quatro parcelas, da geologia e geomorfologia regional, onde estão inseridas as parcelas. No meio biótico foi realizada a caracterização da vegetação ocorrente em cada parcela, considerando os arbustos e árvores acima de 15cm de PAP (perímetro na altura do peito) nas quatro parcelas, as epífitas nas quatro parcelas, as lianas em três parcelas, e mais recentemente as ervas de uma das parcelas. Ainda no meio biótico foi feita a caracterização dos microorganismos de solo e folhas de duas das quatro parcelas.

Ainda dentro da linha da caracterização, iniciaram mais no final dessa primeira fase do projeto Parcelas Permanentes, os trabalhos de caracterização da fauna ocorrente nas parcelas. Os primeiros trabalhos nessa linha estão sendo desenvolvidos com anfíbios, mas outros grupos de fauna devem iniciar essa caracterização, considerando que estamos falando de parcelas de 320x320m de tamanho, ou seja, com possibilidades restritas de caracterização da fauna nas parcelas, cuja caracterização tem visado principalmente grupos indicadores de habitats.

Paralelamente e posteriormente aos trabalhos de caracterização, iniciaram-se os trabalhos de ecologia, como os de caracterização silvigenica da vegetação das parcelas, o mapeamento e caracterização das árvores mortas e das clareiras, a produção e decomposição da serapilheira, o banco de sementes, alguns aspectos de biologia floral e reprodutiva das espécies ocorrentes nas clareiras e outros.

Mais recentemente iniciaram os trabalhos de interações do diversos fatores das parcelas permanentes, destacando os trabalhos de interação fruto e insetos, de vegetação e fatores ambientais (solo, água no solo, luz etc), de modelagens da vegetação em função de alterações ambientais etc. Essa nova fase de projetos de interações está ainda em andamento é que pretendemos reforçar nos próximos anos, em paralelo com projetos de ecologia experimental, usando as parcelas, com enfoque de ecologia funcional, tanto de comunidade como de populações. Vale ainda destacar que algumas lacunas continuam sendo levantadas e



equacionadas, como os trabalhos relacionados com caracterização genética de populações, os trabalhos de caracterização de outros grupos de fauna indicadora etc.

## 2. Novos projetos

### **2.1 Anfíbios em Parcelas Permanentes e sua Aplicação como Bioindicadores da Qualidade Ambiental**

Jaime Bertoluci

#### 2.1.1. Declínios Populacionais

O declínio global dos anfíbios, cujas primeiras evidências surgiram no final da década de 1980, é hoje uma hipótese seriamente considerada e testada nos trabalhos científicos, sendo apropriadamente simbolizada pela extinção do sapo-dourado da Costa Rica, *Bufo periglenes* (Pounds & Crump 1994). Depois de mais de 20 anos de estudos em diversas partes do mundo, concluiu-se que se trata de um problema complexo envolvendo a interação, ainda pouco conhecida, entre a sensibilidade especial dos membros do grupo (que o torna um bom indicador biológico) e variadas causas atuando isoladamente ou em conjunto. Alguns declínios puderam ser associados a causas locais, como perda de hábitat (Johnson, 1992; Waldick, 1997), poluição da água por pesticidas (Hall & Henry, 1992), chuva ácida (Clark, 1992; Dunson et al., 1992; Freda & Taylor, 1992), patógenos (Crawshaw, 1992; Blaustein et al., 1994a; Daszak, 1998; Collins, 2003), introdução de espécies exóticas (Moyle, 1973; Hayes & Jennings, 1986) e consumo humano (Blaustein & Wake, 1990). O aquecimento global (Herman & Scott, 1992; Ovaska, 1997), o aumento da radiação ultravioleta (Blaustein et al., 1994b; Blaustein & Wake, 1995; Ovaska, 1997; Jablonski, 1998) e o comércio internacional (Tyler, 1997) podem ser consideradas causas globais. Causas complexas, que envolvem a interação de vários fatores, também já foram apontadas como responsáveis por alguns declínios (Klesecker et al., 2001). Evidências quantitativas dos declínios forma obtidas em alguns poucos casos (e.g. Houlahan et al. 2000).

Revisões recentes sobre declínios de anfíbios podem ser encontradas em Lips et al. (2000), para a América Latina, e Semlitsch (2003a), para todo o mundo, e o estado de conservação de todas as espécies brasileiras foi avaliado em 2003 durante o Global Amphibian Assessment Review Workshop – Tropical South America an East of the Andes, dedicado a atualizar a situação dos anfíbios em uma escala mundial (<http://www.globalamphibians.org/>).

No Brasil, foram encontradas evidências de declínio ou extinção de populações de anuros em algumas áreas de Mata Atlântica do sudeste, incluindo Santa Tereza, no Espírito Santo (Weygoldt, 1989), e Serra do Japi (Haddad & Sazima, 1992) e Boracéia (Heyer et al., 1988, 1990; Bertoluci & Heyer, 1995, Bertoluci et al. 2005), em São Paulo, mas os dados para todas essas localidades ainda são muito escassos e preliminares para que sejam considerados sugestivos. Deve-se salientar a necessidade do desenvolvimento de estudos de longa-duração, pois



flutuações temporais naturais entre extremos de tamanho populacional já foram demonstradas para vários anfíbios em estudos com essa característica (Pechman et al., 1991).

### 2.1.2. Os Anfíbios como Bioindicadores da Qualidade do Ambiente

Em Biologia da Conservação, os bioindicadores são usados na avaliação da magnitude de perturbações antrópicas, no monitoramento de tendências populacionais de outras espécies e na identificação de áreas de alta diversidade regional (Caro & O'Doherty 1999, Niemi & McDonald 2004).

Certas características da biologia dos anfíbios – como a posse de uma pele permeável, a postura de ovos e embriões pouco protegidos em massas gelatinosas transparentes, a presença de um estágio larval livre-natante em seu ciclo de vida, sua intensa filopatria (fidelidade de hábitat, reduzida capacidade de dispersão, áreas domiciliares pequenas), a utilização de um largo espectro de habitats através de um contínuo entre o ambiente terrestre e o ambiente aquático, certos aspectos de sua biologia populacional (incluindo uma vida longa em populações relativamente estáveis), a complexidade de suas interações nas comunidades e a facilidade de estudo – tornam-nos bioindicadores particularmente sensíveis da qualidade ambiental, respondendo rapidamente a fatores como fragmentação do hábitat, alterações hidrológicas e na química da água de ambientes aquáticos, contaminação do ar e da água e variações climáticas de larga escala (Vitt et al. 1990, Wake & Morowitz 1991, Skelly 1996, Wake 1998, Sparling et al. 2000, U.S. EPA 2002, Andreani et al. 2003).

A fragmentação da floresta pode influenciar diretamente a diversidade de anfíbios. O tamanho do fragmento está positivamente correlacionado com o número de espécies, e alguns táxons, por serem mais sensíveis a variações microclimáticas, podem ser usados como bioindicadores com maior propriedade (Vallan 2000).

O desmatamento exerce diferentes efeitos sobre as comunidades de anfíbios de florestas tropicais, como o aumento (Heang et al. 1996, Pearman 1997) ou a diminuição da riqueza em espécies de certos táxons (Pearman 1997) e a diminuição da abundância (Lang 2000).

Os anfíbios são indicadores particularmente efetivos de alterações em ambientes aquáticos, incluindo o aporte de sedimentos finos (Bury & Corn 1988, Corn & Bury 1989, Welsh & Ollivier 1998), a contaminação por metais pesados e poluentes de diferentes origens (Pollet & Bendell-Young 2000, Hofer et al. 2005, Relyea 2005) e o aumento da temperatura da água (Welsh 1990). As altas concentrações de alguns poluentes podem induzir severas deformidades nos girinos, como a intensa redução das estruturas orais usadas na alimentação, que podem atingir até 96% dos indivíduos de uma população e diminuir sua taxa de crescimento por meio da redução de sua capacidade de forrageio (Christopher et al. 1996).

Mudanças climáticas globais podem provocar mudanças na fenologia de espécies de diferentes grupos (McCarty 2001), incluindo as épocas reprodutivas dos anuros (Beebee 1995).



Muitos estudos demonstraram de forma conclusiva que valores muito baixos de pH podem ter importantes efeitos ecológicos sobre as comunidades de anfíbios. As deformações e a mortalidade impostas aos anfíbios que se desenvolvem em ambientes ácidos variam dentro e entre espécies e dependem de sua interação com outros parâmetros físicos, químicos e biológicos (Pierce 1993). Contudo, há evidências de que essa sensibilidade extrema a ambientes acidificados não se estende à vida adulta. Rana temporaria, por exemplo, é capaz de suportar valores de pH tão baixos quanto 4,0 (Pasanen et al. 1998).

Estimativas da atividade de vocalização dos anuros em ambientes aquáticos de reprodução para fins de avaliação e monitoramento populacional (Scott & Woodward 1994, Zimmerman 1994) constituem-se em um método relativamente simples capaz de gerar dados de boa qualidade (e.g. Bridges and Dorcas 2000). A relação positiva (esperada) entre os índices de vocalização e o tamanho populacional foi validada pelo uso de técnicas de marcação e recaptura (Shirose et al. 1997, Driscoll 1998).

### 2.1.3. Os Anfíbios em Ambientes Florestais

As florestas tropicais abrigam as maiores diversidades de espécies de anfíbios anuros conhecidas (Crump 1971, 1974; Duellman 1978, 1988, 1999; Heyer et al. 1990; Bertoluci 1998). Os anfíbios são importantes consumidores terciários ou quaternários em ecossistemas florestais (Steward & Woolbright 1996). Estudos recentes demonstraram que os anfíbios da serapilheira exercem um controle substancial da densidade de suas presas, desempenhando, assim, um importante papel na regulação da dinâmica de nutrientes da floresta (Wyman 1998, Beard et al. 2002). A importância desse papel é reforçada pela grande abundância local que esses animais podem apresentar em alguns ecossistemas (Burton & Likens 1975, Petranka 1998), por seu efeito direto sobre o fluxo de nutrientes, na forma do consumo substancial de fitoplâncton durante a fase larvária (Seale 1980), e por sua função, ímpar entre os vertebrados, no transporte de nutrientes entre os ecossistemas aquáticos e terrestres (Semlitsch 2003b).

Estimativas precisas das densidades de anfíbios de serapilheira são, desse modo, necessárias para a compreensão da estrutura e da dinâmica dos ecossistemas florestais (e.g. Huang & Hou 2004), além de servirem como base para o monitoramento dos anfíbios e para estudos ecológicos que pretendam investigar o papel de diversos fatores na organização das comunidades naturais. Entre os métodos capazes de fornecer essas informações, podemos incluir a procura visual, transectos auditivos, armadilhas-de-queda e amostragem por parcelas (Heyer et al. 1994), este último já usado com sucesso tanto em florestas temperadas como tropicais (Lloyd et al. 1968, Scott 1976, Inger 1980, Toft 1980, Fauth et al. 1989, Allmon 1991, Rocha et al. 2001, Vonesh 2001, Huang & Hou 2004).

As relações precisas que os anfíbios mantêm com a estrutura da floresta ainda são muito pouco compreendidas. Entre os fatores que influenciam a distribuição dos anfíbios no mosaico florestal, destaca-se o regime de luz associado às características do dossel.



Skelly e colaboradores (2002) demonstraram que os gradientes formados pelo dossel podem agir como filtros para a distribuição das larvas de anfíbios entre as lagoas da floresta. Em outro estudo, desenvolvido nas wetlands do nordeste de Connecticut (EUA), a riqueza de espécies de anfíbios foi baixa na maioria das 17 lagoas temporárias estudadas (relativamente sombreadas) e maior em áreas mais iluminadas (Skelly et al. 2005). As espécies comportaram-se como especialistas-de-dossel-aberto ou como generalistas. Experimentos de translocação usando girinos de espécies desses dois grupos mostraram que o desenvolvimento dos generalistas foi menos afetado pelos níveis de iluminação da lagoa do que o dos especialistas. Essas descobertas sugerem que o dossel das florestas pode exercer uma forte influência sobre os padrões de diversidade de anfíbios.

Por outro lado, um dossel fechado é necessário à manutenção das temperaturas e umidades adequadas ao desenvolvimento embrionário e larval de muitos anfíbios de riacho da região temperada (Corn et al. 2003) e de espécies neotropicais cujos ovos, embriões e/ou larvas desenvolvem-se total ou parcialmente no ambiente terrestre, como é o caso dos anuros de diferentes linhagens dos gêneros *Adenomera* (Heyer 1973), *Brachycephalus* (Pombal et al. 1994), *Cycloramphus* (Haddad & Sazima 1989, Verdade & Rodrigues 2003) e *Eleutherodactylus* (Lynn & Lutz 1946). Em um estudo na Amazônia Equatoriana, Pearman (1997) mostrou que a riqueza de espécies de anuros do gênero *Eleutherodactylus* diminuiu em áreas que sofreram desmatamento, presumivelmente devido à falta das condições microclimáticas citadas acima.

#### 2.1.4. O Projeto “Anfíbios nos 40,96ha de Parcelas Permanentes”

Este projeto tem por finalidade o estudo da composição de espécies e de aspectos da ecologia dos anfíbios das quatro Parcelas Permanentes, de 10,24ha cada, alocadas em Floresta de Restinga (Parque Estadual da Ilha do Cardoso), Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana (Parque Estadual de Carlos Botelho), Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica de Caetetus) e Cerradão (Estação Ecológica de Assis), pelo projeto temático: “40ha de Parcelas Permanentes”. Por meio de procura visual no interior das parcelas e da estimativa do número de machos em atividade de vocalização em ambientes aquáticos previamente selecionados, pretende-se, ao longo de 22 meses de trabalho de campo, estimar a biodiversidade de anfíbios em cada área de estudo e obter dados sobre sua distribuição espacial e temporal e sobre as estações reprodutivas dos anuros.

Além de contribuir para o aumento do conhecimento da anurofauna das florestas paulistas, as informações obtidas (padrões de vocalização e presença e abundância de espécies de folheto nas parcelas) formarão um banco de dados que poderão ser utilizados como base para o monitoramento futuro de populações selecionadas com vistas à detecção de possíveis alterações populacionais. Serão detectadas espécies mais adequadas para servirem como bioindicadoras do estado de conservação das áreas de estudo e dos fragmentos adjacentes.



As análises de correlação entre parâmetros físicos e da vegetação e a riqueza e abundância de anfíbios no interior das parcelas lançarão luz sobre a importância relativa de fatores que mantêm a diversidade de anfíbios em ambientes florestais.

## Bibliografia

- Allmon, W. D. 1991. A plot study of forest floor litter frogs, Central Amazon, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7: 503-522.
- Andreani, P., F. Santucci & G. Nascetti. 2003. Le rane verdi del complesso *Rana esculenta* come bioindicatori della qualità degli ambienti fluviali italiani. *Biologia Ambientale* 17: 35-44.
- Beard, K. H., K. A. Vogt & A. Kulmatiski. 2002. Top-down effects of a terrestrial frog on forest nutrient dynamics. *Oecologia* 133: 583-593.
- Beebe, T. J. C. 1995. Amphibian breeding and climate. *Nature* 347: 219-220.
- Bertoluci, J. 1998. Annual patterns of breeding activity in Atlantic Rainforest anurans. *Journal of Herpetology* 32: 607-611.
- Bertoluci, J. & W. R. Heyer. 1995. Boracéia update. *Froglog* 14: 2-3.
- Bertoluci, J., V. K. Verdade, M. T. Rodrigues, D. Pavan, N. Liou & M. C. Lange. 2005. Anuros da Estação Biológica de Boracéia (EBB): 25 anos após declínios. Resumo do II Congresso Brasileiro de Herpetologia. Belo Horizonte.
- Blaustein, A. R. & D. B. Wake. 1990. Declining amphibian populations: a global phenomenon? *Trends in Ecology and Evolution* 5: 203-204.
- Blaustein, A. R. & D. B. Wake. 1995. The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American* 272: 52-57.
- Blaustein, A. R., D. B. Wake & W. P. Sousa. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology* 8: 60-71.
- Blaustein, A. R., D. G. Hokit & R. K. O'Hara. 1994a. Pathogenic fungus contributes to amphibian losses in the Pacific Northwest. *Biological Conservation* 67: 251-254.
- Blaustein, A. R., P. D. Hoffman, D. G. Hokit, J. M. Kiesecker, S. C. Walls & J. B. Hays. 1994b. UV repair and resistance to solar UV-B in amphibian eggs: A link to population declines? *Proceedings of the National Academy of Science, USA* 91: 1791-1795.
- Bridges, A. S. & M. E. Dorcas. 2000. Temporal variation in anuran calling behavior: implications for surveys and monitoring programs. *Copeia* 2000: 587-592.
- Burton, T. M. & G. E. Likens. 1975. Salamander populations and biomass in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Copeia* 1975: 541-546.
- Bury, R. B. & P. S. Corn. 1988. Responses of aquatic and streamside amphibians to timber harvest: a review. Pp. 165-181 in K. J. Raedeke (ed.), *Streamside management: riparian wildlife and forestry interactions*. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, Washington, USA.
- Caro, T. M. & G. O'Doherty. 1999. On the use of surrogate species in Conservation Biology. *Conservation Biology* 13: 805-.
- Christopher, R. L., O. M. Kinney, A. P. Fiori, J. D. Congdon & C. L. Rowe. 1996. Oral deformities in tadpoles (*Rana catesbeiana*) associated with coal ash deposition: effects on grazing ability and growth. *Freshwater Biology* 36: 723-730.
- Clark, K. L. 1992. Monitoring the effects of acidic deposition on amphibian populations in Canada. Pp. 63-66 in C. A. Bishop & K. E. Pettit (eds.), *Declines in Canadian Amphibian Populations: Designing a National Monitoring Strategy*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.





- Collins, J. P. 2003. Pathogens and amphibian declines. *Froglog* 55: 1-2.
- Corn, P. S. & R. B. Bury. 1989. Logging in Western Oregon: responses of headwater habitats and stream amphibians. *Forest Ecology and Management* 29: 39-57.
- Corn, P. S., R. B. Bury & E. J. Hyde. 2003. Conservation of North American stream amphibians. Pp. 24-36 in R. D. Semlitsch (ed.), *Amphibian Conservation*. Smithsonian Books. Washington. 324 pp.
- Crawshaw, G. J. 1992. The role of disease in amphibian decline. Pp. 60-62 in C. A. Bishop & K. E. Pettit (eds.), *Declines in Canadian Amphibian Populations: Designing a National Monitoring Strategy*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Crump, M. L. 1971. Quantitative analysis of the ecological distribution of a tropical herpetofauna. *Occasional Papers of the Museum of Natural History of the University of Kansas* 3: 1-62.
- Crump, M. L. 1974. Reproductive strategies in a tropical anuran community. *Miscellaneous Publications of the Museum of Natural History of the University of Kansas* 61: 1-68.
- Daszak, P. 1998. A new fungal disease associated with amphibian population declines: recent research put into perspective. *British Herpetological Society Bulletin* 65:38-41.
- Driscoll, D. 1998. Counts of calling males as estimates of population size in the endangered frogs *Geocrina alba* and *G. vitellina*. *Journal of Herpetology* 32: 475-481.
- Duellman, W. E. 1978. The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. *Miscellaneous Publications of the Museum of Natural History of the University of Kansas* 65: 1-352.
- Duellman, W.E., 1988, Patterns of species diversity in anuran amphibians in the american tropics. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 79-104.
- Duellman, W. E. 1999. Distribution patterns of amphibians in South America. Pp. 255–328 in W. E. Duellman (ed.), *Patterns of Distribution of Amphibians – a global perspective*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- Duellman, W. E. & L. Trueb. 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill Book Co., New York. 670 pp.
- Dunson, W. A., R. L. Wyman & E. S. Corbett. 1992. A symposium on amphibian declines and habitat acidification. *Journal of Herpetology* 26: 349-352.
- Fauth, J. E., B. I. Crother & J. B. Slowinski. 1989. Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 21: 178-185.
- Freda, J. & D. H. Taylor. 1992. Behavioral response of amphibian larvae to acidic water. *Journal of Herpetology* 26: 429-433.
- Haddad, C. F. B. & I. Sazima. 1989. A new species of *Cycloramphus* from southeastern Brazil (Amphibia, Leptodactylidae). *Herpetologica* 45: 425-429.
- Haddad, C. F. B. & I. Sazima. 1992. Anfíbios anuros da Serra do Japi, Pp.188-211 in L. P. C. Morellatto (org.), *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/FAPESP, Campinas.
- Hall, R. J. & P. Henry. 1992. Assessing effects of pesticides on amphibians and reptiles - status and needs. *Herpetological Journal* 2: 65-71.
- Hayes, M. P. & M. R. Jennings. 1986. Decline of ranid frog species in Western North America: are bullfrogs (*Rana catesbeiana*) responsible? *Journal of Herpetology* 20: 490-509.
- Heang, K. B., L. B. Liat & M. R. K. Lambert. 1996. To determine the effects of logging and conversion of primary forests to tree crop plantations on herpetofaunal diversity in Peninsular Malaysia. *Conservation, Management and Development of Forest Resources* 1996: 126-140.



- Herman, T. B. & F. W. Scott. 1992. Assessing the vulnerability of amphibians to climatic warming. Pp. 46-49 in C. A. Bishop & K. E. Pettit (eds.), *Declines in Canadian Amphibian Populations – designing a national monitoring strategy*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Heyer, W. R. 1973. Systematics of the marmoratus group of the frog genus *Leptodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae). *Los Angeles Co. Museum Contributions in Science* 251: 1-50.
- Heyer, W. R., A. S. Rand, C. A. G. Cruz & O. L. Peixoto. 1988. Decimations, extinctions, and colonizations of frog populations in southeast Brazil and their evolutionary implications. *Biotropica* 20: 230-235.
- Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, M. S. Foster, L. A. C. Hayek. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: standard methods for amphibians*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press.
- Heyer, W. R., A. S. Rand, C. A. G. Cruz, O. L. Peixoto & C. E. Nelson. 1990. Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia, São Paulo* 31: 231-410.
- Houlahan, J. E., C. S. Findlay, B. R. Schmidt, A. H. Meyer & S. L. Kuzmin. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404: 752-755.
- Huang, C.-Y. & P.-C. L. Hou. 2004. Density and diversity of litter amphibians in a monsoon forest of Southern Taiwan. *Zoological Studies* 43 (4): 795-802.
- Hofer, R., R. Lackner & G. Lorbeer. 2005. Accumulation of toxicants in tadpoles of the Common Frog (*Rana temporaria*) in High Mountains. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 49: 192-199.
- Inger, R. F. 1980. Densities of floor-dwelling frogs and lizards in lowland forests of Southeast Asia and Central America. *American Naturalist* 115: 761-770.
- Jablonski, N. G. 1998. Ultraviolet light-induced neural tube defects in amphibian larvae and their implications for the evolution of melanized pigmentation and declines in amphibian populations. *Journal of Herpetology* 32: 455-457.
- Johnson, B. 1992. Habitat loss and declining amphibian populations. Pp. 71-75 In C. A. Bishop & K. E. Pettit (eds.), *Declines in Canadian Amphibian Populations: Designing a National Monitoring Strategy*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Kleseker, J. M., A. R. Blaustein & L. K. Belden. 2001. Complex causes of amphibian population declines. *Nature* 410: 681-684.
- Lang, D. A. 2000. What is the impact of conventional logging on anuran diversity and abundance in the Bulungan research forest, East Kalimantan? Report for the Center of International Forestry Research. Bogor, Indonesia. 49 pp.
- Lips, K., B. Young, J. Reaser, R. Ibáñez & A. Salas. 2000. Amphibian declines in Latin America: Workshops to design a monitoring protocol and database. *Froglog* 37: 1-4.
- Lloyd, M., R. F. Inger & F. W. King. 1968. On the diversity of reptile and amphibian species in a Bornean rain forest. *American Naturalist* 102: 497-515.
- Lynn, W. G. & B. Lutz. 1946. The development of *Eleutherodactylus guentheri* Stdnr., 1864 (Salientia). *Boletim do Museu Nacional* 71: 1-46.
- McCarty, J. P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15: 320-331.
- Moyle, P. B. 1973. Effects of introduced bullfrogs, *Rana catesbeiana*, on the native frogs of the San Joaquin Valley, California. *Copeia* 1973: 18-22.
- Niemi, G. J. & M. E. McDonald. 2004. Application of ecological indicators. *Annual Review on Ecology, Evolution and Systematics* 35: 89-111.
- Ovaska, K. 1997. Vulnerability of amphibians in Canada to global warming and increased solar ultraviolet radiation. Pp. 206-225 in D. M. Green (ed.), *Amphibians in Decline: Canadian Studies of a Global Problem*. SSAR, ST. Louis.



- Pasanen, S., M. Laitinen & T. Aleonen. 1998. Effects of pH on the wintering of the common frog (*Rana temporaria* L.). *Annals Zoological Fennici* 35: 29-36.
- Pearman, P. B. 1997. Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology* 11: 1211-1225.
- Pechmann, J. H. K., D. E. Scott, R. D. Semlitsch, J. P. Caldwell, L. J. Vitt & J. W. Gibbons. 1991. Declining amphibians populations: the problem of separating human impacts from natural fluctuations. *Science* 253: 892-895.
- Petranka, J. W. 1998. Salamanders of the United States and Canada. Smithsonian Press, Washington, DC. 587 pp.
- Pierce, B. A. 1993. The effects of acid precipitation on amphibians. *Ecotoxicology* 2: 65-77.
- Pollet, I. & L. I. Bendell-Young. 2000. Amphibians as indicators of wetland quality in wetlands formed from oil sands effluent. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19: 2589-2597.
- Pombal, J.P., Jr., I. Sazima & C.F.B. Haddad. 1994. Breeding behavior of the Pumpkin Toadlet, *Brachycephalus ephippium* (Brachycephalidae). *Journal of Herpetology* 28: 516-519.
- Pounds, J. A. & M. L. Crump. 1994. Amphibian declines and climate disturbance: the case of the Golden Toad and the Harlequin Frog. *Conservation Biology* 8: 72-85.
- Relyea, R. 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications* 15: 618-627.
- Rocha, C. F. D., M. Van Sluys, M. A. S Alves, H. G. Bergallo & D. Vrcibradic. 2001. Estimates of forest floor litter frog communities: a comparison of two methods. *Austral Ecology* 26: 14-21.
- Scott, J. N., Jr. 1976. The abundance and diversity of the herpetofaunas of tropical forest litter. *Biotropica* 8: 41-58.
- Scott, N. J., Jr. & B. D. Woodward. 1994. Surveys at breeding sites. Pp. 118-124 in W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek & M. S. Foster (eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: standard methods for amphibians*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press.
- Seale, D. B. 1980. Influence of amphibian larvae on primary production, nutrient flux, and competition in a pond ecosystem. *Ecology* 61: 1531-1550.
- Semlitsch, R. D. (ed.). 2003a. *Amphibian Conservation*. Smithsonian Books. 324 pp.
- Semlitsch, R. D. 2003b. Introduction: General threats to amphibians. Pp. 1-23 in R. D. Semlitsch (ed.), *Amphibian Conservation*. Smithsonian Books. Washington. 324 pp.
- Shirose, L. J., C. A. Bishop, D. M. Green, C. J. MacDonald, R. J. Brooks & N. J. Helferty. 1997. Validation tests of an amphibian call count survey technique in Ontario, Canada. *Herpetologica* 53:12-320.
- Skelly, D. K. 1996. Pond drying, predators and the distribution of *Pseudacris* tadpoles. *Copeia* 1996: 599-605.
- Skelly, D. K., L. K. Freidenburg & J. M. Kiesecker. 2002. Forest canopy and the performance of larval amphibians. *Ecology* 83: 983-992.
- Skelly, D. K., M. A. Halversoni, L. K. Freidenburg & M. C. Urban. 2005. Canopy closure and amphibian diversity in forested wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 13 (3): 261-268.
- Sparling D. W., G. Linder & C. A. Bishop. 2000. *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*. Pensacola, SETAC Press.
- Stewart, M. M., & L. L. Woolbright. 1996. Amphibians. Pp. 273-320 in D. P. Reagan & R. B. Waide (eds.), *The Food Web of a Tropical Rain Forest*. Chicago, University of Chicago Press.
- Toft, C. A. 1980. Seasonal variation in populations of Panamanian litter frogs and their prey: a comparison of wetter and drier sites. *Oecologia* 47: 34-38.



- Tyler, M. 1997. Commercial trade in Australian Native Fauna. *Froglog* 23: 3.
- U.S. EPA. 2002. Methods for evaluating wetland condition: using amphibians in bioassessments of wetlands. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA-822-R-02-022.
- Vallan, D. 2000. Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature reserve of Ambohitantely, highland Madagascar. *Biological Conservation* 96: 31-43.
- Verdade, V. K. & M. T. U. Rodrigues. 2003. Description of a new species of *Cycloramphus* (Anura, Leptodactylidae) from Atlantic Forest, Brazil. *Herpetologica* 59: 513-518.
- Vitt, L. J., J. P. Caldwell, H. M. Wilbur & D. C. Smith. 1990. Amphibians as harbingers of decay. *Bioscience* 40: 418.
- Vonesh, J. R. 2001. Patterns of richness and abundance in a tropical African leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 33: 502-510.
- Wake, D. B. 1998. Action on amphibians. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 379-380.
- Waldick, R. 1997. Effects of forestry practices on amphibian populations in eastern North America. Pp. 191-205 In D. M. Green (ed.), *Amphibians in Decline: Canadian Studies of a Global Problem*. SSAR, ST. Louis.
- Welsh, H. H. Jr. 1990. Relictual amphibians and old-growth forests. *Conservation Biology* 4: 309-319.
- Welsh, H. H. Jr. & L. M. Ollivier. 1998. Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: A case study from California's Redwoods. *Ecological Applications* 8: 1118-1132.
- Weygoldt, P. 1989. Changes in the composition of mountain stream frog communities in the Atlantic Mountains of Brazil: frogs as indicators of environmental deteriorations? *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 243: 249-255.
- Wyman, R. L. 1998. Experimental assessment of salamanders as predators of detrital food webs: effects on invertebrates, decomposition and the carbon cycle. *Biodiversity and Conservation* 7: 641-650.
- Zimmerman, B. L. 1994. Audio strip transects. Pp. 118-124 in W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek & M. S. Foster (eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: standard methods for amphibians*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press.

## **2.2 O estudo de interações entre insetos e frutos em ecossistemas florestais**

Rafael D. Loyola  
Umberto Kubota  
Thomas M. Lewinsohn

### 2.2.1. Introdução

#### 2.2.1.1. A importância das interações entre insetos e plantas

Existem várias razões pelas quais interações entre insetos e plantas recebem uma grande atenção de biólogos e agrônomos. Atualmente reconhece-se que a relação entre insetos e plantas tem uma importância crucial para o conhecimento fundamental da biodiversidade terrestre (Schoonhoven et al. 1998). Note-se o fator quantitativo: plantas e insetos representam dois dos maiores taxa de organismos vivos, tanto em número de espécies quanto em biomassa total. A



biomassa de todos os insetos na Amazônia brasileira, por exemplo, supera a de todos os vertebrados terrestres em aproximadamente nove vezes (Holden 1989)!

Insetos herbívoros e plantas estão unidos por relações intrincadas. A vida animal não pode existir na ausência de plantas, as quais servem como fonte primordial de energia para quase todos os organismos heterotróficos. Em contrapartida, a longa exposição de plantas aos animais foi, supostamente, a principal causa do desenvolvimento de uma grande diversidade do primeiro grupo (Schoonhoven et al. 1998). Insetos com sua grande variação em forma e história de vida, provavelmente foram uma das forças moldadoras do reino vegetal. Tal papel foi proposto há algum tempo por Ehrlich & Raven (1964), os quais atribuíram à interface plantas-herbívoros (especialmente insetos) o título de a maior zona de interação para a geração da diversidade de formas de vidas terrestre no presente.

Price (2002) afirma que os recursos fornecidos pelas plantas são, claramente, a base para a espetacular irradiação adaptativa dos animais atualmente existentes. A dominância de plantas com flores (Angiospermae) pode ser explicada com base em relações mutualísticas entre plantas e seus polinizadores e dispersores de sementes (para detalhes ver Regal 1977): (1) a polinização por animais voadores permite a fecundação cruzada de plantas da mesma espécie, ainda que estejam distribuídas em manchas ou muito dispersas espacialmente, (2) a dispersão de sementes a longas distâncias por aves e morcegos leva à ocupação, por plantas, de manchas bastante dispersas, reduzindo a herbivoria e a predação de suas sementes, (3) esta dispersão de longa distância resultou em uma especialização de espécies de planta em microhabitats particulares, reduzindo mais ainda a herbivoria, a predação de sementes e a pressão exercida por parasitas, e por fim (4) as novas relações ecológicas estabelecidas por angiospermas resultaram em espécies colonizadoras com estruturas populacionais que contribuem para mudanças evolutivas rápidas, especiação e irradiação adaptativa.

A relação com plantas é fundamental para as diversas espécies animais, incluindo os insetos, que delas dependem, assim como para o Homem. Desde a remota praga de gafanhotos enviada a um Faraó no Egito, por desígnio divino, até as questões ambientais de hoje, o Homem, as plantas e os animais relacionam-se estreitamente entre si e continuarão a fazê-lo (Price 2002).

#### 2.2.1.2. *Insetos fitófagos, plantas hospedeiras, frutos e sementes*

O uso de hospedeiras por espécies de insetos fitófagos está geralmente restrito a plantas filogeneticamente próximas, muitas vezes de uma única família ou gênero (Strong et al. 1984, Bernays & Chapman 1994). Espécies de plantas taxonomicamente (ou filogeneticamente) relacionadas freqüentemente apresentam compostos químicos muito similares e podem ser incluídas como novas hospedeiras de um animal herbívoro mais facilmente que plantas não relacionadas (Southwood 1961b, Ehrlich & Raven 1964, Feeny 1975, Holloway & Herbert 1979). Os padrões filogenéticos levam a uma dependência estatística (autocorrelação) de caracteres biológicos entre espécies, ou seja, as espécies filogeneticamente mais próximas tendem a ser



mais parecidas para um dado caráter ou conjunto de caracteres distintos (Harvey & Pagel 1991, Jordano 1995, Diniz-Filho 2000). Esta tendência pode ser estendida para características ecológicas (Kelly & Purvis 1993, Rees 1993, Crawley et al. 1997) e até mesmo para as interações bióticas, mais especificamente para interações herbívoro-planta. Além disto, devido às características intrínsecas de cada comunidade (e.g., fenologia das plantas, abundância, distribuição espacial) apenas uma fração do conjunto de plantas hospedeiras potenciais é utilizada em cada momento e local (Strong et al. 1984, How et al. 1993, Singer & Parmesan 1993).

São raros os estudos que demonstram a relação entre insetos herbívoros e frutos em ecossistemas florestais. Estudos de insetos herbívoros de frutos carnosos, por exemplo, concentram-se em um grupo taxonômico de moscas herbívoras (Diptera: Tephritidae) – por ser o principal grupo que ataca este tipo de fruto (White & Elson-Harris 1992) – e de plantas de interesse comercial (e.g., Zucchi 2000a, 2000b, Uramoto 2002, Uramoto et al. 2004,). Sem contestar sua óbvia importância, estes estudos não fornecem informações que permitam construir redes detalhadas de interações entre herbívoros e plantas em comunidades locais. Tais redes são necessárias para uma análise das interações diretas e indiretas entre plantas e herbívoros, além de serem importantes devido ao limitado número de estudos de redes herbívoros-plantas realizados até hoje em comunidades tropicais (Godfray et al. 1999).

É importante ressaltar que, ao contrário da herbivoria de partes vegetativas, realizada por grande parte dos insetos fitófagos, comunidades de insetos predadores de sementes (e.g., insetos que atacam frutos secos) consomem propágulos, o que pode acarretar efeitos demográficos diretos (Janzen 1971). Além disto, esta guilda de insetos apresenta um alto nível de especialização, i.e., associa-se a uma só planta hospedeira, ou poucas espécies congênicas ou co-familiares que são utilizadas durante seu desenvolvimento (Janzen 1980a). Muitos sistemas planta-predadores de sementes têm sido estudados com enfoques em interações populacionais. Em âmbito comunitário, ao contrário dos estudos com outros herbívoros, até hoje o único estudo mais conhecido de uma guilda local de insetos predadores de sementes é o de Janzen (1980a), realizado em Guanacaste, Costa Rica.

Estudos em diversas escalas mostram a relação entre o número de espécies de insetos herbívoros associados às plantas hospedeiras com a distribuição geográfica (Southwood 1961a, Strong et al. 1977), arquitetura (Lawton 1983), a abundância local (Marquis 1991), quantidade de recursos produzidos (Cytrynowicz 1991, Basset 1996, Marques et al. 2000) e diversas outras características das espécies de hospedeiras (Strong et al. 1984, Kubota 2003, Lewinsohn et al. 2005). Enquanto isto, outros estudos com enfoque na entomofauna demonstram relação entre a distância taxonômica das hospedeiras e o grau de similaridade da fauna de herbívoros (Novotny et al. 2002b). Tais padrões podem ser influenciados pela filogenia, tanto das plantas hospedeiras quanto dos insetos herbívoros.



## 2.2.2. Contextualização Teórica

### 2.2.2.1. *Estudo de comunidades – diversidade, escalas regionais e locais*

A variação em riqueza de espécies entre comunidades locais dentro de uma única região parece ser o resultado de processos ecológicos também locais (interações entre espécies, heterogeneidade de habitats), ao passo que variações entre comunidades locais ao longo de diferentes regiões podem incorporar tanto processos locais como regionais (Tokeshi 1999). Se uma comunidade local representar uma amostra retirada de um grande conjunto (pool) regional de espécies, então a riqueza do pool regional restringirá a riqueza das comunidades locais. Com base em tal suposição, Cornell & Lawton (1992) propuseram que a riqueza (número de espécies) de diferentes localidades pode: (a) aumentar proporcionalmente com a respectiva riqueza regional – o que as caracteriza como comunidades insaturadas, nas quais a riqueza local é independente de interações bióticas; ou (b), que a riqueza em espécies de cada comunidade local aumenta até um determinado limite (de maneira assintótica), caracterizando-as como comunidades saturadas, nas quais a riqueza é limitada por interações bióticas.

A riqueza de espécies nos fornece uma importante base para a comparação entre comunidades; contudo, não é nada informativa a respeito da frequência relativa de cada espécie, i.e., o quão comuns ou raras algumas espécies são em determinadas comunidades. Portanto, a diversidade (medida que incorpora tais informações) pode ser mais informativa dependendo do tipo de estudo realizado (Morin 1999, Magurran 2003). Assim, a diversidade encontrada em um único local (ou habitat) é denominada diversidade alfa ( $\alpha$ ) (Whittaker 1975). Por outro lado, em uma escala regional, a substituição/mudança (turnover) na composição em espécies entre diferentes habitats, ou locais, também contribuirá com a diversidade de uma região. A diversidade beta ( $\beta$ ) é este componente interhabitat da diversidade (Morin 1999), mas também pode ser considerada como uma taxa de reposição de espécies entre localidades (com o mesmo tipo de habitat; Magurran 2003), ou entre espécies hospedeiras que, neste caso, correspondem a um caso particular de habitat (Lewinsohn et al. 2001, Summerville et al. 2003). Avançando neste sentido, Lewinsohn et al. (2001, 2005) sinalizam a possibilidade de tratar a diversidade beta como vários componentes aditivos ou multiplicativos (conforme o modelo estatístico utilizado) que correspondem à alteração de espécies de insetos herbívoros respectivamente entre espécies hospedeiras, localidades e/ou habitats distintos.

Em estudos de interação entre insetos e frutos, estes diferentes componentes da diversidade podem ser calculados, tanto para insetos quanto para plantas, desde que o estudo seja realizado em diversos habitats e escalas espaciais (que podem ser representados pela junção dos diferentes habitats). Tais informações são fundamentais para o entendimento da comunidade e em especial a diversidade beta pode ser útil para elucidar a dinâmica da biodiversidade, essencial segundo alguns ecólogos (e.g., Pimm 1991).



### 2.2.2.2. Hipóteses sobre diversidade baseadas em interações herbívoro-planta

Insetos herbívoros – inclusive aqueles que atacam frutos e sementes – podem também afetar a diversidade e a composição de comunidades de plantas. Insetos herbívoros associados a espécies de plantas competitivamente dominantes (inibindo seu crescimento e reprodução) podem atuar como predadores chave, que permitem a persistência de outras espécies competitivamente inferiores (Strauss & Zangeri 2002). De fato, uma das mais antigas e importantes hipóteses para a grande diversidade de árvores em florestas tropicais destaca a ação de herbívoros e patógenos especialistas (Janzen 1970, Connell 1971). Estes autores propuseram que, como a densidade de sementes e plântulas é maior no entorno das plantas mãe, a mortalidade resultante de ataques dependentes de densidade, por herbívoros especializados, também será mais intensa na mesma proximidade. Herbívoros localizam áreas com grandes concentrações de recursos mais rapidamente e permanecem nelas por mais tempo (Root 1973). Assim, a hipótese de Janzen-Connell prediz que a probabilidade de sobrevivência e estabelecimento de uma plântula deve ser inversamente relacionada com a distância da planta mãe (ou de outros adultos da mesma espécie).

O processo pode ser visualizado da seguinte forma: com a produção de sementes de uma determinada árvore há uma pequena explosão local da população de plântulas. Quanto mais próxima as árvores adultas coespecíficas estiverem, maior será a predação das sementes pré-dispersão. As sementes que permaneceram próximas a planta mãe são mais intensamente consumidas que aquelas dispersas a uma grande distância da mesma. Com isto, uma determinada área ao redor da planta mãe será um espaço relativamente mais disponível para árvores adultas de outras espécies. Assim, o espaçamento das árvores não é uma característica selecionada per se (“seleção para raridade”, uma contradição evolutiva; Harper 1981), senão uma consequência da ação dos herbívoros (ver Janzen 1980b).

Em suma, quanto maior for a eficiência dos insetos em localizar manchas de sementes, no espaço e no tempo, e em eliminar plântulas próximas entre si, maior será o número de espécies arbóreas esperadas em uma comunidade (Janzen 1980b).

### 2.2.2.3. Interações tróficas, matrizes de associação e redes complexas

A avaliação de parâmetros estruturais das comunidades ecológicas, tais como as propriedades de redes tróficas e os padrões de interações entre espécies, têm sido utilizados como uma nova abordagem em pesquisas sobre os efeitos da perda de diversidade na organização e funcionamento de comunidades biológicas (Dunne et al. 2002, Melián & Bascompte 2002). Efetivamente, estudos de interações no nível da comunidade local e em âmbitos maiores representam uma ponte entre a descrição (inventários, composição) e a dinâmica destas comunidades (Lewinsohn 2004). Conseqüentemente, o entendimento das relações entre a diversidade de espécies e as propriedades estruturais de comunidades é importante para a compreensão das relações entre diversidade e funções ecossistêmicas mais diretamente





mensuráveis. Uma vez que a estrutura da comunidade e suas propriedades funcionais (ecossistêmicas) são co-determinantes (Mooney et al. 1996), as duas abordagens mencionadas revelam-se complementares. Em suma, a detecção e avaliação de processos reguladores da composição em espécies de uma comunidade são, portanto fundamentais para o melhor entendimento dos padrões de diversidade encontrados na natureza.

A investigação de processos organizadores na estrutura das associações insetos-plantas pode ser realizada por meio de matrizes de associações. Revelar a estrutura de uma matriz de associações é um passo inicial no estudo dos padrões de interação inseto-planta, contudo fundamental para identificar os processos que os estruturam.

Matrizes de associação não-aleatórias podem assumir duas configurações básicas: (1) aninhada, na qual as espécies que consomem (e as que são consumidas por) menos espécies estão interligadas com subconjuntos das espécies que consomem (ou que são consumidas por) mais espécies – este aninhamento é necessariamente bilateral, e (2) compartimentada, na qual a maioria dos fitófagos consome plantas dentro de categorias taxonômicas restritas (e.g., gênero, tribo) e estas, por sua vez, estão associadas com subgrupos restritos da entomofauna fitófaga (Prado & Lewinsohn 2004). Pode ainda ocorrer uma distribuição aninhada dentro dos compartimentos (Lewinsohn et al. 2006). De forma geral, diz-se que os compartimentos nas matrizes de associações são representações de conjuntos de espécies que interagem muito entre si e pouco com outros conjuntos (Yodzis 1980, Pimm 1991). O tipo de estruturação encontrada depende provavelmente de características do habitat (como nível de degradação, isolamento) mas estudos sobre estes efeitos são ainda incipientes.

Recentemente, o interesse na análise de teias tróficas foi reavivado pelo desenvolvimento de novas teorias e ferramentas sobre redes complexas em diversas áreas, incluindo a ecologia (Strogatz 2001, Dunne et al. 2002a, 2002b). Redes bipartidas, em que há duas classes de elementos, relacionados cada um somente com elementos da outra classe, têm características próprias, com grande potencial para elucidar sistemas desta natureza (Borgatti & Everett 1997), mas suas propriedades ainda foram pouco exploradas (Strogatz 2001). Na ecologia, os avanços mais importantes têm surgido de estudos de redes bipartidas para comunidades mutualísticas (Olesen & Jordano 2002, Bascompte et al. 2003, Jordano et al. 2003). Estes trabalhos fornecem novos insights sobre a estrutura de comunidades que são importantes para o entendimento tanto de processos como coevolução (Bascompte et al. 2003) quanto para estabilidade de ecossistemas (Dunne et al. 2002b). Entretanto, ainda não foram estudadas redes de interações antagonísticas, em especial redes planta-herbívoro, como redes complexas bipartidas (Lewinsohn et al., em elaboração); tais redes têm sido investigadas na forma de matrizes, com ênfase na compartimentação de suas interações (Prado & Lewinsohn 2004).

Algumas propriedades de redes complexas e estruturas de comunidades estão relacionadas às respostas das redes a perturbações (Strogatz 2001, Melián & Bascompte 2002). Em



comunidades de insetos e plantas, descritores topológicos como número de ligações ou conectância podem ser influenciados por diversos fatores relacionados às plantas ou aos insetos.

Embora constituam uma abordagem recente, estudos sobre propriedades de redes tróficas a partir da teoria de redes complexas são importantes para o entendimento da organização de ecossistemas, e suas relações com diferentes tipos de estabilidade ecológica (Pimm 1991, Jordán et al. 1999). O modo como as comunidades estão estruturadas, e o modo como as ligações tróficas se distribuem através da comunidade devem relacionar-se com a fragilidade e a persistência das mesmas (Pimm 1991, McCann et al. 2000). O estudo de redes tróficas tornou-se uma das principais áreas de pesquisa em Ecologia (May 1986, Pimm et al. 1991), pois tais redes são uma descrição tratável da diversidade, das interações entre espécies e da estrutura e função dos ecossistemas (Paine 1980, Martinez & Lawton 1995, Winemiller & Polis 1996).

Estudos de interações entre dois níveis tróficos bem definidos, embora menos explorados, têm vantagens próprias substanciais. Redes mutualísticas entre plantas e animais, por exemplo, contemplam não somente as relações tróficas entre os parceiros mutualísticos (Jordano 1987), mas também a complexidade de efeitos evolutivos que, neste caso, guiam processos coevolutivos (Thompson 1999, 2005). Portanto, uma análise comparativa da topologia e dos padrões de interação em tais redes poderá revelar padrões invariantes, com profundas implicações para a estabilidade e dinâmica coevolutiva de tais agrupamentos mutualísticos (Jordano et al. 2003) e também de agrupamentos antagonísticos como os de plantas e animais herbívoros (Lewinsohn et al. 2006).

### 2.2.3. Como estudar interações entre insetos e frutos?

#### 2.2.3.1. *Frutos: do campo ao laboratório*

O sistema planta-herbívoro formado por frutos (secos ou carnosos) e seus endófitos é excelente para a investigação de interações de espécies entre dois níveis tróficos definidos. O procedimento utilizado garante a confiabilidade das interações (conexões), pois se baseia nos endófitos que emergem dos frutos coletados em campo e mantidos no laboratório. Em verdade, a maior vantagem de insetos endófitos é essa: uma vez registrados a partir de sua coleta ou criação em seus hospedeiros, sua associação com a planta hospedeira está assegurada (Lewinsohn et al. 2001). Assim, superamos o importante problema metodológico de estudos nos quais insetos adultos são amostrados na vegetação sem demonstrar sua associação trófica com a planta em que foram capturados (Basset et al. 2003).

A amostragem de frutos deve ser realizada de maneira não-destrutiva, já que os frutos são coletados considerando a sua distribuição espacial e abundância no campo. As coletas visam o menor impacto possível na reprodução das populações de plantas amostradas, o que quer dizer que as amostragens podem ser ajustadas à frutificação de cada espécie ou mesmo indivíduo. Os frutos são coletados em categorias, conforme as características de cada espécie de planta – arquitetura, fenologia, abundância e microhabitat das plantas-mãe, tipo de fruto e modo de



deiscência e de dispersão: (a) frutos imaturos nas plantas e (b) frutos maduros pré-dispersão e pós-dispersão (no solo). Isto porque há insetos que atacam e geram conseqüências distintas em diferentes etapas da maturação de um fruto (Janzen 1971, Lewinsohn 1980).

No caso de um estudo em âmbito comunitário (i.e., com diversas espécies de plantas hospedeiras), após a coleta, são amostrados e processados separadamente frutos de diferentes indivíduos. O número de indivíduos amostrados depende do tipo de estudo e das perguntas (hipóteses) que se pretende responder. Ainda assim, a seleção das espécies pode ser feita conforme suas abundâncias, facilidade de coleta e características fenológicas. As amostras são padronizadas por número de frutos, volume, ou peso fresco, para cada espécie. Estes métodos baseiam-se nos protocolos de Lewinsohn (1980) e Novotny et al. (2005).

#### 2.2.3.2. *E se não trabalhamos com frutos?*

É importante levar em consideração que o transporte e manutenção de partes de plantas em laboratório exige muitos cuidados, tanto para evitar o ressecamento como a decomposição por fungos e bactérias. O método aqui apresentado pode ser empregado, com os devidos ajustes, para outras partes da planta (folhas com galhas ou minas; ramos brocados; flores).

Insetos que modificam a estrutura de suas hospedeiras (como galhadores e minadores) podem ser detectados no campo, reduzindo o volume de material a ser coletado para processamento posterior em laboratório (Lewinsohn et al. 2001). Além disto, é possível avaliar a diversidade local de insetos galhadores por meio de inventários em campo, sem a necessidade de coletas (Fernandes & Price 1991) porque muitas vezes galhas são tão características quanto a morfologia dos próprios insetos (Gagné 1994).

#### 2.2.3.3. *Insetos: dos frutos às coleções*

Amostras de frutos são levadas ao laboratório e mantidas em frascos de criação. Parte dos frutos e sementes é normalmente dissecada para extração de imaturos (larvas e pupas) que são fotografados e fixados, formando uma coleção de referência. O restante é mantido em condições de ambiente, apenas com controle de fungos e ressecamento, até a eclosão de adultos. Larvas que empupam fora dos frutos são separadas e mantidas em vermiculita esterilizada para simular condições de solo. Dimensões e pesos de frutos e sementes e número de sementes são também obtidos. Estes dados são importantes para testar as predições de hipóteses ecológicas relacionadas às interações, todavia, como já dito, isto depende dos tipos de questões ecológicas que se escolheu investigar.

Em frutos secos e tecidos lenhosos, insetos imaturos podem levar muitos meses para completar seu desenvolvimento. Neste caso, a dissecção dos frutos permite achar imaturos imediatamente, sem os cuidados de acomodação em condições adequadas ao seu desenvolvimento (Lewinsohn et al. 2001). De qualquer maneira, informações sobre os insetos são essenciais para o conhecimento da história natural das espécies e dos sistemas estudados. Assim, é importante registrar dados bionômicos relevantes. As principais características funcionais



a registrar para cada espécie de inseto são: (1) se infesta frutos imaturos ou maduros e, conforme o caso, após a deiscência ou dispersão; (2) se infesta sementes e danifica embriões ou somente a polpa ou outros tecidos acessórios, como arilos.

Por fim, os insetos adultos são montados e identificados até o menor nível taxonômico possível. Caso a identificação das espécies de insetos fitófagos não seja necessária, é possível uma separação dos imaturos e adultos em morfoespécies (Lewinsohn et al. 2001). De fato, um dos maiores problemas que surgem ao se trabalhar com insetos predadores de sementes, por exemplo, é a identificação de seus endófagos associados (Janzen, comunicação pessoal).

Faz-se ainda necessário formar uma coleção de referência de insetos depositada na própria instituição onde a pesquisa é realizada (laboratórios, museus). Séries representativas das espécies de insetos mais comuns de cada área devem preferencialmente ser depositadas em sedes de Unidades de Conservação estudadas (se for o caso) e em coleções maiores (no Brasil, coleções como as do Museu de Zoologia da USP, da Universidade Federal do Paraná, do INPA, Museu Paraense Emilio Goeldi, e outras com igual importância regional e nacional).

#### 2.2.4. Contribuições para o projeto Parcelas Permanentes

##### 2.2.4.1. Pesquisas de interações em projetos de Parcelas Permanentes

A importância de interações biológicas para a organização e funcionamento de comunidades e dos ecossistemas de que formam parte é explicitamente ressaltada por muitos pesquisadores. Thompson (1997) considera a conservação da diversidade de interações um componente essencial de qualquer programa de conservação. Ele define biodiversidade de interações como “a diversidade de maneiras nas quais pares, ou grupos, de espécies interagem entre si, dentro e entre populações, e a diversidade de decorrências causadas por tais interações”.

Consideramos, portanto, que a compreensão de qualquer sistema ecológico natural requer a caracterização de sistemas de interações bióticas e a investigação de seus processos geradores, mantenedores e reguladores.

Apesar disto, programas de pesquisa de maior extensão espacial, e/ou maior duração, na prática não costumam incluir estudos de interações em seus objetivos iniciais. Há razões para isto. Historicamente, estudos de maior âmbito visaram compreender a dinâmica de interação entre vegetação, nutrientes, e decomposição, centrando-se em medir e elucidar a produção primária, sua distribuição, regulação e ciclagem (por exemplo, o projeto em Hubbard Brook; Borman & Likens 1979). Projetos mais recentes concentram-se na diversidade da vegetação e em suas mudanças espaciotemporais, sem incorporar interações com outros componentes da biota (Condit 1995). Um recente balanço, em livro, das pesquisas do maior conjunto internacional de parcelas permanentes não tem nenhuma entrada, que dirá seção, referente a estudos de interações bióticas (Losos & Leigh 2004).

Uma exceção que vale ser notada é a tentativa pioneira de produzir uma rede trófica abrangente para uma área de floresta tropical em Porto Rico (Reagan & Waide 1996). Este estudo



envolveu um grande número de pesquisadores ao longo de décadas. Ainda assim, a rede trófica produzida é bem “resolvida” (diferenciada ao nível de espécie ou gênero) apenas para os vertebrados maiores. Os demais taxa são agregados em grandes categorias (como ordens de insetos), o que impossibilita análises seja de redes interativas (utilizando a teoria de redes complexas, v. acima), seja dos componentes de diversidade, como também indicamos acima.

Como proceder então para incorporar pesquisas de interações em programas de longo prazo? O primeiro obstáculo, sem dúvida, é o “simples” conhecimento da biota animal e microbiana pertinente. Especialmente em regiões tropicais, a biota mais conspícua e acessível (especialmente plantas superiores e vertebrados) é extensa e demanda anos de esforço para ser corretamente inventariada. A biota microbiana e de invertebrados, então, pode exigir décadas de esforço por equipes de especialistas que simplesmente inexistem.

Ao invés de estabelecer como pré-requisito inventários locais completos dos taxa envolvidos na interação a pesquisar recomendamos recortes mais estreitos e, assim, mais tratáveis (Lewinsohn 2001). Em se tratando de interações planta-animal, é possível combinar restrições de (a) âmbito taxonômico, das plantas e/ou animais, (b) órgão da planta (c) tipo e/ou classe funcional do órgão ou das plantas (por exemplo, trepadeiras; frutos carnosos), (d) tipo de interação ou modo de alimentação (“guilda”) dos animais.

Dentro de tais recortes, estudos restritos tornam-se mais viáveis – demandam menos esforço de campo; há menor diversidade de organismos (portanto, de taxa a aprender e de especialistas a consultar); podem ser realizados em menor tempo. Mesmo assim, trata-se de estudos que exigem normalmente três ou mais anos para serem realizados, a não ser que inventários de base sejam previamente disponíveis.

Estudos que exemplificam levantamentos, de âmbitos comunitários, que se centraram em um dado tipo de interação com plantas, são listados em Jordano et al. (2003; polinizadores/visitantes florais; dispersores) e em Lewinsohn et al. (2005; insetos herbívoros). Exemplos notáveis de estudos herbívoro-planta em áreas tropicais são os de Janzen (1980a), para predadores de sementes em Costa Rica; Novotny et al. (2002a) para insetos folívoros em plantas de Papua-Nova Guiné; e Diniz & Morais (1997) para lagartas folívoras em cerrados de Brasília.

Embora quase a totalidade dos estudos comunitários mais extensos de interações bióticas tenha sido realizada fora de parcelas permanentes, estas representam uma oportunidade única para realizar estudos em que “conjuntos de herbívoros e suas associações de hospedeiros podem ser registrados recorrentemente para avaliar a sua variação sazonal e entre anos, para rastrear alterações de prazo mais longo, ou para comparar diferentes regiões geográficas” (Lewinsohn et al. 2005). Evidentemente, as mesmas recomendações valem para outras interações, como mutualismos com polinizadores, dispersores ou espécies protetoras; ou associações com bactérias, fungos ou nematódeos em folhas e raízes, entre outros.



#### 2.2.4.2. Contribuições para o projeto “40ha de Parcelas Permanentes”

Assim, o conhecimento das espécies de insetos que atacam frutos nas Parcelas Permanentes desse projeto temático, seus níveis de especialização, taxas de infestação de frutos e outras informações adquiridas pelo estudo de interações entre insetos e tais elementos vegetais deverá fornecer informações valiosas sobre a estrutura, geração e a manutenção da biodiversidade nos ecossistemas florestais do estado de São Paulo. Segundo Janzen (1980b) estudos sobre a especificidade de hospedeiros são extremamente necessários e para isto é preciso saber onde uma determinada espécie é encontrada se alimentando no campo e com que frequência. Este tipo de informação deveria ser disponível para algumas espécies de herbívoros de uma grande variedade de habitats. De forma semelhante, tais informações deveriam ser obtidas para algumas espécies vegetais bem escolhidas que aparecessem num único habitat. A configuração do projeto temático “Diversidade, Dinâmica e Conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40ha de Parcelas Permanentes” permite a aquisição de ambos tipos de informação.

A escolha de fragmentos diversos, protegidos e bem representativos para estudos genético-ecológicos visando à conservação, pode apontar direções essenciais para o entendimento da biodiversidade de nossas florestas tropicais. Ao destacarmos estudos em parcelas permanentes, certamente o que está em discussão é nossa compreensão de como funcionam os ecossistemas florestais tropicais, com sua diversidade e complexidade de interações (Kageyama et al. 2001).

Em 1980, Janzen afirmava que com a exceção de alguns insetos de importância econômica, nem mesmo um só estudo completo havia sido realizado sobre as variações geográficas na alimentação de um herbívoro tropical de ampla distribuição (Janzen 1980b). Da mesma forma, praticamente não havia estudos de comunidades de herbívoros associados a plantas, que permitissem análises de diversidade de associações ou de níveis de especialização. Embora este já não seja mais o caso – veja-se as referências acima – sem dúvida, estamos muito aquém do necessário para produzir um modelo mais geral que caracterize a rede interativa de componentes funcionalmente importantes das comunidades, e no qual possamos explorar causas potenciais para manutenção ou alteração dos elencos de espécies e de suas interações.

Em maior prazo, estudos como os aqui indicados deverão possibilitar dois avanços importantes: primeiro, a compreensão das correlações e conseqüências funcionais dos conjuntos de interações bióticas a que diferentes espécies – especialmente as plantas - estão relacionadas. Segundo, prever e monitorar possíveis extinções “secundárias” (Gilbert 1980) ou “coextinções” (Koh et al. 2004) em áreas sujeitas a perturbações mais drásticas.

Os projetos de doutorado de Rafael D. Loyola (Diversidade, especificidade de hospedeiras e estrutura de interações em comunidades de insetos predadores de sementes) e Umberto Kubota (Efeitos filogenéticos em comunidades de interações insetos-plantas: insetos herbívoros de frutos carnosos), orientados por Thomas M. Lewinsohn, recentemente incorporados nesta nova etapa do projeto temático “40ha de Parcelas Permanentes”, que está sendo desenvolvido nas quatro principais formações florestais do estado de São Paulo, representam investidas iniciais em



elucidar interações biológicas importantes para a organização ecológica de tais parcelas. O conhecimento e compreensão das comunidades destes insetos fitófagos poderão ser articulados com estudos de dispersão e demografia de indivíduos vegetais nessas parcelas permanentes, processos funcionais com os quais a frugivoria e predação de sementes estão eminentemente relacionados.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de doutorado concedidas a Rafael D. Loyola e Umberto Kubota, respectivamente. A pesquisa de Thomas M. Lewinsohn vem sendo apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – Projeto 98/05085-2 do Programa BIOTA/Fapesp) e pelo CNPq.

## Referências Bibliográficas

- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J. & Olesen, J. M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 100:9383-9387.
- Basset, Y. 1996. Local communities of arboreal herbivores in Papua New Guinea: predictors of insect variables. *Ecology*, 77:1906-1919.
- Basset, Y., Novotny, V., Miller, S.E., Kitching, R.L., (eds.). 2003. *Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bernays, E.A. & Chapman, R.F. 1994. *Host-plant specialisation by phytophagous insects*. Chapman & Hall, London.
- Borgatti, S. P. & Everett, M. G. 1997. Network analysis of 2-mode data. *Social Networks*, 19:243-269.
- Bormann, F. H. & Likens, G. E. 1979. *Pattern and process in a forested ecosystem*. Springer, New York.
- Condit, R. 1995. Research in large, long-term tropical forest plots. *Trends in Ecology and Evolution*, 10:18-22.
- Connell, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rains forests trees. In: den Boer, P. J. & Gradwell, G. R. (eds.). *Dynamics of population*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, pp. 298-312.
- Cornell, H. V. & Lawton, J. H. 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *Journal of Animal Ecology*, 61:1-12.
- Crawley, M. J.; Harvey, P. H. & Purvis, A. 1997. Comparative ecology of the native and alien floras of British Isles. In: Silvertown, J., Franco, M. & Harper, J. L. (eds.). *Plant Life Histories: Ecology, Phylogeny and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 36-56.
- Cytrynowicz, M. 1991. Resource size and predictability, and local herbivore richness in a subtropical Brazilian cerrado community. In: Price, P. W., Lewinsohn, T. M., Fernandes, G. W. & Benson, W. W. (eds.). *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. John Wiley, New York. pp. 561-589.
- Diniz, I. R. & Morais, H. E. 1997. Lepidopteran caterpillar fauna of Cerrado host plants. *Biodiversity and Conservation*, 6:817-836.



- Diniz-Filho, J.A.F. 2000. Métodos Filogenéticos Comparativos. Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Dunne, J. A., Williams, R. J. & Martinez, N. D. 2002a. Food-web structure and network theory: The role of connectance and size. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99:12917-12922.
- Dunne, J.A., Williams, R.J. & Martinez, N. D. 2002b. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology Letters*, 5:558:567.
- Ehrlich, P. & Raven, P. 1964. Butterflies and plants: a study in co-evolution. *Evolution*, 18:586-608.
- Feeny, P. 1975. Biochemical coevolution between plants and their insects herbivores. In: Gilbert, L. E. & Raven, P. H. (eds.). *Coevolution of Animals and Plants*. University of Texas Press, Austin. pp. 3-19.
- Fernandes, G. W. & Price, P. W. 1991. Comparison of tropical and temperate galling species richness: the roles of environmental harshness and plant nutrient status. In: Price, P. W., Lewinsohn, T. M., Fernandes, G. W. & Benson, W. W. (eds.). *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. John Wiley, New York. pp. 91-115.
- Gagné, R. J. 1994. *The gall midges of neotropical region*. Cornell University Press, Ithaca.
- Gilbert, L. E. 1980. Food web organization and the conservation of Neotropical diversity. - In: Soulé, M. E. & Wilcox, B. A. (eds.), *Conservation Biology*. Sinauer, Sunderland, pp. 11-33.
- Godfray, H. C. L., Lewis, O. T. & Memmott, J. 1999. Studying insect diversity in the tropics. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Biological Sciences*, 354:1811-1824.
- Harper, J. L. 1981. The meanings of rarity. In: Synge, H. (ed.) *The biological aspects of rare plant conservation*. John Wiley, pp. 189-203.
- Harvey, P. H., & Pagel, M.D. 1991. *The Comparative Method in Evolutionary Biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Holden, C. 1989. Entomologists wane as insects wax. *Science*, 246:734-736.
- Holloway, J.D. & Herbert, P.D.N. 1979. Ecological and taxonomic trends in macrolepidopteran host plant selection. *Biological Journal of the Linnean Society*, 11:229-251.
- How, S. T., Abrahamson, W.G. & Craig, T. P. 1993. Role of host-plant phenology in host use by *Eurosta solidaginis* (Diptera: Tephritidae) on *Solidago* (Compositae). *Environmental Entomology*, 22:388-396.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 102:592-595.
- Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2:465-492.
- Janzen, D.H. 1980a. Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous forest. *Journal of Ecology*, 68:929-952.
- Janzen, D. H. 1980b. *Ecologia vegetal nos trópicos*. EDUSP, São Paulo.
- Jordán, F., Takacs-Santa, A. & Molnar, I. 1999. A reliability theoretical quest for keystones. *Oikos*, 86:453-462.
- Jordano, P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries and coevolution. *American Naturalist*, 129:657-677.
- Jordano, P. 1995. Angiosperm fleshy fruits and seed dispersers: a comparative analysis of adaptation and constraints in plant-animal interactions. *American Naturalist*, 145:163-191.
- Jordano, P., Bascompte, J. & Olesen, J. M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters*, 6:69-81.
- Kageyama, P., Gandara, F. & Cavalcanti, T. 2001. Estudo da biodiversidade em parcelas permanentes grandes, tendo como base espécies arbóreas raras, visando à conservação





- genética. In: Garay, I. e Dias, B.F.S (eds.). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Vozes, Petrópolis. pp. 370-375.
- Kelly, C. K. & Purvis, A. 1993. Seed size and establishment conditions in tropical trees – on the use of taxonomic relatedness in determining ecological patterns. *Oecologia* 94:356-360.
- Koh, L. P., Dunn, R. R., Sodhi, N. S., Colwell, R. K., Proctor, H. C. & Smith, V. S. 2004. Species Coextinctions and the Biodiversity Crisis. *Science*, 305:1632-1634.
- Kubota, U. 2003. Fenologia da comunidade de Asteraceae, variação temporal e determinantes locais de riqueza de insetos endófitos de capítulos. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia – Unicamp, Campinas.
- Lawton, J. H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 28:23-39.
- Lewinsohn, T.M. 1980. Predação de sementes em Hymenaea (Leguminosae: Caesalpinioideae): aspectos ecológicos e evolutivos. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia – Unicamp, Campinas.
- Lewinsohn, T. M. 2001. Esboço de uma estratégia abrangente de inventários de biodiversidade. In: Garay, I. & Dias, B. F. S. (eds.), Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Editora Vozes, Petrópolis, pp. 376-384.
- Lewinsohn, T. M. 2004. Em busca do Mons Venneris: é possível unificar as ecologias de comunidades? In: Coelho, A. S., Loyola, R. D. & Souza, M. B. G. (eds.), Ecologia teórica: desafios para o desenvolvimento da Ecologia no Brasil. O Lutador, Belo Horizonte, pp. 105-122.
- Lewinsohn, T.M., Prado, P. I. K. L. & Almeida, A. M. 2001. Inventários bióticos centrados em recursos: insetos fitófagos e plantas hospedeiras. In: Garay, I. & Dias, B.F.S (eds.). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Petrópolis, Vozes. pp. 174-189.
- Lewinsohn, T. M., Basset, Y. & Novotny, V. 2005. Insects on plants: diversity of herbivore assemblages revisited. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36:597-620.
- Lewinsohn, T.M., Jordano, P., Prado, P. I. K. L., Olesen, J. M. & Bascompte, J. 2006. Structure in plant-animal assemblages. *Oikos*, no prelo.
- Losos, E. C. & Leigh, E. G., Jr. (eds.). 2004. Tropical forest diversity and dynamism: findings from a large-scale plot network. University of Chicago Press, Chicago.
- Magurran, A.E. 2003. Measuring Biological Diversity. Blackwell, Oxford.
- Marques, E. S. A.; Price, P. W. & Cobb, N. S. 2000. Resource abundance and insect herbivore diversity on woody fabaceous desert plants. *Environmental Entomology*, 29:696-703.
- Marquis 1991. Herbivore fauna of Piper (Piperaceae) in a Costa Rican wet forest: diversity, specificity, and impact. In: Price, P. W., Lewinsohn, T. M., Fernandes, G. W. & Benson, W. W. (eds.). Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions. John Wiley, New York. pp. 179-208.
- Martinez, N.D. & J.H. Lawton. 1995. Scale and food web structure – from local to global. *Oikos*, 73:148-154.
- May, R.M. 1986. The search for patterns in the balance of nature: advances and retreats. *Ecology*, 67:1115-1126.
- McCann, K., Hastings, A., Harrison, S. & Wilson, W. 2000. Population outbreaks in a discrete world. *Theoretical Population Biology*, 57:97-108.
- Melián, C.J. & Bascompte, J. 2002. Food web structure and habitat loss. *Ecology Letters*, 5:37-46.
- Mooney, H.A., Cushman, J. H., Medina, E., Sala, O. E. & Schulze, E. D. (eds.) 1996. Functional roles of biodiversity: a global perspective. John Wiley & Sons, New York.
- Morin, P. J. 1999. Community Ecology. Blackwell Science Inc., Oxford.



- Novotny, V., Basset, Y., Miller, S. E., Drozd, P. & Cizek, L. 2002a. Host specialization of leaf-chewing insects in a New Guinea rainforest. *Journal of Animal Ecology*, 71:400-412.
- Novotny, V., Miller, S. E., Basset, Y., Cizek, L., Drozd, P., Darrow, K. & Leps, J. 2002b. Predictably simple: assemblages of caterpillars (Lepidoptera) feeding on rainforest trees in Papua New Guinea. *Proceedings of Royal Society of London B*, 269:2337-2344.
- Novotny, V., A.R. Clarke, R.A.I. Drew, S. Balagawi & B. Clifford. 2005. Host specialisation and species richness of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in a New Guinea rainforest. *Journal of Tropical Ecology*, 21:67-77.
- Olesen, J. M. & Jordano, P. 2002. Geographic patterns in plant-pollinator mutualistic networks. *Ecology*, 83:2416-2424.
- Paine, R.T. 1980. Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49:667-685.
- Pimm, S.L. 1991. *The balance of nature? Ecological issues in the conservation of species and communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Pimm, S.L., Lawton, J. L. & Cohen, J. E. 1991. Food web patterns and their consequences. *Nature*, 350:669-674.
- Prado, P. I. & Lewinsohn, T. M. 2004. Compartments in insect-plant associations and their consequences for community structure. *Journal of Animal Ecology*, 73:1168-1178.
- Price, P. W. 2002. Species interactions and the evolution of biodiversity. In: Herrera, C. M. & Pellmyr, O. (eds.) *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Oxford: Blackwell Science, pp. 3-25.
- Reagan, D. P. & Waide, R. B. (eds.). 1996. *The food web of a tropical rain forest*. University of Chicago Press, Chicago.
- Rees, M. 1993. Trade-offs among dispersal strategies in British plants. *Nature*, 366:150-152.
- Regal, P. J. 1977. Ecology and evolution of flowering plant dominance. *Science*, 196:622-629.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs*, 43:95-124.
- Schoonhoven, L. M., Jermy, T. & van Loon, J. J. A. 1998. *Insect-plant biology: from physiology to evolution*. Chapman & Hall, London.
- Singer, M.C. & C. Parmesan. 1993. Sources of variation in patterns of plant insect association. *Nature*, 361:251-253.
- Southwood, T. R. E. 1961a. The number of species of insect associated with various trees. *Journal of Animal Ecology*, 30:1-8.
- Southwood, T. R. E. 1961b. The evolution of the insect-host tree relationship – a new approach. *Proceedings of the XIth International Congress on Entomology, Vienna, 1960*, 1:651-654.
- Strauss, S. Y. & Zangeri, A. R. 2002. Plant-insect interactions in terrestrial ecosystems. In: Herrera, C. M. e Pellmyr, O. (eds.) *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Blackwell Science Ltd., Oxford, pp. 77-106.
- Strogatz, S.H. 2001. Exploring complex networks. *Nature*, 410:268-327
- Strong, D. R. J.; Lawton, J. H. & Southwood, T. R. E. 1984. *Insects on plants. Community patterns and mechanisms*. Oxford: Blackwell.
- Strong, D. R.; McCoy, E. D. & Rey, J. R. 1977. Time and number of herbivore species – the pests of sugarcane. *Ecology*, 58:167-175.
- Summerville, K.S., Crist, T.O., Kahn, J.K., & Gering, J.C. 2003. Community structure of arboreal caterpillars within and among four tree species of the eastern deciduous forest. *Ecological Entomology*, 28:747-757.



- Thompson, J. N. 1997. Conserving interaction biodiversity. In: Pickett, S. T. A., Ostfeld, R. S., Shachak, M. & Likens, G. E. (eds.), The ecological basis of conservation: heterogeneity, ecosystems, and biodiversity. Chapman and Hall, New York, pp. 285-293.
- Thompson, J.N. 1999. The raw material for coevolution. *Oikos*, 84:5–16.
- Thompson, J.N. 2005. The geographic mosaic of coevolution. Chicago University Press, Chicago.
- Tokeshi, M. 1999. Species coexistence: ecological and evolutionary perspectives. Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Uramoto, K. 2002. Biodiversidade de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera, Tephritidae) no campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba.
- Uramoto, K., Walder J. M. M. & Zucchi, R. A. 2004. Biodiversidade de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera, Tephritidae) no campus da ESALQ-USP, Piracicaba, São Paulo. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48:409-414.
- White I. M. & Elson-Harris, M. M. 1992. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. CAB International, Wallingford.
- Whittaker, R. H. 1975. Communities and ecosystems. MacMillan, New York.
- Winemiller, K.O. & Polis, G. A. 1996. Food webs: what can they tell us about the world? In: Polis, G. A. & Winemiller, K.O. (eds.). Food webs: integration of patterns and dynamics. Chapman & Hall, New York, pp. 1-22.
- Yodzis, P. 1980. The connectance of real ecosystems. *Nature*, 60:27-55.
- Zucchi, R. A. 2000a. Taxonomia. In: Malavasi, A. & Zucchi, R. A. (eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Editora Holos, Ribeirão Preto, pp. 13-24.
- Zucchi, R. A. 2000b. Espécies de *Anastrepha*, sionímias, plantas hospedeiras e parasitóides. In: Malavasi, A. & Zucchi, R. A. (eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Editora Holos, Ribeirão Preto, pp. 412-448.

### ***2.3. O uso do sensoriamento remoto para estimativa de biomassa e estoque de CO<sub>2</sub> nas parcelas permanentes de Cerrado, Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual: esboço metodológico***

Eduardo da Silva Pinheiro

#### **2.3.1. Introdução**

Nos últimos tempos, as paisagens de nosso planeta sofreram grandes modificações ocasionadas, principalmente, pelo desenvolvimento social e econômico da humanidade, incluindo mudanças climáticas, desmatamentos, perda de biodiversidade, poluição e desertificação. Historicamente, a Terra passou por mudanças climáticas, em ciclos alternados de aquecimento e resfriamento. No entanto, pesquisas indicam uma tendência para o aquecimento global a partir da metade do século XVIII, ocasionado pelo aumento, além do nível normal, dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera. O incremento dos GEE na atmosfera, principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contribui para o aumento do efeito estufa natural e acréscimo da temperatura média do planeta (ODUM, 1983; LARCHER, 2000).



A comunidade científica tem desenvolvido pesquisas com o intuito de minimizar os problemas causados pelas emissões dos GEE. Uma das linhas de pesquisa está relacionada à capacidade das florestas em seqüestrar carbono atmosférico. Segundo BROWN (1997) devido à atividade fotossintética, as florestas fixam CO<sub>2</sub> da atmosfera na forma de carboidratos. No Brasil, há poucas pesquisas sobre o auxílio das florestas nativas para minimizar os efeitos das mudanças climáticas, por meio do seqüestro de carbono. A elaboração de projetos nesta temática possui um caráter de pioneirismo, devido à sua complexidade científica e à carência de especialistas brasileiros nesta área (BRASIL, 2004).

A pesquisa florestal é fundamental, pois auxilia no desenvolvimento de estudos para mitigar as mudanças climáticas globais e permite compreender as relações entre a dinâmica (padrões de crescimento e mortalidade) e a variação de biomassa e estoque de carbono. Ainda, a regeneração florestal pode ser um importante mecanismo para o seqüestro de carbono da atmosfera. No Brasil, as principais pesquisas sobre seqüestro e estoque de carbono concentram-se na Amazônia, em áreas florestais e/ou ecótonos entre floresta e cerrado. Os estudos relacionados à quantificação de estoque de carbono na Mata Atlântica e no Cerrado ainda são incipientes.

No Estado de São Paulo, diversas pesquisas são desenvolvidas para conservar os remanescentes florestais, destacando-se o projeto temático "Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes", desenvolvido com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP 1999/09635-0). Neste projeto é investigada a dinâmica (espacial e temporal) das principais unidades fitogeográficas paulistas (Floresta de Restinga, Floresta Ombrófila densa Sub-Montana, Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão) por meio de quatro Parcelas Permanentes, de 10,24ha cada, totalizando então 40,96ha, instaladas, em Unidades de Conservação. Neste contexto, algumas questões motivam esta pesquisa:

- Qual a contribuição das unidades fitogeográficas Cerrado, Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual para o estoque de carbono?
- Nos últimos anos, foram desenvolvidos novos sensores remotos com diferentes possibilidades de obtenção de dados da superfície terrestre. Qual a contribuição destes sensores para estimar a biomassa vegetal?

Considerando as questões acima citadas foi elaborada a seguinte hipótese:

A partir de fragmentos de unidades fitogeográficas que representam o Cerrado, o Cerradão e a Floresta Estacional Semidecidual em São Paulo, sensores remotos apoiados em equações alométricas adequadas, são capazes de gerar estimativas de biomassa para áreas amplas com alta confiabilidade.

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a contribuição de diferentes unidades fitogeográficas, tanto de savana como de Florestas, para o estoque do carbono. Para tanto, é proposta a integração entre dados adquiridos em levantamentos de campo e produtos de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas. Os objetivos específicos são:



- Estimar, avaliar e comparar a biomassa vegetal e o estoque de carbono em duas Parcelas Permanentes (de 10,24ha cada uma) inseridas, respectivamente, nas unidades fitogeográficas Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual;
- Desenvolver uma metodologia para estimar a biomassa e o estoque de carbono, relacionando dados de sensoriamento remoto com os dados de vegetação coletados no campo;
- Mapear de forma detalhada o Uso/Cobertura da terra na Estação Ecológica e na Floresta Estadual de Assis/SP;
- Estimar a biomassa vegetal e o estoque de carbono em diferentes fisionomias de Cerrado na Estação Ecológica e Floresta Estadual de Assis;
- Testar equações alométricas para estimativa de biomassa, desenvolvidas especificamente para a área do Cerrado<sup>1</sup> ;
- Avaliar a aplicabilidade de dados de sensoriamento remoto, obtidos pelos sensores QuickBird e CBERS-II, para estimar da biomassa em diferentes fisionomias de Cerrado.

## 2.3.2. Materiais e Métodos

### 2.3.2.1. Áreas de estudo

Nesta pesquisa foram selecionadas duas áreas do projeto “40ha de Parcelas permanentes” a saber:

- Parcela Permanente (10,24ha) de Cerradão na Estação Ecológica de Assis, localizadas entre as coordenadas 22°33'23”S a 22°38'40”S e 50°20'59”W a 50°20'52”W GR;
- Parcela Permanente (10,24ha) de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus, localizada entre as coordenadas 22°22'23”S a 22°26'01”S e 49°40'11”W a 49°43' 39”W GR.
- E fragmentos remanescentes de Cerrado, de diferentes fisionomias, da Estação Ecológica e da Floresta Estadual de Assis, SP.

### 2.3.2.2. Dados fitossociológicos

Na pesquisa serão utilizados os seguintes dados adquiridos em levantamentos de campo:

- Dados secundários de DAP e altura das árvores obtidos no levantamento fitossociológico do projeto “Parcelas Permanentes”. A área de amostragem em cada local compreende parcelas com 320x320m (10,24ha), 256 sub-parcelas com 20x20m (PAP  $\geq$  15cm) (Figura 1). As parcelas já se encontram georreferenciadas (RODRIGUES, et al., 2002), permitindo desta forma a análise integrada com dados de sensoriamento remoto;

<sup>1</sup> Equações alométricas para estimativa de biomassa vegetal na área do Cerrado na Estação Ecológica de Assis estão sendo desenvolvidas por pesquisadores do Instituto Florestal de São Paulo/E.E. de Assis (Pesquisas em andamento sob coordenação da Profa. Dra. Giselda Durigan).

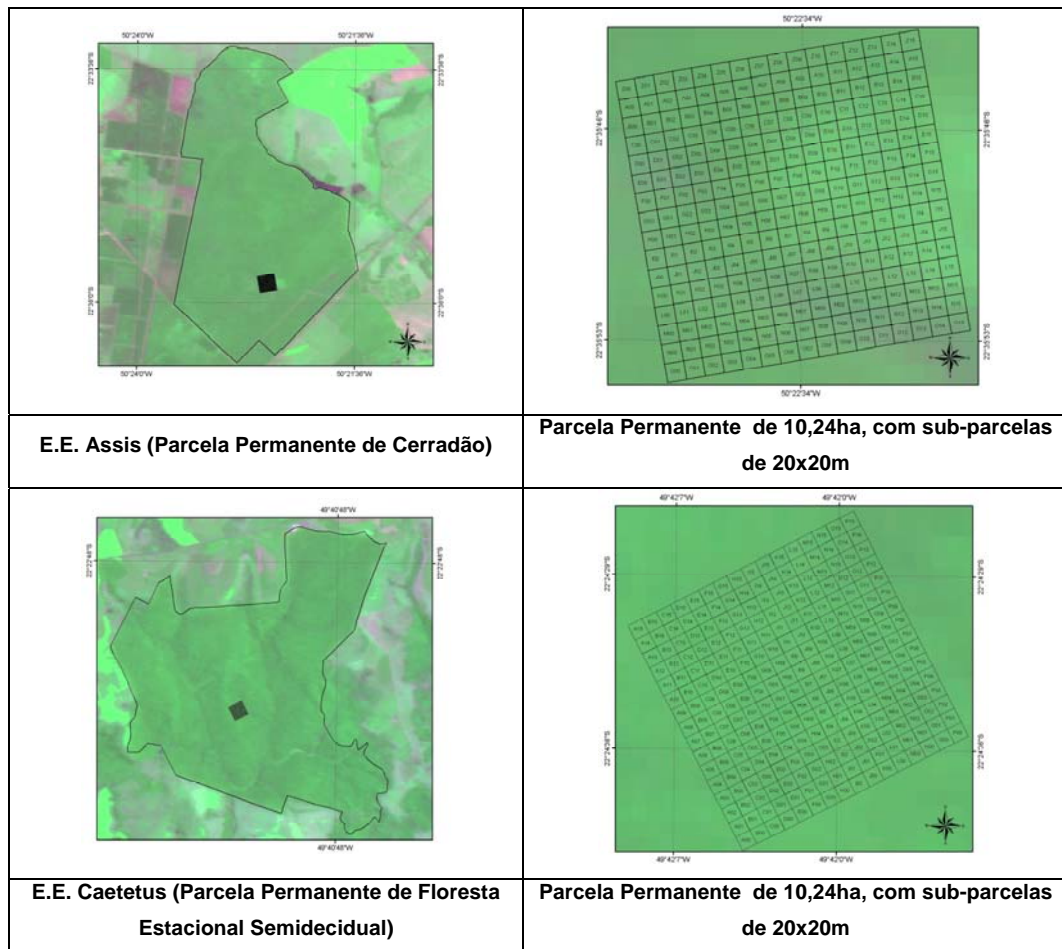


Figura 1. Áreas de estudo, com as duas Parcelas Permanentes, de 10,24ha cada. Imagem CCD do satélite CBERS-II (08/02/2005).

- Na Estação Ecológica de Assis e na Floresta Estadual de Assis serão efetuados levantamentos fitossociológicos adicionais em parcelas com área de 10.000m<sup>2</sup>.

### 2.3.2.3. Dados de sensoriamento remoto

Os dados de sensoriamento remoto empregados na pesquisa serão obtidos por meio de sensores a bordo de dois satélites, descritos a seguir:

#### 2.3.2.3.1. O satélite CBERS-II

O satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-II), lançado em órbita em 2003, representa uma grande conquista para a soberania nacional, para o avanço tecnológico brasileiro e para os estudos ambientais. Este satélite foi construído a partir de uma cooperação entre o Brasil e a República Popular da China. Uma característica singular do CBERS-II é sua carga útil com múltiplos sensores (Tabela 1), com resoluções espaciais, espectrais e temporais variadas (INPE, 2004). Nesta pesquisa será utilizada a imagem CCD/CBERS-II referente à órbita/ponto 159/125.



Tabela 1. Especificações técnicas das imagens CBERS-II

Sensores	CCD	WFI	IRMSS
Resolução temporal	26 dias (nadir) 3 dias (off-nadir)	5 dias	26 dias
Largura da faixa imageada	113 km	890 km	120 km
Resolução Espacial	20 x 20 m	260 x 260 m	80 x 80 m (160 x 160 m termal)
Resolução Espectral	Pan: 0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$ B: 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ G: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ R: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ NIR: 0,77- 0,89 $\mu\text{m}$	G: 0,63-0,69 $\mu\text{m}$ NIR: 0,77-0,89 $\mu\text{m}$	Pan: 0,50 - 1,10 $\mu\text{m}$ SWIR: 1,55-1,75 $\mu\text{m}$ SWIR: 2,08-2,35 $\mu\text{m}$ TIR: 10,40-12,50 $\mu\text{m}$
Resolução Radiométrica	8 bits (256 níveis de cinza)		
Visada lateral	$\square$ 32°	-	-

Pan: Pancromático; B: Azul; G: Verde; R: Vermelho; NIR: Infravermelho próximo; SWIR: Infravermelho médio; TIR: Infravermelho termal.

Fonte: Adaptada de INPE (2004).

#### 2.3.2.3.2. O satélite QuickBird

O satélite norte-americano QuickBird foi lançado em órbita em 2001, seus sensores possuem a mais alta resolução espacial para plataformas orbitais de uso comercial, atualmente disponível (DIGITALGLOBE, 2003). Na Tabela 2 constam as especificações técnicas de suas imagens.

Tabela 2. Especificações técnicas das imagens QuickBird

Largura da faixa imageada	16,5 km ( <i>nadir</i> ); 20,8 km ( <i>off-nadir</i> )
Resolução Espacial	0,61 m ( <i>nadir</i> ) Pancromática 2,44 m ( <i>nadir</i> ) Multiespectral 0,72 m (25° <i>off-nadir</i> ) Pancromática 2,88 m (25° <i>off-nadir</i> ) Multiespectral
Resolução Espectral	<u>Pancromático: 0,45 – 0,90 <math>\mu\text{m}</math></u> Azul: 0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$ Verde: 0,52 – 0,60 $\mu\text{m}$ Vermelho: 0,63 – 0,69 $\mu\text{m}$ Infravermelho próximo: 0,76 – 0,90 $\mu\text{m}$
Resolução Radiométrica	11 bits (2048 níveis de cinza)

Fonte: Adaptada de DigitalGlobe (2003).

#### 2.3.2.4. Métodos e forma de análise dos resultados

A pesquisa realizar-se-á em duas etapas. Na primeira serão feitas análises da biomassa vegetal e estoque de carbono entre duas unidades fitogeográficas: Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, do projeto “Parcelas Permanentes”.

Na segunda etapa os estudos se concentrarão na Estação Ecológica e Floresta Estadual de Assis, onde será mapeado o Uso/Cobertura da terra de forma detalhada. Serão realizados levantamentos de campo para a determinação de riqueza e diversidade das fisionomias de

Cerrado, além de serem analisadas conjuntamente com a biomassa e o estoque de carbono na área. O fluxograma da Figura 2 resume os procedimentos que serão aplicados na pesquisa.

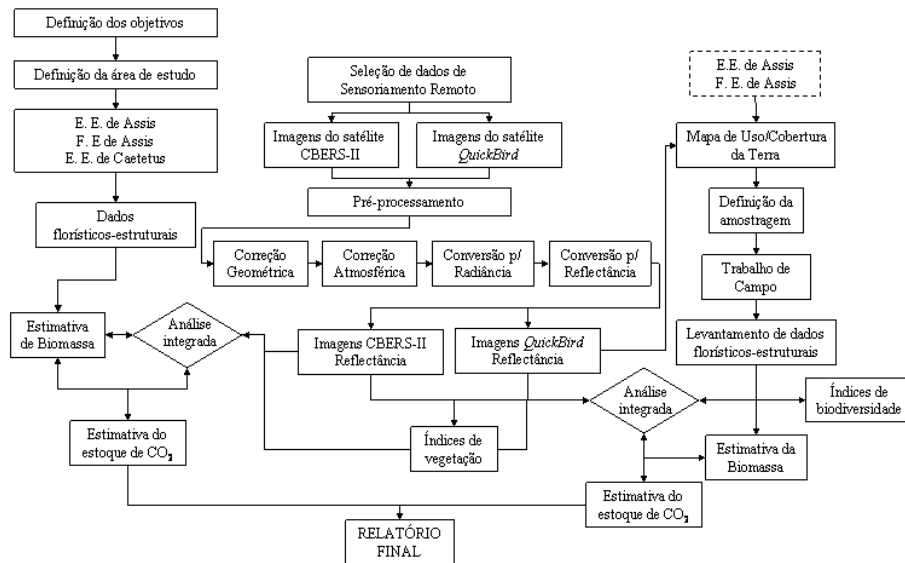


Figura 2. Desenho do método da pesquisa para uso de sensoriamento remoto na estimativa de biomassa e estoque de CO<sub>2</sub> em Cerrado, Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual, na Estação Ecológica e da Floresta estadual de Assis, Assis, SP e na Estação Ecológica de Caetetus, Gália, SP.

#### 2.3.2.4.1. Aquisição dos dados e estimativa de biomassa

A biomassa pode ser estimada por métodos diretos ou indiretos. No método direto (destrutivo) toda a vegetação é cortada e pesada. No método indireto, indicado para grandes extensões florestais, a biomassa é estimada através de sua correlação com alguma variável de fácil medição e que não implique na destruição do material vegetal. O método indireto é baseado em inventários florestais. A biomassa é usualmente estimada por meio de expressões alométricas, que caracterizam a relação entre peso fresco e variáveis independentes, como o DAP - 1,30 de altura do solo, altura total (H) e volume (V) (BROWN et al., 1989).

Para estimar da biomassa vegetal e estoque de carbono nas áreas selecionadas, serão utilizados os dados de DAP das parcelas já existentes nas Unidades de Conservação. A obtenção da biomassa será feita por meio do método indireto a partir da aplicação da equação alométrica descrita por BROWN (1997).

Para estimar a biomassa do Cerrado na Estação Ecológica de Assis e na Floresta Estadual de Assis, além dos dados de Cerradão coletados da Parcela Permanente, serão realizados novos levantamentos fitossociológicos. O método de parcelas será aplicado em diferentes fisionomias de Cerrado (cerrado sensu stricto, cerrado denso e cerradão) (DURIGAN, 2003). Serão estabelecidas dez parcelas retangulares medindo 10x100m. As parcelas amostradas serão georreferenciadas através de um aparelho Sistema de Posicionamento Global (GPS), permitindo sua análise integrada com os dados de sensoriamento remoto. Após a coleta dos dados em campo será





estimada a biomassa vegetal por meio do método indireto. Para estimar a biomassa da parte aérea e raízes será aplicada a equação que está sendo desenvolvida especificamente para áreas de Cerrado<sup>1</sup>. Finalmente, multiplicar-se-á a biomassa total em cada parcela por 0,5 para estimar a quantidade de carbono fixado nos diferentes tipos de vegetação (BROWN, 1997; KOEHLER et al., 2002).

#### 2.3.2.4.2. Pré-processamento das imagens

No pré-processamento das imagens de satélite serão realizadas a correção geométrica, a correção atmosférica e a conversão dos números digitais para radiância e reflectância. Para corrigir as distorções da imagem Quickbird será utilizado o Modelo Função Racional (TAU e HU, 2001). As imagens CBERS-II/CCD serão corrigidas por meio do Modelo Polinomial de 1º grau com reamostragem por vizinho-mais-próximo.

Para corrigir os efeitos de interferência atmosférica nas imagens QuickBird e CBERS-II é proposto o uso da metodologia apresentada por CHAVEZ (1996). Este método baseia-se na subtração do pixel escuro (DOS – Dark object subtraction). Os alvos escuros presentes na imagem com valores de reflectância próxima de “0” aparecem com valores superiores ao real, devido à interferência da atmosfera. Desta forma, o valor mais baixo entre os pixels é calculado e subtraído de todos os pixels da imagem, para cada banda individualmente (LUIZ, et al., 2003).

A conversão das imagens QuickBird para radiância será realizada segundo a metodologia descrita por KRAUSE (2003). Para transformar as imagens CBERS-II/CCD em radiância espectral será testado o método descrito por MARKHAM e BARKER (1986). A transformação dos valores de radiância espectral para valores de reflectância aparente será realizada por métodos descritos por (LILLESAND e KIEFER, 2000). Em outra etapa, a partir das imagens QuickBird e CBERS-II, serão calculados os seguintes índices de vegetação: Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Ajustado para Influência do Solo (SAVI).

#### 2.3.2.4.3. Análise dos dados

Para integrar os dados de biomassa com as imagens de satélite serão utilizadas técnicas estatísticas, sobretudo os modelos de regressão. Na metodologia de análise e integração entre os dados de SR (valores de reflectância das bandas e índices de vegetação NDVI e SAVI) e a estimativa de biomassa será aplicado um modelo de regressão múltipla (NETER et al., 1989). Cabe citar que serão utilizados modelos distintos, um para cada conjunto de dados de satélite (QuickBird e CBERS-II).

Numa primeira etapa do trabalho será estabelecida uma matriz de correlação para o conjunto de imagens de satélite com objetivo de evitar problemas de autocorrelação e com isso, redundância de dados. A partir da seleção das imagens menos correlacionadas será estabelecida uma segunda matriz de correlação, entre as imagens de satélite e as estimativas de biomassa. O ajuste e a seleção das equações para estimar a biomassa (variáveis dependentes) em função das imagens de satélite (variáveis independentes) seguirá etapas descritas por NETER et al., (1989).



Neste sentido, serão realizadas algumas análises para verificar problemas no ajuste da curva de regressão, a saber: Teste gráfico Box Plot, Teste gráfico Scatter Plot, Variância do erro não constante (heterocedasticidade).

Para reduzir o número de variáveis, assim como determinar as melhores variáveis a serem incluídas no modelo, será aplicado o Método Stepwise (WERKEMA e AGUIAR, 1996). Para determinar a importância de cada uma das variáveis independentes (imagens de satélite) no modelo de regressão, será aplicado o teste sobre os coeficientes individuais de regressão. Na última etapa serão avaliados os coeficientes de correlação e determinação para verificar a relação entre biomassa vegetal e imagens de satélites.

Espera-se que os modelos de regressão permitam analisar de forma quantitativa as relações entre dados de biomassa da vegetação e de sensoriamento remoto. A análise integrada entre produtos de SR e dados florísticos-estruturais poderá contribuir para consolidar a compreensão dos sistemas ecológicos vegetais e seu estoque de carbono. Finalmente, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento sobre estoque de carbono nas unidades fitogeográficas de Cerrado/Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual, além de compreender de forma mais adequada do uso de novos sensores remotos para estimar biomassa vegetal.

## Referências Bibliográficas

- BRASIL. Comunicado nacional inicial do Brasil à convenção-quatro das Nações Unidas sobre mudança do Clima. Coordenação-Geral de Mudanças Globais. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. 274 p.
- BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. United Nations Rome: Food and Agriculture Organization (FAO). Forestry Paper – 134. 1997, 82 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/W4095E/W4095E00.htm>> Acessado em: 02 fev. 2004.
- BROWN, S., GILLESPIE, A. J. R., LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science*, v.35, p.881-902, 1989.
- CHAVEZ, P.S. Image-based atmospheric corrections - revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 62, p. 1025-1036, 1996.
- DIGITALGLOBE. QuickBird imagery products – products guide. 2003. 54 p. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acessado em: 9 abr. 2003.
- DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R., PADUA-VALLADARES, C. (Org.) Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da vida Silvestre. Curitiba – PR. Ed.da UFPR; Fundação o Boticário de Proteção à Natureza. 2003. p. 455-479.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). O satélite CBERS. 2004. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br>>. Acessado em: 28 jun. 2004.
- KOEHLER, H.S.; WATZLAWICK, L.F.; KIRCHNER, F.F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: (Ed.) SANQUETA, C. R. S.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M.A.; GOMES, F. dos S. As florestas e o carbono. UFPR, Curitiba, 2002 p. 251-264.
- KRAUSE, K. Radiance conversion of QuickBird data. Technical note. Colorado, USA. DigitalGlobe, 2003, 4p. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>> Acessado em: 7 jun. 2004.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: RIMA, 2004, 531 p.



LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. Remote sensing and image interpretation. 4 ed. New York: John Wiley & Sons. 2000. 721 p.

LUIZ, A.J.B.; GÜRTLER, S.; GLERIANI, J.M.; EPIPHANIO, J.C.N.; CAMPOS, R.C. Reflectância a partir do número digital de imagens ETM+. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2071-2078. CD ROOM.

MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. Landsat MSS and TM postcalibration on dynamic ranges of exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. Lanham: EOSAT, 1986. 21 p. (Landsat Technical notes n.1).

NETER, J.; WASSERMAN, W; KUTNER, M. H. Applied Linear Regression Models. Boston, 2 ed. 1989. 667 p.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Interamericana. Brasil. 1983. 434 p.

RODRIGUES, R. R.; et al. Dinâmica, diversidade e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha parcelas permanentes. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002. 126p. (Relatório Científico FAPESP 1999/09635-0). Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/>>. Acessado em: 15/12/2004.

TAU, V.; Y, HU. A comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. v.67, n. 12 p. 1347 – 1357, 2001.

WERKEMA, M.C.C.; AGUIAR, S. Análise de regressão: como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo. Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. 1996. 311 p.



## **2.4. Avaliação de métodos fitossociológicos por meio de simulações para um trecho de Cerradão na Estação Ecológica de Assis, SP.**

Carolina Mathias Moreira

João Luís Ferreira Batista

Ricardo Ribeiro Rodrigues

### 2.4.1. Resumo

O projeto temático “Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes” (BIOTA/FAPESP 1999/09635-0) amostrou 10,24ha de parcelas permanentes em cada uma das quatro principais formações florestais do Estado de São Paulo: Floresta de Restinga, Floresta Atlântica de Encosta, Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão. Em cada área, todos os indivíduos com CAP maior ou igual a 15cm foram amostrados, georreferenciados e identificados. O presente trabalho completará e checará em campo os dados coletados na área amostral da Estação Ecológica de Assis e utilizará estes dados em simulações de métodos de levantamento fitossociológico (quadrantes, parcelas contíguas e parcelas independentes), sob diferentes intensidades amostrais. Serão feitas 1.000 (mil) simulações para cada situação, através do software R, e serão geradas tabelas com os índices fitossociológicos mais utilizados, para cada simulação. Será avaliado o comportamento de cada índice, para cada situação estudada, em relação ao valor do parâmetro, obtido em toda a área amostral (10,24ha). O objetivo é fornecer um estudo estatístico aprofundado de cada método, indicando o grau de confiabilidade dos valores das estimativas provenientes de cada tipo de amostragem, fornecendo subsídios consistentes para a definição do método de amostragem em estudos de vegetação arbustivo-arbórea, de acordo com os objetivos do levantamento.

### 2.4.2. Introdução

“Se muito vale o já feito, mais vale o que será; e o que foi feito é preciso conhecer, para melhor prosseguir” (Milton Nascimento & Fernando Brant, 1978)

Os estudos sobre a composição florística e a estrutura fitossociológica das formações florestais são de fundamental importância, pois oferecem subsídios para a compreensão da estrutura e da dinâmica destas formações, parâmetros imprescindíveis para o manejo e regeneração das diferentes comunidades vegetais (Manzatto 2001).

Segundo definição de Martins (1989), a fitossociologia envolve o estudo das inter-relações de espécies vegetais dentro da comunidade vegetal no espaço e no tempo, e refere-se ao estudo quantitativo da composição, estrutura, dinâmica, história, distribuição e relações ambientais da



comunidade vegetal, sendo justamente esta idéia de quantificação que a distingue de um estudo florístico.

A metodologia de estudos fitossociológicos nasceu na Europa, sendo que nas Américas desenvolveram-se técnicas de análise quantitativa e a fitossociologia teve seu maior enfoque nos estudos do componente arbóreo das florestas (Martins 1979).

No Brasil, os primeiros estudos fitossociológicos foram feitos com o objetivo de conhecer melhor a estrutura florestal, como uma forma de combate às epidemias, e foram realizados através do Instituto Oswaldo Cruz. Os estudos começaram a ter caráter acadêmico, com enfoques ecológicos, quando o pesquisador Stanley A. Cain, da Universidade de Michigan (EUA) veio ao Brasil com o intuito de aplicar os conceitos e métodos fitossociológicos, que foram desenvolvidos para florestas temperadas, às florestas tropicais. Deste estudo resultou uma publicação (Cain & Oliveira Castro apud Martins 1989) que é um dos principais textos didáticos de fitossociologia da vegetação brasileira, e o primeiro sobre a vegetação tropical (Martins 1989).

Ainda segundo esta publicação de Martins (1989), onde é feito um histórico dos estudos fitossociológicos no Brasil, o autor conclui que, para a região Sudeste, as principais preocupações dos pesquisadores eram: conhecer as florestas antes que acabem e tentar conscientizar que é necessário preservar as que ainda restam; entender as relações com o ambiente abiótico (em especial condições edáficas e climáticas); e uma preocupação especial com relação aos métodos de levantamento e análise, enfatizando a análise numérica.

Realçando esta preocupação com relação aos métodos, Gibbs et al. (1980) afirmam que o método deve fornecer máxima informação, com menor tempo de trabalho no campo e que em qualquer levantamento fitossociológico a qualidade do resultado da informação sobre a composição e estrutura da comunidade será de acordo com o método de amostragem empregado e o esforço despendido na coleta dos dados.

Cottam & Curtis (1959), ao comparar os resultados obtidos aplicando uma parcela e quatro métodos de amostragem por distância, na mesma floresta, em Wisconsin (EUA), concluíram que o método de quadrantes é superior aos outros métodos de distância para fornecer dados sobre as espécies, por ponto, e é menos tendencioso.

Os métodos adotados em levantamentos fitossociológicos têm sido ora o de quadrantes, ora o de parcelas, com ligeira predominância para o de parcelas. O limite diamétrico de inclusão também tem variado, mas há uma tendência de se padronizar em 5cm. O tamanho e a forma das parcelas e a área amostrada também variam (Durigan & Leitão Filho 1995).

Os primeiros levantamentos fitossociológicos no Brasil empregaram o método de parcelas (Heindjik & Campos apud Martins 1989). O método de quadrantes foi introduzido por Martins (1979), em estudo realizado no Parque Estadual de Vassununga, município de Santa Rita do Passa Quatro, SP.

Ao comparar os métodos de quadrantes e de parcelas, para uma floresta em Mogi-Guaçu, SP, Gibbs et al. (1980) concluíram que o método de quadrantes estimou melhor o número de



indivíduos das espécies dominantes e, além disso, utiliza um terço do tempo necessário para a amostragem por parcelas. No entanto, um quinto das espécies raras não foi amostrado por nenhum dos dois métodos (o número de espécies do fragmento era conhecido, devido a trabalhos anteriores). Com isso, os autores recomendam que seja utilizado o método de quadrantes, mais um levantamento florístico ao acaso. Trata-se do primeiro trabalho de comparação entre métodos fitossociológicos para florestas tropicais.

Já em estudo realizado por Pagano et al. (1995) em Floresta Estacional Semidecidual, os autores utilizaram o método de parcelas múltiplas e compararam estes resultados com estudo realizado anteriormente, na mesma área, por Pagano & Leitão-Filho (1987), onde foi empregado o método de quadrantes. Foram encontradas diferenças nos resultados, tanto na composição florística como na estrutura fitossociológica, obtendo um número maior de espécies com o método de parcelas.

Em estudo recente, Rocha (2003), avaliou métodos de parcela e de quadrantes para laudos de perícia ambiental, constatando que o método de quadrantes não apresenta diferença estatisticamente significativa dos dados de volume levantados pelo método de parcelas, sendo que o método de quadrantes apresenta, ainda, a vantagem de ser de fácil aplicação em campo, demandar menor tempo e ser eficiente na amostragem florística.

No entanto, Gorenstein (2002) observou que o método de quadrantes apresenta viés na estimativa de densidade absoluta, superestimando-a em comunidades com padrão de distribuição regular e subestimando-a em comunidades com padrão de distribuição agrupado, pois o método pressupõe que o padrão de distribuição das árvores é completamente aleatório. Mas não se sabe a influência deste viés nos parâmetros relativos (IVI e IVC) do estudo fitossociológico.

Durigan et al. (2000) recomendam o método de quadrantes principalmente quando o objetivo é amostrar riqueza e diversidade, pois este método abrange uma área maior, amostrando um maior número de microhabitats e, portanto, mais espécies. O método de parcelas é recomendado pelos autores para estudos fitossociológicos, por possibilitar a elucidação das correlações espaciais da vegetação com outros fatores ambientais, tanto físicos como bióticos e também temporais, pela possibilidade de reavaliações periódicas, quando usadas parcelas permanentes, associando a levantamentos florísticos fora da área das parcelas, resolvendo assim a desvantagem de amostrar menos espécies que o método de quadrantes.

Ao estudar a dinâmica de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, Manzatto (2001) reafirma que o método de quadrantes mostrou-se adequado na caracterização da riqueza local das espécies e possibilita assim uma melhor caracterização do mosaico florestal da própria heterogeneidade ambiental do fragmento.

Em mais um estudo comparativo de métodos para levantamentos fitossociológicos, Vanini (1999) comparou o método de parcelas fixas com o método de parcelas variáveis (Bitterlich), para caixetais. A autora concluiu que o método de área variável amostrou satisfatoriamente o número



de espécies, demandando um tempo dois terços menor do que o método de área variável. O fato de que os caixetais não têm sub-bosque desenvolvido facilita o uso do método de área variável.

Uma característica comum a estes estudos comparativos é que, geralmente, são utilizados os resultados obtidos na amostragem por parcelas como referência para comparar os resultados obtidos com o método de quadrantes (ou outro). O presente trabalho apresenta a possibilidade de comparar ambos os resultados com aqueles encontrados na parcela permanente, que representa o censo da população estatística em estudo, fornecendo assim dados mais precisos na avaliação do viés de cada método.

A discussão, entretanto, não acaba com a escolha do método a ser empregado, pois a intensidade amostral adequada para cada situação é de extrema importância, já que toda comunidade florestal tem uma área mínima de amostragem que, abaixo dela, a comunidade não se expressa (Rodrigues 1989).

Sendo assim, uma questão importante refere-se ao tamanho amostral: que tamanho deve ter a amostra, de modo a fornecer um número total de indivíduos ou uma área total, na qual as abundâncias relativas das espécies estejam "suficientemente" representadas? (Martins & Santos 1999).

A curva do coletor tem sido geralmente usada para verificar a área mínima a ser amostrada, ou suficiência amostral. Esta é uma interpretação incorreta da função da curva. Cada vez que se somam as unidades amostrais para expressar o tamanho cumulativo da amostra, a soma inclui todas as unidades amostrais anteriores, de forma que cada área acumulada é totalmente dependente da área acumulada anteriormente. Os problemas com esse tipo de curva são muitos. Um deles refere-se à ordenação das unidades amostrais. Dependendo da forma como elas são ordenadas, o formato da curva será diferente (Martins & Santos 1999).

Mesmo assim, a maioria dos trabalhos emprega a curva do coletor e a julga como suficiente para indicar que os resultados provenientes daquela amostragem são livres de incerteza. Além disso, são analisadas, geralmente, as dez primeiras espécies e famílias com os maiores Índices de Valor de Importância (IVI). Este número (10), porém, não é baseado em nenhum estudo estatístico ou de método, podendo resultar em sub-utilizações dos dados gerados – se a confiabilidade da tabela de parâmetros fitossociológicos for maior do que as dez primeiras espécies/famílias - ou inferências errôneas – se a confiabilidade da tabela de parâmetros fitossociológicos for menor do que as dez primeiras espécies/famílias.

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo geral: contribuir com os estudos da eficiência e particularidades dos principais métodos utilizados em levantamentos de vegetação florestal, gerando dados acerca da confiabilidade dos resultados obtidos em cada método, testando a seguinte hipótese: A ordem das espécies na tabela de parâmetros fitossociológicos é alterada de acordo com o método e o esforço amostral empregados.

Para alcançar esse objetivo, serão cumpridas as seguintes ações:



- Conferir e completar no campo os dados de levantamento fitossociológico de 10,24ha de parcela permanente alocada num fragmento de Cerradão no oeste do Estado de São Paulo (E.E. de Assis);
- Simular amostragens, nessa parcela, empregando os métodos de parcela e quadrantes e quatro intensidades amostrais, utilizando dois tamanhos de parcela para parcelas independentes e uma parcela única de 1ha, totalizando assim 13 situações de amostragem (parcela pequena, parcela grande e quadrantes, com quatro intensidades amostrais cada, mais a parcela única);
- Fazer 1.000 simulações para cada situação de amostragem, ou seja, 13.000 simulações ao todo;
- Gerar gráficos e tabelas e compará-los entre si.

### 2.4.3. Material e Método

Os dados obtidos no levantamento realizado pelo Projeto Parcelas Permanentes na EE de Assis, serão checados e completados em campo. Estes dados, coletados em 10,24ha de formação Cerradão, representam o censo da população estatística em estudo, e serão denominados, neste trabalho, de Mapa de Árvore.

Os índices analisados serão aqueles que compõem os principais parâmetros fitossociológicos recomendados por Mueller-Dumbois & Ellenberg (1974): Freqüência, Densidade e Dominância, nos seus valores absolutos e relativos, e os Índices de Valor de Importância (IVI) e Cobertura (IVC).

Estes índices serão analisados através de simulações por computador, com o uso do software R. Serão simuladas amostragens empregando o método de parcelas independentes, o método de quadrantes e uma grande parcela em bloco de 1 hectare. Para cada método serão testadas quatro intensidades amostrais: 1ha; 0,75ha; 0,5ha; e 0,25ha, detalhadas na tabela 1. O número de pontos quadrantes para cada intensidade amostral foi calculado de acordo com o número de árvores amostradas em cada situação, pelas parcelas, sabendo-se que na área ocorrem aproximadamente 2.200 árvores por hectare.

Tabela 1: Situações de amostragem, para diferentes métodos de levantamento fitossociológico e diferentes intensidades amostrais, a serem simuladas na parcela permanentes em estudo na EE de Assis, SP.

Situação	1	2	3	4	5
Área amostrada (m <sup>2</sup> )	10.000	7.500	5.000	2.500	10.000
Parcelas de 10 x 10m	100	75	50	25	Parcela única
Parcelas de 50 x 50m	4	3	2	1	
Pontos quadrantes	550	413	275	138	
Total de situações: 13					





Para cada situação serão feitas 1.000 (mil) simulações, totalizando, desta forma 13.000 simulações (quatro intensidades amostrais e três métodos, mais a parcela única).

Para cada simulação e para o Mapa de Árvore será gerada uma tabela com os principais parâmetros fitossociológicos, sendo que a tabela do Mapa de Árvore fornece os valores paramétricos da população estatística em estudo.

#### 2.4.4. Forma de Análise dos Resultados

Os resultados serão analisados das seguintes formas:

- Estudo do viés (Vício da estimação): a média de cada índice, obtida nas 1.000 simulações, para cada situação, será comparada com os valores paramétricos;
- Estudo de precisão: serão calculados o erro padrão e o intervalo de confiança (95%) para cada um dos conjuntos de 1.000 simulações;
- Estudo da distribuição dos índices: serão gerados e analisados os seguintes gráficos:
  - Gráficos de densidade – para verificar simetria e curtose;
  - Gráficos de probabilidade normal – para verificar a proximidade da distribuição das estimativas dos índices com a distribuição normal;
  - Gráficos Quantil-Quantil – para verificar a proximidade das distribuições das estimativas entre métodos e intensidades amostrais.

#### Referências Bibliográficas

- COTTAM, G.; CURTIS, J.T. The use of distance-measures in phytosociological sampling. *Ecology*, v.37, p.451-460, 1959.
- DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H.F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. *Revista do Instituto Florestal*, v.7, n.2, p.197-239, 1995.
- DURIGAN, G.; RODRIGUES, R.R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In: *Matas Ciliares: conservação e recuperação* (Rodrigues, R.R. & Leitão-Filho, H.F., eds). São Paulo: Edusp: Fapesp, 2000.
- GIBBS, P.E.; LEITÃO-FILHO, H.F.; ABBOTT, R.J. Application of the point centered quarter method in a floristic survey of an area of gallery forest at Mogi-Guaçu, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v.3, p. 17-22, 1980.
- GORENSTEIN, M.R. Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional semidecidual. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2002.
- INSTITUTO FLORESTAL Divisão de florestas e estações experimentais. <http://iflorestsp.br/unidades.htm>. Acesso em 23 março 2004.
- MANZATTO, A.G. Dinâmica de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Rio Claro, SP: diversidade, riqueza florística e estrutura da comunidade no período de 20 anos (1978-1998). Dissertação de Mestrado. Rio Claro: UNESP, 2001.
- MARTINS, F. R. Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico. *Pesquisa série Botânica*, São Leopoldo, 40, 1989.
- MARTINS, F. R. O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual do interior do estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1979.



- MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. Revista Holos 1 (edição especial): 236-267, 1999.
- MUELLER-DUMBOIS, D. & ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetation ecology. New York, Willey & Sons, 1974.
- PAGANO, S.N.; LEITÃO-FILHO, H.F.; CAVASSAN, O. Variação temporal da composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta Mesófila Semidecídua. Revista Brasileira de Biologia, v.55, n.2, p.241-258, 1995.
- PAGANO, S.N.; LEITÃO-FILHO, H.F.; SHEPHERD, G.J. Estudo fitossociológico em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro (Estado de São Paulo). Acta Botanica Bras. 10:49-61, 1987.
- ROCHA, F.T. Levantamento florestal na Estação Ecológica dos Caetetus como subsídios para laudos de desapropriação ambiental. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2003.
- RODRIGUES, R.R. (org.) 2º Relatório Temático do Projeto Parcelas Permanentes. Relatório Científico II. Disponível no endereço <http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/relatorio2.pdf>. Acesso em 25 mar 2004.
- RODRIGUES, R.R. Análise estrutural das formações ripárias. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1. São Paulo, 1989. Anais. Campinas: Fundação Cargil, 1989.
- VANINI, A. Estudo comparativo de dois métodos de amostragem fitossociológica em caixetais. Dissertação de Mestrado. Piracicaba: ESALQ, 1999.



## **2.5. Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e Carlos Botelho-SP durante o Quaternário tardio**

Elaine Vidotto

Luiz C. R. Pessenda

Susy E. M. Gouveia

Frésia S. Ricardi-Branco

José A. Bendassolli

Ramon Aravena

Antonio A. Buso Júnior

### Resumo.

Neste capítulo, apresentam-se os conceitos básicos sobre a utilização dos isótopos estáveis  $^{12}\text{C}$  e  $^{13}\text{C}$  e o radioativo  $^{14}\text{C}$  da matéria orgânica do solo (MOS) e da palinologia, em estudos de reconstrução paleoambiental relativos às trocas de vegetação. Descrevem-se as características isotópicas das plantas de ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  (árvores e algumas gramíneas),  $\text{C}_4$  (maioria das gramíneas) e CAM (orquídeas), com seus respectivos intervalos de variação natural e a determinação da idade  $^{14}\text{C}$  em anos A.P. Expõem-se sucintamente os métodos físico e químico de extração da fração humina da MOS, a síntese de benzeno desse material e a detecção do  $^{14}\text{C}$  por espectrometria de cintilação líquida de baixo nível de radiação de fundo. Descrevem-se também o tratamento químico das amostras de solos para a extração do pólen e o procedimento para análise e contagem dos grãos de pólen, bem como a construção dos diagramas polínicos. Apresenta-se nesse capítulo o estudo que vem sendo desenvolvido no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) e no Parque Estadual Carlos Botelho (PECB) com o objetivo de obter um aumento dos registros paleoambientais baseados em dados polínicos de manguezais e isotópicos da MOS em florestas tropicais, visando contribuir com os estudos de reconstrução vegetacional e climática durante o Pleistoceno tardio e Holoceno na região Sudeste do Brasil.

### 2.5.1. Introdução

O interesse em pesquisas do Quaternário ( $\cong$  1,8 milhões de anos) está voltado especialmente aos fatos ocorridos após a última glaciação ( $\cong$  20.000 anos) que causaram mudanças climáticas em todo o planeta. Os períodos glaciais e interglaciais causaram mudanças no padrão climático, com consideráveis variações na temperatura, chuvas e umidade relativa.

O estudo das variações vegetacionais e climáticas ocorridas no Quaternário tardio (Pleistoceno superior e Holoceno) no Brasil iniciaram-se com os registros palinológicos de sedimentos lacustres da Amazônia (Absy & Van der Hammen, 1976; Absy, 1979; Colinvaux, 1987), do Brasil Central (Ledru, 1993; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997) e das regiões Sul e Sudeste



(Lorscheitter, 1983; De Oliveira, 1992; Behling, 1995a, b). O cenário paleovegetacional fornecido pela análise palinológica, apesar da falta de dados paleoecológicos sobre várias formações vegetais do Brasil, tem proporcionado subsídios à elucidação de vários problemas biogeográficos e importantes subsídios para o entendimento das flutuações climáticas que ocorreram no Brasil, especialmente durante o último ciclo glacial. Frentes frias mais intensificadas durante fases glaciais, associadas a mudanças climáticas globais, modelaram a paisagem do atual território brasileiro. A vegetação moderna ainda está se acomodando ante essas mudanças, embora o nível de destruição antropogênica esteja alterando os padrões naturais de estabilização da vegetação, proporcionada pelos mecanismos da sucessão vegetal (De Oliveira *et al.*, 2005).

A utilização inicial dos isótopos do carbono ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  e  $^{14}\text{C}$ ) da matéria orgânica do solo (MOS) nos estudos paleoambientais foi efetuada nas regiões Sul (Londrina-PR) e Sudeste (Piracicaba-SP) (Pessenda *et al.*, 1993a, b; Valência, 1993). A importância dos estudos isotópicos está principalmente associada ao fato de que a técnica pode ser utilizada em todas as regiões brasileiras onde há vegetação nativa e solos relativamente espessos, com pelo menos 2m, cuja cronologia determinada pela datação  $^{14}\text{C}$  da MOS (fração humina) e/ou de fragmentos soterrados de carvão para a profundidade em questão representa, em geral, o Holoceno. Outro aspecto a ser enfatizado é que resultados bastante confiáveis sobre as eventuais trocas de vegetação  $\text{C}_3$  (floresta) e  $\text{C}_4$  (savanas) no passado, até  $\cong 50.000$  anos A.P., podem ser obtidos em transecções de centenas de quilômetros, permitindo-se assim o estudo e interpretação da dinâmica passada e atual com significativo alcance regional, em ecossistemas apresentando ecótonos dos mais variados tipos e dimensões. Quando da aplicação conjunta de estudos fitossociológicos nos locais de trabalho, a relação entre os parâmetros utilizados e os valores dos isótopos estáveis do carbono das camadas superficiais dos solos permite a obtenção de uma calibração entre os dados isotópicos e as coberturas vegetais atuais, aspecto de grande relevância na interpretação dos resultados da dinâmica paleovegetacional.

Com o presente trabalho pretende-se obter um aumento dos registros paleoambientais baseados em dados polínicos de manguezais e isotópicos da matéria orgânica do solo (MOS) em florestas tropicais, visando contribuir com os estudos de reconstrução vegetacional e climática durante o Pleistoceno tardio e Holoceno na região Sudeste do Brasil. Com o aspecto multi e interdisciplinar deste projeto, pretende-se efetuar estudos comparativos envolvendo os registros palinológicos e registros isotópicos nas amostras de solo e plantas. O trabalho também apresentará um estudo comparativo entre os resultados da área costeira (PEIC) com os de uma área continental (PECB).



## 2.5.2. Isótopos estáveis do carbono ( $^{12}\text{C}$ , $^{13}\text{C}$ ) e datação por $^{14}\text{C}$ em estudos de reconstrução paleoambiental

### 2.5.2.1. Isótopos estáveis do carbono

Os isótopos estáveis ocorrem naturalmente na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. Existem átomos de mesmo elemento com massa diferente. Cada elemento tem um isótopo dominante “leve” ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{32}\text{S}$ ,  $^1\text{H}$ ) e um ou mais isótopos “pesados” ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{33}\text{S}$ ,  $^2\text{H}$ ), com abundância natural menor ou próxima de 1%. Alguns isótopos mais pesados tomam parte das mesmas reações químicas que os leves, porém o fazem em diferentes taxas. As reações químicas e processos físicos, tais como, evaporação e condensação, discriminam os isótopos pesados. O entendimento desses processos na natureza iniciou-se nas décadas de 1950 e 1960, com aplicações práticas na hidrologia, na exploração do petróleo e na geoquímica. Mais tarde, verificou-se que nas plantas há a discriminação dos isótopos do carbono nos processos biológicos do ciclo da fotossíntese e na fixação do  $^{15}\text{N}$  (Berrier & Prosser, 1996).

Na década de 1970, foi demonstrado e aceito que as composições isotópicas das plantas diferiam amplamente e que a relação dos isótopos estáveis do carbono poderia ser utilizada para distinguir os diferentes tipos de ciclos fotossintéticos  $\text{C}_3$  (árvores e algumas gramíneas) e  $\text{C}_4$  (maioria das gramíneas), definida como:

$$\delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = \left( \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) \times 1000 \quad (1)$$

onde  $R = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , sendo medida por espectrometria de massa na unidade por mil (‰); e  $R_{\text{padrão}}$  = a razão dos isótopos do carbono do padrão PDB (molusco fóssil *Belemnitella americana* da Formação Peedee).

#### 2.5.2.1.1. Fracionamento isotópico pelas plantas $\text{C}_3$

Plantas com ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  reduzem o  $\text{CO}_2$  a fosfoglicerato, um composto com três carbonos, via enzima ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (Boutton, 1996). Aproximadamente 85% das espécies de plantas possuem o ciclo  $\text{C}_3$  (Ehleringer *et al*, 1991), e espécies  $\text{C}_3$  são dominantes na maioria dos ecossistemas das regiões boreais aos trópicos. Plantas com ciclos  $\text{C}_3$  têm valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  de aproximadamente -32‰ a -22‰, com uma média de -27‰ (Boutton, 1991).

#### 2.5.2.1.2. Fracionamento isotópico pelas plantas $\text{C}_4$

As plantas  $\text{C}_4$  são representadas pela maioria das gramíneas e compreendem 5% das espécies de plantas. A distribuição geográfica e a produtividade relativa de gramíneas  $\text{C}_4$  estão fortemente correlacionadas com temperatura, distribuição sazonal e quantidade de precipitação (Lloyd & Farquhar, 1994).

As plantas  $\text{C}_4$  reduzem o  $\text{CO}_2$  a ácido aspártico ou málico, compostos por quatro carbonos, via enzima carboxilase fosfoenolpiruvato (PEP). Plantas com ciclo  $\text{C}_4$  discriminam menos contra



$^{13}\text{CO}_2$  durante a fotossíntese e, portanto, têm valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  maiores do que plantas  $\text{C}_3$ , entre -17‰ e -9‰, com uma média de -13‰ (Boutton, 1991). Assim os intervalos de valores não se sobrepõem e os dois grupos diferem em média de cerca de 14‰.

#### 2.5.2.1.3. Fracionamento isotópico pelas plantas CAM

As espécies CAM compreendem aproximadamente 10% das espécies de plantas e são usualmente suculentas (Bender *et al.*, 1973). Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de -28‰ a -10‰ são encontrados em espécies CAM facultativas, porém para algumas espécies CAM-obrigatórias, os valores isotópicos foram comparáveis aos das plantas  $\text{C}_4$  (Boutton, 1996).

#### 2.5.2.1.4. Fracionamento isotópico da MOS

A mineralização da MOS e os processos associados à formação do húmus em solos induzem a pequenas variações da abundância de  $^{13}\text{C}$ . Geralmente, um pequeno enriquecimento de  $^{13}\text{C}$  pode ser observado do topo para o fundo dos perfis de solo, sendo os horizontes mais profundos 1 a 3‰ mais ricos em  $^{13}\text{C}$  do que o topo do perfil (Stout *et al.*, 1981; Nadelhoffer & Fry, 1988; Balesdent *et al.*, 1993).

Esse enriquecimento da MOS com a profundidade pode ser devido a: (i) alteração da composição isotópica da vegetação com o tempo, como consequência de variações recentes no conteúdo de  $^{13}\text{C}$  no  $\text{CO}_2$  atmosférico; (ii) uma possível decomposição diferencial dos componentes bioquímicos das plantas, os quais são conhecidos isotopicamente heterogêneos; e (iii) um fracionamento isotópico durante a mineralização da MOS. Esse enriquecimento, sendo sempre menor que 4‰, não é grande o suficiente para mascarar a diferença de 14‰ entre a serrapilheira de plantas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$  (Boutton, 1996; Roscoe *et al.*, 2000).

Portanto, a MOS, que provém quase exclusivamente da vegetação de cobertura, aparece como um testemunho dos eventos climáticos que ocorreram nos últimos milhares de anos. Com a aplicação dos isótopos estáveis do carbono ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) é possível determinar a origem dessa MOS (plantas  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  ou mistura de plantas), enquanto a datação por  $^{14}\text{C}$  estabelece a cronologia, como será explicado no item a seguir.

### 2.5.2.2. Carbono 14

#### 2.5.2.2.1. Formação do radionuclídeo $^{14}\text{C}$ na atmosfera

O método da datação por  $^{14}\text{C}$  tem por base a contínua produção do carbono radioativo na alta atmosfera. O radionuclídeo  $^{14}\text{C}$  é formado continuamente na estratosfera, camada superior que se situa aproximadamente a 16 km da superfície terrestre. A reação processa-se quando nêutrons secundários interagem com átomos do elemento  $^{14}\text{N}$  presente nos gases atmosféricos através da reação [ $^{14}\text{N} (n, p) ^{14}\text{C}$ ] (Libby *et al.*, 1949).

A oxidação do  $^{14}\text{CO}_2$  é rápida e, por meio da movimentação atmosférica, distribui-se pelos demais reservatórios naturais, como os oceanos e a biosfera, permanecendo aí de acordo com os respectivos tempos de residência, após sua assimilação e incorporação (Libby *et al.*, 1949).



#### 2.5.2.2.2. Ciclo do $^{14}\text{C}$

As plantas assimilam o  $^{14}\text{C}$  via fotossíntese, formando compostos orgânicos. Os animais, ao se alimentarem dos vegetais, incorporam o radionuclídeo. Durante a vida do organismo, há um equilíbrio entre a atividade específica do  $^{14}\text{C}$  em relação à do ambiente, sendo que a relação  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  de todos os seres vivos, em todas as latitudes e longitudes, é observada na mesma proporção. A assimilação é constante durante a vida do organismo, devido à contínua absorção de  $\text{CO}_2$  pelas plantas (Libby *et al.*, 1949).

Quando o equilíbrio é rompido, isto é, quando o organismo morre, ocorre apenas a desintegração radioativa do  $^{14}\text{C}$  que decai em taxa constante. Libby *et al.* (1949) verificaram que a metade do  $^{14}\text{C}$  na atmosfera original teria se desintegrado após 5.568 anos. Estimou-se que o  $^{14}\text{C}$  estaria presente numa amostra entre  $\cong 50.000$  e  $60.000$  anos, ou após dez meias-vidas. A desintegração radioativa do  $^{14}\text{C}$  se faz por emissão da partícula  $\beta^-$ , ou de um elétron, que possui uma energia máxima de  $0,156$  MeV, formando o  $^{14}\text{N}$  estável ( $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + \beta^-$ ).

A meia vida T (tempo necessário para que a atividade se reduza à metade) do  $^{14}\text{C}$  de  $5.730$  anos  $\pm 30$  anos foi determinada com precisão pelo *National Bureau of Standard*, em 1961. Na 5ª Conferência sobre a Datação por  $^{14}\text{C}$ , realizada nos Estados Unidos em 1962, adotou-se o valor de  $T = 5.568 \pm 30$  anos, que apresenta um erro da ordem de 3%, uniformizando os resultados obtidos por diversos laboratórios durante a implantação do método nos anos de 1950 (Pessenda, 1998).

A atividade de uma amostra depende do número total de núcleos radioativos presentes e de uma probabilidade de decaimento ( $\lambda$ ) constante para cada nuclídeo. A atividade do  $^{14}\text{C}$  pode ser determinada pela equação:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (2)$$

onde: t = tempo decorrido após a morte do organismo, A= atividade específica da amostra no tempo-t qualquer,  $A_0$  = atividade específica da amostra no tempo-t = 0, sendo representada pelo padrão Ácido Oxálico NIST; e  $\lambda$  = constante de desintegração, sendo igual a  $0,693/T$  (T = meia vida do  $^{14}\text{C}$ ).

A detecção da atividade do  $^{14}\text{C}$  em amostras de origem ambiental pode ser realizada por três técnicas analíticas:

- Espectrometria de Cintilação Líquida de Baixo Nível de Radiação de Fundo (utilizada no Laboratório de  $^{14}\text{C}$  do CENA/USP), em que amostras com aproximadamente 3 g de carbono são sintetizadas em um sistema de vácuo em  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  e  $\text{C}_6\text{H}_6$  e o  $^{14}\text{C}$  natural é detectado por cintilação líquida (Pessenda & Camargo, 1991);
- Contador Proporcional Gasoso (CPG), em que amostras com aproximadamente 1 g de carbono são transformadas em  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ou  $\text{C}_2\text{H}_2$  em sistema de vácuo e posteriormente detectadas (Libby *et al.*, 1949; Edwards, 1990); e



- Acelerador de Partículas Acoplado a um Espectrômetro de Massa (*Accelerator Mass Spectrometry – AMS*), onde o carbono da amostra, aproximadamente 300 µg, apresenta-se na forma sólida (grafite). Os passos analíticos até a obtenção do CO<sub>2</sub> purificado são idênticos à cintilação líquida. Após, os átomos do carbono são ionizados, acelerados e detectados (Grootes *et al.*, 1989; Biondi & Fessenden, 1999).

O limite de detecção da técnica permite determinar até aproximadamente 60.000 anos Antes do Presente (A.P.), sendo Presente o ano de 1950, em materiais como carbonatos de águas subterrâneas, matéria orgânica do solo, turfas, conchas, madeiras, fragmentos de carvão, celulose, ossos etc.

Para a datação de amostras, assume-se que a concentração de <sup>14</sup>C manteve-se constante no passado. No entanto, foram determinadas variações de <sup>14</sup>C, devido às mudanças no campo magnético terrestre, no fluxo de radiações cósmicas causadas por intensidade da atividade solar, em alterações geoquímicas nos reservatórios naturais do <sup>14</sup>C e na troca entre eles. Tais variações foram determinadas pela correlação das datações com cronologias de anéis de crescimento de árvores de clima temperado, em sedimentos de lagos e em bolhas de ar preservadas no gelo de glaciais etc. Essas alterações são consideradas no processo de datação das amostras (Suess, 1967; Bucha, 1970; Jong & Mook, 1980; Olsson, 1980; Pessenda *et al.*, 1993b; Lisi *et al.*, 1996).

A técnica de datação por <sup>14</sup>C tem sido utilizada em muitos estudos da matéria orgânica do solo (MOS) desde a década de 50, por possibilitar o acompanhamento de processos de deposição ao longo do perfil, verificar a estabilidade das diferentes frações e estimar a cronologia da formação da MOS do solo.

Devido à complexidade da formação do solo, questionamentos referem-se sobre qual é a fração ideal da MOS a ser datada. O acúmulo de restos vegetais, madeira, folhas e raízes no solo produz um fornecimento contínuo de matéria orgânica fresca (Campbell *et al.*, 1967; Goh *et al.*, 1976; Martel & Paul, 1974; Scharpenseel *et al.*, 1968 e Trumbore, 1996), a qual passa por uma série de processos químicos levando à liberação de carboidratos, proteínas e ligninas, componentes orgânicos com diferentes ciclos de degradação.

Outro aspecto é a contaminação dos solos com carbono jovem, cujas fontes mais importantes são: invasão de raízes, infiltração de compostos orgânicos dissolvidos em água, influência de microorganismos e da fauna do solo, resultando no rejuvenescimento das datações obtidas.

Desta forma, na determinação da datação de solos pelo método de <sup>14</sup>C, materiais como madeira e fragmentos de carvão são normalmente preferíveis aos componentes da MOS. Os fragmentos de carvão encontrados nos solos são considerados biologicamente inertes e fisicamente estáveis em relação a trocas isotópicas com o meio externo, sendo desta forma um dos materiais mais apropriados para a datação por <sup>14</sup>C. Na maioria dos solos, no entanto, tais materiais são ausentes ou presentes em quantidades muito pequenas para serem datados pelos métodos convencionais (cintilação líquida e proporcional gasoso).

Um estudo realizado com o objetivo de comparar as datações da fração humina com as datações <sup>14</sup>C de fragmentos de carvão soterrados em profundidades similares mostrou que em





geral houve uma boa concordância entre as datações dos fragmentos de carvão e da fração humina, até aproximadamente 150 cm de profundidade, sendo as datações dos fragmentos de carvão em média 10% mais antigas na profundidade 200 cm. Portanto, uma estimativa da datação da MOS pode ser obtida através da datação da fração humina, principalmente no que se refere aos primeiros 150 cm de profundidade (Gouveia & Pessenda, 1999; Gouveia, 2001; Pessenda *et al.*, 2001).

### 2.5.3. Palinologia do Quaternário como indicadora de trocas de vegetação e clima

O conhecimento dos ecossistemas pretéritos por meio do estudo estratigráfico dos fósseis contidos em sedimentos fornece subsídios à compreensão da evolução ecológica de uma região e de suas possíveis mudanças. Entre esses fósseis podemos citar os grãos de pólen, que são fontes seguras de informação sobre a vegetação que esteve presente em diferentes áreas da Terra em épocas diversas.

O pólen, juntamente com os demais palinóforos (todas as formas de microfósseis encontradas nas preparações palinológicas), se deposita na superfície, em locais com condições favoráveis de sedimentação, tais como, lagos, pântanos, turfeiras e terrenos alagadiços. Nestes locais o pólen é preservado e vai se depositando em camadas. Com o acúmulo dessas camadas sucessivas, os depósitos vão se estratificando ao longo do tempo geológico.

Em 1916 o geólogo sueco Lennart von Post publicou um trabalho pioneiro realizado no sul da Suécia sobre a importância do pólen fóssil como instrumento para se interpretar a história climática e da vegetação. Este trabalho demonstrou que por meio de sondagens em turfeiras poder-se-ia retirar amostras em diferentes profundidades e após o devido tratamento químico (para destruir tudo o que não fosse pólen), identificar e contar os grãos de pólen para a reconstituição da flora e, conseqüentemente, do clima da região estudada (Salgado-Labouriau, 1961).

A metodologia para a interpretação paleoecológica, a partir da análise palinológica, fundamenta-se no fato de que todos os tipos polínicos conservados em testemunhos do Quaternário são suscetíveis de comparação com gêneros modernos, uma vez que não ocorreu extinção de plantas (Barberi, 2001).

Os grãos de pólen e os esporos possuem um envoltório externo, a exina, constituída de esporopolenina, que é elástica e tem grande resistência ao ataque por agentes químicos redutores, possibilitando a preservação dos grãos quando depositados em ambientes redutores, como lagoas e turfeiras. Além disso, possuem características morfológicas próprias como formas, dimensões, ornamentações e aberturas, que permitem sua classificação em grupos taxonômicos distintos (Salgado-Labouriau, 1984).

As variações climáticas ocorridas no Pleistoceno e Holoceno provocaram mudanças na vegetação, as quais foram registradas pelo conteúdo polínico dos sedimentos. A análise palinológica tornou-se uma ferramenta importante dentro dos estudos paleoclimáticos do



Quaternário em regiões continentais, complementando os dados provenientes de testemunhos marinhos e de gelo (Bradley, 1999). Porém, é importante lembrar que o registro palinológico do Quaternário também engloba mudanças na cobertura vegetal causadas por alterações antropogênicas, tais como o uso da terra para monoculturas, queimadas, etc. Estas mudanças também podem ser registradas pelas assembléias polínicas. Por isso, é importante saber qual é a escala temporal e espacial do estudo polínico, para poder separar os sinais climáticos dos causados por outros fatores (Amaral, 2003).

As reconstituições paleoambientais/paleoclimáticas através da palinologia são possibilitadas por quatro atributos básicos dos grãos de pólen (Faegri & Iversen, 1989; Bradley, 1999):

- determinação da família, gênero e algumas vezes espécie vegetal, através das características morfológicas dos grãos de pólen;
- produção em grande quantidade e alta capacidade de dispersão pelo vento, água, insetos ou animais;
- são extremamente resistentes à degradação em determinados ambientes sedimentares;
- refletem a vegetação no tempo da deposição do pólen.

O estudo dos mecanismos de dispersão, transporte e deposição de pólen e esporos, em ambientes atuais, é fundamental para utilização destes elementos como indicadores paleoambientais. A compreensão destes mecanismos indicará o quanto de pólen e esporos despositados em sedimentos de uma determinada região refletem a vegetação circunvizinha (Amaral, 2003).

Os diferentes tipos de vegetação possuem alguns elementos característicos que podem defini-las. Os representantes de tipos específicos da vegetação são chamados de *taxa* indicadores e os estudos da chuva polínica moderna são necessários para definir esses *taxa*. Uma vez definida a associação de *taxa* indicadores, esta pode ser utilizada como indicadora de parâmetros climáticos responsáveis por mudanças da vegetação, tais como, a duração da estação seca ou a temperatura média no inverno (Ledru, 2002).

Os manguezais também são bons locais para estudos palinológicos, principalmente os que se desenvolvem em substratos lamosos, pois são propícios para a deposição e preservação dos grãos de pólen. Além disso, o substrato lamoso dos manguezais é normalmente anóxico e esta condição garante a boa preservação do registro polínico.

Entretanto, alguns aspectos da sedimentação dentro do manguezal devem ser levados em consideração ao se realizar a análise palinológica. Como os manguezais ocupam a zona de intermaré, os sedimentos podem ser redistribuídos por correntes de maré, causando mistura do registro palinológico. Outro aspecto importante a ser considerado é a remobilização dos sedimentos por agentes bioturbadores, como os caranguejos.

Os estudos dedicados à interpretação do registro palinológico em manguezais têm demonstrado que, apesar das limitações impostas pela bioturbação e redistribuição dos sedimentos pela ação da maré, os resultados da análise palinológica podem fornecer informações



importantes sobre a história da vegetação neste ecossistema, além de contribuir com dados para a reconstrução de alterações do nível do mar e da evolução sedimentar costeira (Blasco *et al.*, 1996; Suguio, 1999; Grindrod *et al.*, 2002).

#### 2.5.4. Estudo paleoambiental nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e Carlos Botelho.

##### 2.5.4.1. Metodologia

###### 2.5.4.1.1. Vegetação

A base de interpretação de estudos do Quaternário que visam reconstruir mudanças paleoambientais (paleovegetação e paleoclima) deve ser feita a partir da análise da paisagem atual. Assim, necessita-se conhecer quais os fatores que influem na dinâmica atual do local de estudo, como por exemplo, o tipo de vegetação presente na área e o clima da região.

A florística e a estrutura da vegetação de restinga presente no PEIC e da mata atlântica de encosta, no PECB, está bem caracterizada no Projeto Parcelas Permanentes - Biota e há ainda outros estudos disponíveis para a mata de encosta e para o mangue. Desse modo pretende-se um acesso a esses dados da vegetação, que são de suma importância para o desenvolvimento desse projeto.

Neste estudo será analisada a composição isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) foliar das plantas, onde serão enviadas aproximadamente 4 mg das amostras coletadas em cada área, após terem sido lavadas, secas, moídas e pesadas, ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, para a determinação de  $^{13}\text{C}$  em um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da Europa Scientific. Os resultados serão expressos pela unidade relativa “ $\delta$ ”, determinada em relação ao padrão internacional PDB (equação 1).

###### 2.5.4.1.2. Solos

###### 2.5.4.1.2.1. Amostragem.

Para a datação por  $^{14}\text{C}$  da MOS, serão feitas trincheiras de aproximadamente 100 cm de largura x 200 cm de comprimento x até 400 cm de profundidade, de onde serão coletados aproximadamente 5 kg de solo por camada, a cada 10 cm, no sentido das camadas inferiores para as superiores. As amostras de solo serão acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. Tradagens serão realizadas para a coleta de amostras para a determinação isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ).

Tanto no PEIC como no PECB as trincheiras e as tradagens serão realizadas fora da área da parcela permanente, a uma distância de aproximadamente 100 metros, que será escolhida em função da condição dominante dentro da parcela, que melhor represente aquela formação em termos de florística e de características ambientais.



No laboratório as amostras serão passadas em peneiras de malha grossa para o destorroamento e, durante o peneiramento, fragmentos de carvão, restos de raízes, folhas, insetos, etc. serão separados. Após secagem, as amostras serão passadas em peneiras de malha de 2 mm, obtendo-se desta forma a terra fina seca ao ar (TFSA).

#### 2.5.4.2.2.2. Granulometria.

A análise granulométrica dos solos será realizada no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Ciência do Solo - ESALQ/USP, através do método do densímetro (Kiehl, 1979).

#### 2.5.4.1.2.3. Carbono orgânico total.

Partindo-se de 80 mg de TFSA peneirada a 0,210 mm será determinado o carbono orgânico total, no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020, da Europa Scientific.

#### 2.5.4.1.2.4. Composição isotópica (d13C).

Serão enviados aproximadamente 80 mg de TFSA, peneirada a 0,210 mm, ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, para a determinação da composição isotópica da MOS (equação 1).

#### 2.5.4.1.2.5. Análise do $^{14}\text{C}$ .

##### 2.5.4.1.2.5.1. Extração química da humina.

Partindo-se de aproximadamente 500 g de TFSA peneirada a 0,21 mm a amostra será submetida a pré-tratamento físico e flotações (HCl 0,01M) para a retirada de resíduos orgânicos como fragmentos de carvão, raízes e insetos. A amostra será submetida a tratamentos ácido (HCl 0,5M, 80°C, 4 h), alcalino (Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> e NaOH 0,1N, pH 13) e novamente ácido (HCl 3M, 100°C, 12 h) para a eliminação dos ácidos húmicos, fúlvicos, resíduos orgânicos (açúcares, proteínas, gorduras) e contaminação com CO<sub>2</sub> atmosférico. Após lavagem final com água destilada até atingir pH 6-7, o resíduo será seco em bandejas de alumínio a 60°C, desagregado em almofariz de porcelana e acondicionado em sacos plásticos para posterior síntese de benzeno (Pessenda et al., 1996a, 1996b). Os resíduos ácidos/básicos serão neutralizados e descartados.

Devido a baixa concentração de carbono nas amostras da fração humina, a quantidade de benzeno obtida muitas vezes inferior a 1 mL, requer significativa diluição com benzeno espectrográfico, afetando a precisão e exatidão do método. Para se evitar tais problemas, alíquotas de CO<sub>2</sub> da combustão das amostras com teores inferiores a 1 g de carbono serão coletadas em recipientes especiais de vidro e enviadas ao Laboratório Isotracer em Toronto, Canadá, para análises de  $^{14}\text{C}$  por AMS (Accelerator Mass Spectrometry). As amostras com teores maiores serão sintetizadas a benzeno e analisadas no Laboratório de  $^{14}\text{C}$  do CENA/USP pela técnica de cintilação líquida (Pessenda & Camargo, 1991).



#### 2.5.4.1.2.5.2. Síntese do benzeno

Em um sistema fechado sob vácuo a amostra será queimada a uma temperatura de 700°C. O CO<sub>2</sub> produzido será mantido em contato com o lítio metálico previamente aquecido em câmara de reação (600 a 700°C) para a formação do carbeto de lítio (LiC<sub>2</sub>). Ao término da reação, a câmara será resfriada a temperatura ambiente e água destilada será adicionada, ocorrendo a hidrólise do carbeto e a produção do acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>). A formação de benzeno ocorrerá pela trimerização do acetileno em contato com um catalisador a 90°C por 2 horas, efetuando-se sua coleta em um "trap" resfriado a -180°C sob vácuo. O benzeno sintetizado será transferido para frascos especiais de vidro, ao qual será adicionado solução cintiladora contendo 43,75 g de PPO e 2,59 g de POPOP por litro de tolueno.

Quando o rendimento de síntese da amostra apresentar-se inferior a 3 mL, o volume será completado com benzeno espectrográfico mineral, levando-se em consideração esta diluição no cálculo final.

#### 2.5.4.1.2.5.3. Cálculo da idade 14C.

A determinação da idade de uma amostra é uma estimativa relativa a atividade residual de 14C medida de uma amostra (Aamostra), em equilíbrio original com a atividade de 14C de um reservatório de carbono (Apadrão). Por convenção, as datações obtidas pelo método de 14C natural são referenciadas como idade 14C convencional em anos AP (Antes do Presente), sendo presente o ano de 1950 e o valor de Apadrão, determinado pela contagem líquida do padrão ácido oxálico proveniente da National Bureau of Standards, normalizado para d13C -25,0‰. Os valores de Aamostra são determinados através da contagem das amostras de benzeno, obtidas a partir dos átomos de carbono das amostras, em espectrômetro de cintilação líquida. Os dados são submetidos a procedimento matemático específico (Pessenda & Camargo, 1991), corrigindo-se a idade 14C convencional para o fracionamento isotópico. Benzeno e tolueno gerados na determinação da atividade 14C serão armazenados para posterior incineração que será efetuada pelo sistema de gerenciamento de resíduos, recentemente implantado no CENA.

### 2.5.4.1.3 Solos do mangue

#### 2.5.4.1.3.1. Coleta dos testemunhos

Os testemunhos do mangue serão coletados através da utilização de um vibrotestemunhador (Martin & Flexor, 1989). Serão utilizados para amostragem tubos de alumínio de 3 polegadas e 6 m de comprimento. Os perfis amostrados serão levados intactos ao laboratório para posterior abertura e descrição macroscópica dos depósitos sedimentares. Assim que as seções de testemunhos são transportadas do campo ao laboratório, devem ser mantidas, se possível, em salas frias com temperatura de 4°C, para evitar o crescimento de fungos e bactérias nos solos. Esses organismos podem interferir na datação por <sup>14</sup>C. Fungos podem metabolizar



compostos de carbono dos solos e podem trocar CO<sub>2</sub> com a atmosfera, durante o processo de respiração, contaminando assim os solos com carbono recente.

#### 2.5.4.1.3.2. Amostragem

As amostras dos testemunhos destinadas para as análises de palinologia, sedimentologia e mineralogia serão coletadas em sacos plásticos a cada 2 cm. As amostras serão mantidas em geladeira até a fase de tratamento químico. Uma reserva de amostras, assim como as alíquotas que não forem analisadas, permanecerão armazenadas em geladeira no laboratório.

#### 2.5.4.1.3.3. Tratamento químico das amostras para extração do pólen

Os estudos palinológicos serão coordenados pela pesquisadora Dra. Fresia S. Ricardi-Branco, do Departamento de Geologia e Recursos Naturais do Instituto de Geociências da UNICAMP. O tratamento químico das amostras seguirá a metodologia clássica estabelecida por Faegri & Iversen (1989) para testemunhos do Quaternário. De uma forma geral, a extração do pólen consiste em dissolver da amostra a ser estudada, tudo que não é pólen, envolvendo as seguintes etapas: a) dissolução de silicatos por HF; b) remoção de colóides de sílica com HCl diluído; c) destruição de ácidos húmicos por solução de KOH; d) centrifugação e lavagem dos resíduos com água destilada e e) montagem de lâminas para observação em microscópio óptico.

O tratamento químico das amostras será realizado no Laboratório 14C do CENA - USP, que é coordenado pelo Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda. O volume de cada amostra deverá ser medido com precisão, provavelmente 5g. Todos os tratamentos serão feitos em tubos de centrifuga de 15 ml, com graduações. Recomenda-se que os tubos sejam de polipropileno, pois são resistentes a todos os reagentes a serem usados. Depois de cada tratamento os tubos serão centrifugados e o líquido residual será cuidadosamente decantado, para evitar a perda desnecessária de pólen. Em cada etapa do processo, a centrifugação será definida como 3000 rotações por minuto (rpm) durante 10 minutos.

##### 2.5.4.1.3.3.1. Remoção de silicatos com HF

Às amostras serão adicionados HF 70% em quantidade de ácido suficiente para cobri-las. As amostras permanecerão no ácido por no mínimo 18 horas. Para a retirada do HF, centrifuga-se as amostras. Após a centrifugação, o HF será descartado em um recipiente de plástico para posterior neutralização. Esse ácido nunca deverá ser descartado na pia.

##### 2.5.4.1.3.3.2. Remoção de colóides de sílica com HCl ( a quente)

Após a retirada do HF adiciona-se HCl 50%. As amostras serão deixadas em banho-maria por 10 minutos. Para a retirada do HCl centrifugam-se as amostras. Repete-se o processo até o ácido sair incolor. Centrifugam-se as amostras com água destilada por duas vezes.

##### 2.5.4.1.3.3.3. Destruição de ácidos húmicos por solução de 10% de KOH



Para a retirada dos ácidos húmicos utiliza-se KOH 10%. As amostras imersas em KOH serão deixadas em banho-maria por 10 minutos. Deve-se mexer as amostras ocasionalmente. Para a retirada do KOH centrifugam-se as amostras. Repete-se o procedimento até o KOH sair incolor. Centrifugam-se as amostras com água destilada por duas vezes.

#### 2.5.4.1.3.3.4. Separação dos palinomorfos por densidade

Após as lavagens com água destilada adiciona-se cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ , densidade =  $2,0g/cm^3$ ) às amostras. Centrifuga-se e passa-se o sobrenadante para outro tubo de vidro e descarta-se o precipitado. Ao sobrenadante junta-se HCl (25%) para abaixar a densidade e precipitar o material de interesse. Centrifugam-se as amostras e, ao final do processo descarta-se o ácido e lava-se o material precipitado por três vezes com água destilada.

Após o tratamento químico deixam-se as amostras em repouso por 30 minutos, em uma solução de glicerina 10%, para a re-hidratação dos grãos de pólen e esporos. Retira-se essa solução com a centrifugação das amostras. Ao resíduo final adiciona-se, em média, 5 gotas de glicerina.

#### 2.5.4.1.3.3.5. Contagem e identificação dos grãos e construção dos diagramas polínicos

Após a montagem das lâminas iniciar-se-á o processo de contagem e identificação dos grãos de pólen que serão efetuadas em microscópio óptico no Laboratório  $^{14}C$  do CENA com objetivas de 40x e 100x. Em cada amostra serão contados em média 250 a 300 grãos de taxa de árvores e herbáceas. A determinação dos tipos polínicos será feita com ajuda de coleção de referência da Prof<sup>a</sup>. Dra. Frésia Ricardi-Branco, além de consultas a diversos atlas polínicos (Absy, 1975; Markgraf & D'Antoni, 1978; Roubik & Moreno, 1991; Colinvaux *et al.*, 1999) e coleção de referência que está sendo montada no Laboratório de  $^{14}C$  do CENA.

Os diagramas polínicos devem sintetizar os resultados da pesquisa da forma mais clara possível, de modo a permitir ao leitor visualizar as variações quantitativas e qualitativas dos dados obtidos.

#### 2.5.4.1.3.4. Datação por $^{14}C$

Estima-se selecionar cerca de 10-15 amostras na totalidade dos testemunhos estudados, que serão pré-tratadas fisicamente para remoção de folhas, insetos, raízes, etc. e quimicamente com HCl 4-8% por 4-6 h a temperatura de 80°C. Posteriormente serão secas em estufa a 55°C por 48 horas e efetuada a síntese de benzeno e detecção do  $^{14}C$  por espectrometria de cintilação líquida no Laboratório de  $^{14}C$  do CENA. No caso de amostras com teores inferiores a 1,5 g de carbono serão enviadas em cápsulas de vidro, na forma de  $CO_2$ , ao Laboratório Isotracer no Canadá para determinação da idade pelo método do  $^{14}C$  por AMS.

#### 2.5.4.1.3.5. Composição isotópica ( $\delta^{13}C$ ) e carbono orgânico total



Após tratamento ácido (HCl 4% a 70°C durante 5h) e pesagem, serão enviados aproximadamente 20 mg das amostras ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, para a determinação de  $^{13}\text{C}$  e carbono orgânico total em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da Europa Scientific. Os resultados são expressos pela unidade relativa “ $\delta$ ”, determinada em relação ao padrão internacional PDB (equação 1):

### 2.5.5. Considerações finais

O número de trabalhos utilizando registros palinológicos de manguezais no Brasil é bastante limitado, assim como os estudos isotópicos da MOS em restingas visando a reconstrução paleoambiental em relação à vegetação e ao clima. Este estudo deverá reforçar de forma significativa os estudos de mudanças vegetacionais e climáticas ocorridas durante o Pleistoceno tardio e o Holoceno na região Sudeste do Brasil.

O Projeto Parcelas Permanentes tem como objetivo geral fazer a caracterização ambiental detalhada das quatro principais formações florestais ocorrentes no Estado de São Paulo, entre elas, Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso e Floresta Úmida de Encosta no Parque Estadual Carlos Botelho. Pretende-se com o presente trabalho obter um registro da vegetação existente nos locais de estudo nos últimos 20.000 anos A.P. e também um registro de eventuais variações climáticas que tenham ocorrido neste período.

### 2.5.6. Referências bibliográficas

- Absy, M. L. 1975. Polen e Esporos do Quaternário de Santos (Brasil). *Hoehnea*, 5: 1-26.
- Absy, M.L. 1979. *A palynological study of Holocene sediments in the Amazon Basin*. Amsterdam. 84p. Thesis – University of Amsterdam.
- Absy, M.L. & Van der Hammen, T. 1976. Some paleoecological data from Rondonia, Southern part of Amazon Basin. *Acta Amazônica*, 6(3): 283-299.
- Amaral, P.G.C. 2003. Contribuição palinológica ao estudo da evolução do manguezal do Rio Itanhaém, litoral sul de São Paulo. São Paulo, 71p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Balesdent, J.; Girardin, C.; Mariotti, A. 1993. Site-related  $\delta^{13}\text{C}$  of tree leaves and soil organic matter in a temperate forest. *Ecology*, 74: 1713-1721.
- Barberi, M. 2001. Mudanças paleoambientais na região dos cerrados do Planalto Central durante o Quaternário tardio: o estudo da Lagoa Bonita, DF. São Paulo, 210p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Behling, H. 1995a. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, 14(3): 253-268.
- Behling, H. 1995b. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). *Vegetation History and Archaeobotany*, 4(3): 127-152.
- Bender, M.M.; Rouhani, I.; Vines, M.; Black Jr., C.C. 1973.  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$  ratio change in crassulacean acid metabolism plants. *Plant Physiology*, 52: 427-430.
- Berrier, A. & Prosser, J.S. 1996. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: Boutton, T.W. & Yamasaki, S.I. (Ed.). *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker. p.1-17.





- Biondi, F. & Fessenden, S.E. 1999. Radiocarbon analysis of *Pinus lagunae* tree rings. Implications for tropical dendrochronology. *Radiocarbon*, 41(3): 241-249.
- Blasco, F.; Saenger, P., Janodet, E. 1996. Mangroves as indicators of coastal change. *Catena*, 27: 167-178.
- Boutton, T.W. 1991. Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments. In: Coleman, D.C.; Fry, B. (Ed). *Carbon isotope techniques*. New York: Academic Press, p.155-171.
- Boutton, T.W. 1996. Stable carbon isotope ratios of soils organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: Boutton, T.W.; Yamasaki, S.I. (Ed). *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker, p.47-82.
- Bradley, R.S. 1999. *Paleoclimatology reconstruction climates of the Quaternary*. Harcourt / Academic Press, San Diego, USA, 613p.
- Bucha, V. 1970. Influence of the earth's magnetic field on radiocarbon dating. In: Olsson, I.U. (Ed.). *Radiocarbon variations and absolute chronology*. Stocholm: Almqvist and Wiksell, p.501-510.
- Campbell, C.A.; Paul, E.A.; Rennie, D.A.; McCallum, K.J. 1967. Factores affecting the accuracy of the carbon-dating method in soil humus studies. *Soil Science*, 1(2): 81-85.
- Colinvaux, P.A. 1987. Amazon diversity in light of the paleoecological records. *Quaternary Science Reviews*, 6:63-114.
- Colinvaux, P.A.; DE Oliveira, P.E.; Patiño, J.E.M. 1999. *Amazon Pollen Manual and Atlas*. Harwood Academic Publishers. The Netherlands, 332p.
- De Oliveira. P.E. 1992. *A palynological record of late Quaternary vegetational and climatic change in Southeastern Brazil*. 134p. Columbus. Dissertation (Ph.D.) – The Ohio State University.
- De Oliveira, P.E.; Behling, H.; Ledru, M.P.; Barberi, M.; Salgado-Labouriau, M.L.; Garcia, M.J.; Medeanic, S.; Barth, O.M.; Barros, M.A.; Scheel-Ybert, R. 2005. Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: Souza, C.R.G.; Suguio, K.; Oliveira, A.M.S.; De Oliveira, P.E. (Ed.). *Quaternário do Brasil*, Ribeirão Preto, Holos Editora, p.52-74.
- Domingues, E.N & Silva, D.A. 1988. Geomorfologia do Parque Estadual de Carlos Botelho (SP). *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, 42: 71-105.
- Edwards, T.W.D. 1990. *Examples and critiques of quaternary dating methods*. Waterloo: University of Waterloo. (Short Course, 3).
- Ehleringer, J.R.; Sage, R.F.; Flanagan, L.B.; Pearcy, R.W. 1991. Climate change and the evolution of C<sub>4</sub> photosynthesis. *Trends in Ecology and Evolution*, 6: 95-99.
- Faegri, K.; Iversen, J. 1989. *Textbook of pollen analysis*, 4<sup>th</sup> ed. Wiley, Chichester.
- Goh, K.M.; Molloy, P.J. 1976. Radiocarbon datinh of palesols using soil organic matter components. *Journal of Soils Science*, 29: 567-573.
- Gouveia, S.E.M. & Pessenda, L.C.R. 1999. Datação da fração humina da matéria orgânica do solo e sua comparação com idades <sup>14</sup>C de carvões fósseis. *Química Nova*, 22(6): 810-814.
- Gouveia, S.E.M. 2001. Isótopos do carbono na avaliação do remonte biológico de Latossolos e Podzólicos e de eventos paleoclimáticos em distintas localidades do Brasil. Piracicaba, 116p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- Grindrod, J.; Moss, P.; Van Der Kaars, S. 2002. Late Quaternary Mangrove Pollen Records from Continental Shelf and Ocean Cores in the North Australian-Indonesian Region. In: P. Kershaw, B.; David, N.; Tapper, D.; J. Brown (Eds.) Bridging Wallace's Line: *The environmental and cultural history and dynamics of the SE-Asian-Australian Region*. Catena Verlag GMBH, Reiskirchen, p.360.
- Grootes, M.; Farwell, G.W.; Schmidt, P.H.; Leach, D.D.; Stuiver, M. 1989. Rapid response of tree cellulose radiocarbon content to changes in atmospheric <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> concentration. *Tellus*, 41B: 134-148.



- Jong, A.F.M. & Mook, W.G. 1980. Medium-term atmospheric  $^{14}\text{C}$  variations. *Radiocarbon*, 22: 267-272.
- Kiehl, E.J. 1979. *Manual de edafologia; relações solo/planta*. São Paulo: Ceres.
- Ledru, M.-P. 1993. Late Quaternary and climatic changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, 39: 90-98.
- Ledru, M.-P. 2002. Late Quaternary history and evolution of the cerrados as revealed by palynological records. In: Oliveira, P.S. and Marquis, R.J. (Eds). *The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press.
- Libby, W.F.; Anderson, B.C.; Arnold, J.R. 1949. Age determination by radiocarbon content; world-wide assay of natural radiocarbon. *Science*, 109: 227-228.
- Lisi, C.S.; Pessenda, L.C.R.; Cruz, M.L.C.; Pessin, G. 1996. Purificação de  $\text{CO}_2$  sintetizado de amostras de ossos destinadas à datação por C-14 via espectrometria de cintilação líquida. *Química Nova*, 19(6): 609-612.
- Lloyd, J. & Farquhar, G.D. 1994.  $^{13}\text{C}$  discrimination during  $\text{CO}_2$  assimilation by the terrestrial biosphere. *Oecologia*, 99: 201-215.
- Lorscheitter, M.L. 1983. Evidence of sea oscillations of the late quaternary in Rio Grande do Sul, Brazil, provided by palynological studies. *Quaternary of South America and Arctic peninsula*, 1:53-60.
- Markgraf, V. & D'Antoni, H.L. 1978. *Pollen flora of Argentina*. Univ. of Arizona Press, Tucson.
- Martel, Y.A. & Paul, E.A. 1974. The use of radiocarbon of organic matter in the study of soil genesis. *Soil Science Society of America Proceedings*, 38: 501-506.
- Nadelhoffer, K.F. & Fry, B. 1988. Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundance in forest soil organic matter. *Soil Science Society America Journal*, 52: 1633-1640.
- Negreiros, O.C. 1982. Característica fitossociológicas de uma floresta latifoliolada pluviosa tropical visando ao manejo do palmito, *Euterpe edulis* Mart. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Olsson, I.U. 1980.  $^{14}\text{C}$  in extractives from wood. *Radiocarbon*, 22: 515-524.
- Pessenda, L.C.R. & Camargo, P.B. 1991. Datação radiocarbônica de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. *Química Nova*, 14(2): 98-103.
- Pessenda, L.C.R.; Valencia, E.P.E.; Telles, E.C.C.; Cerri, C.C.; Camargo, P.B.; Martinelli, L.A. 1993a. The association  $^{14}\text{C}$  dating and  $^{13}\text{C}$  in palaeoecology studies in Brazilian tropical and subtropical soils. In: International Symposium on Perspectives for Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Niterói. *Proceedings...Niterói*: UFF, Departamento de Geoquímica, p.89-92.
- Pessenda, L.C.R.; Camargo, P.B.; Cruz, M.V.L.; Lisi, C.S.; Valencia, E.P.E. 1993b. Laboratório de radiocarbono do CENA/USP no programa internacional de intercomparação laboratorial de resultados. *Química Nova*, 16(3): 221-223.
- Pessenda, L.C.R.; Valencia, E.P.E.; Aravena, R.; Telles, E.C.C.; Boulet, R. 1998. Paleoclimate studies in Brazil using carbon isotopes in soils. In: Wasserman, J.C.; Silva-Filho, E.; Villas-Boas, R. (Eds.). *Environmental geochemistry in the tropics*. Berlin: Springer-Verlag, p. 7-16.
- Pessenda, L.C.R.; Gouveia, S.E.M.; Aravena, R. 2001b. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with  $^{14}\text{C}$  ages of fossil chacoal. *Radiocarbon*, 43(2B): 595-601.
- Roscoe, R.; Buurman, P.; Velthors, E.J.; Pereira, J.A.A. 2000. Effects of fire on soil organic matter in a “cerrado sensu-stricto” from Southeast Brazil as revealed by changes in  $\delta^{13}\text{C}$ . *Geoderma*, 95(1): 141-160.
- Roubik, D.W. & Moreno, J.E. 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island, Missouri Botanical Garden.



- Salgado-Labouriau, M.L. 1961. Pollen grains of plants of the "Cerrado" I. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 33(1): 119-130.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1984. Reconstrucción de los ambientes a través de los granos de polen. *Investigation y Ciencia (Spanish edition of the Scientific American)*, 96 septiembre, 3: 6-17.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1997. Late Quaternary palaeoclimate in the savannas of South America. *Journal of Quaternary Science*, 12 (5): 371-379.
- São Paulo (Estado). 1998. Secretaria do Meio Ambiente. *Planos de Manejo das Unidades de Conservação: Parque Estadual da Ilha do Cardoso - Plano de Gestão Ambiental - fase 1*. Mendonça, A.L.F.; Campanhã, R.A.C.; Campolim, M.; Maretti, C.C.; Raimundo, S. (Org.). São Paulo: SMA, v.4, 164p.
- Scharpenseel, H.W.; Ronzani, C.; Pietig, F. 1968. Comparative age determinations on different humic-matter fractions. In: Symposium on the use of isotopes and radiation in soil organic matter studies, Vienna, 1968. Proceedings. Vienna: IAEA, p.67.
- Setzer, J. 1946. Contribuição para o estudo do clima do estado de São Paulo. Escolas Profissionais Salesianas, São Paulo.
- Stout, J.D.; Goh, K.M.; Rafter, T.A. 1981. Chemistry and turnover of naturally occurring resistant organic compounds in soil. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed) *Soil biochemistry*. New York:Marcel Dekker, p.1-73.
- Suess, H.E. 1967. Brislecone pine calibration of radiocarbon time scale 5200 B.C. to 1500 B.C. In: International Atomic Energy Agency, Vienna. *Radioactivity dating and Methods of Low Level Counting*. Vienna: IAEA, p.143-151.
- Suguio, K. 1999. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais (passado + presente = futuro?)*. Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, São Paulo, 366p.
- Trumbore, S.E. 1996. Applications of accelerator mass spectrometry to soil science. In: Boutton, T.W.; Yamasaki, S.I. (Ed.). *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker, p.311-340.
- Valencia, E.P.E. 1993. *Datação por <sup>14</sup>C e razão isotópica <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C de solos sob climas tropical e subtropical do Brasil*. Piracicaba, 91p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.



## PARTE VIII – PERSPECTIVAS

<b>1. NOVAS ABORDAGENS E CONTINUIDADE DO PROJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NOVOS PROJETOS .....</b>	<b>2</b>
2.1 ANFÍBIOS EM PARCELAS PERMANENTES E SUA APLICAÇÃO COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL .....	2
2.1.1. <i>Declínios Populacionais</i> .....	2
2.1.2. <i>Os Anfíbios como Bioindicadores da Qualidade do Ambiente</i> .....	3
2.1.3. <i>Os Anfíbios em Ambientes Florestais</i> .....	4
2.1.4. <i>O Projeto “Anfíbios nos 40,96ha de Parcelas Permanentes”</i> .....	5
<i>Bibliografia</i> .....	6
2.2 O ESTUDO DE INTERAÇÕES ENTRE INSETOS E FRUTOS EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS .....	10
2.2.1. <i>Introdução</i> .....	10
2.2.1.1. <i>A importância das interações entre insetos e plantas</i> .....	10
2.2.1.2. <i>Insetos fitófagos, plantas hospedeiras, frutos e sementes</i> .....	11
2.2.2. <i>Contextualização Teórica</i> .....	13
2.2.2.1. <i>Estudo de comunidades – diversidade, escalas regionais e locais</i> .....	13
2.2.2.2. <i>Hipóteses sobre diversidade baseadas em interações herbívoro-planta</i> .....	14
2.2.2.3. <i>Interações tróficas, matrizes de associação e redes complexas</i> .....	14
2.2.3. <i>Como estudar interações entre insetos e frutos?</i> .....	16
2.2.3.1. <i>Frutos: do campo ao laboratório</i> .....	16
2.2.3.2. <i>E se não trabalhamos com frutos?</i> .....	17
2.2.3.3. <i>Insetos: dos frutos às coleções</i> .....	17
2.2.4. <i>Contribuições para o projeto Parcelas Permanentes</i> .....	18
2.2.4.1. <i>Pesquisas de interações em projetos de Parcelas Permanentes</i> .....	18
2.2.4.2. <i>Contribuições para o projeto “40ha de Parcela Permanentes”</i> .....	20
<i>Agradecimentos</i> .....	21
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	21
2.3. O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA E ESTOQUE DE CO <sub>2</sub> NAS PARCELAS PERMANENTES DE CERRADO, CERRADÃO E DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL: ESBOÇO METODOLÓGICO .....	25
2.3.1. <i>Introdução</i> .....	25
2.3.2. <i>Materiais e Métodos</i> .....	27
2.3.2.1. <i>Áreas de estudo</i> .....	27
2.3.2.2. <i>Dados fitossociológicos</i> .....	27
2.3.2.3. <i>Dados de sensoriamento remoto</i> .....	28
2.3.2.3.1. <i>O satélite CBERS-II</i> .....	28
2.3.2.3.2. <i>O satélite QuickBird</i> .....	29
2.3.2.4. <i>Métodos e forma de análise dos resultados</i> .....	29
2.3.2.4.1. <i>Aquisição dos dados e estimativa de biomassa</i> .....	30
2.3.2.4.2. <i>Pré-processamento das imagens</i> .....	31
2.3.2.4.3. <i>Análise dos dados</i> .....	31
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	32
2.4. AVALIAÇÃO DE MÉTODOS FITOSSOCIOLÓGICOS POR MEIO DE SIMULAÇÕES PARA UM TRECHO DE CERRADÃO NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ASSIS, SP. ....	34
2.4.1. <i>Resumo</i> .....	34
2.4.2. <i>Introdução</i> .....	34
2.4.3. <i>Material e Método</i> .....	38



2.4.4. <i>Forma de Análise dos Resultados</i> .....	39
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	39
2.5. RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL (VEGETAÇÃO E CLIMA) NOS PARQUES ESTADUAIS DA ILHA DO CARDOSO E CARLOS BOTELHO-SP DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO.....	41
<i>Resumo</i> .....	41
2.5.1. <i>Introdução</i> .....	41
2.5.2. <i>Isótopos estáveis do carbono (<math>^{12}\text{C}</math>, <math>^{13}\text{C}</math>) e datação por <math>^{14}\text{C}</math> em estudos de reconstrução paleoambiental</i> .....	43
2.5.2.1. <i>Isótopos estáveis do carbono</i> .....	43
2.5.2.1.1. <i>Fracionamento isotópico pelas plantas <math>\text{C}_3</math></i> .....	43
2.5.2.1.2. <i>Fracionamento isotópico pelas plantas <math>\text{C}_4</math></i> .....	43
2.5.2.1.3. <i>Fracionamento isotópico pelas plantas CAM</i> .....	44
2.5.2.1.4. <i>Fracionamento isotópico da MOS</i> .....	44
2.5.2.2. <i>Carbono 14</i> .....	44
2.5.2.2.1. <i>Formação do radionuclídeo <math>^{14}\text{C}</math> na atmosfera</i> .....	44
2.5.2.2.2. <i>Ciclo do <math>^{14}\text{C}</math></i> .....	45
2.5.3. <i>Palinologia do Quaternário como indicadora de trocas de vegetação e clima</i> .....	47
2.5.4. <i>Estudo paleoambiental nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e Carlos Botelho</i> ...	49
2.5.4.1. <i>Metodologia</i> .....	49
2.5.4.1.1. <i>Vegetação</i> .....	49
2.5.4.1.2. <i>Solos</i> .....	49
2.5.4.1.3. <i>Solos do mangue</i> .....	51
2.5.5. <i>Considerações finais</i> .....	54
2.5.6. <i>Referências bibliográficas</i> .....	54



# 1. Novas abordagens e continuidade do projeto

Ricardo Ribeiro Rodrigues & Natália Macedo Ivanauskas

Nesses primeiros quatro anos do projeto, todo o esforço foi no sentido de instalação dos 40,96ha de Parcelas Permanentes em fragmento protegidos em Unidades de Conservação das 4 (quatro) principais formações florestais do estado de São Paulo, com 10,24ha em cada, sendo: Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Floresta Ombrófila Densa submontana no Parque Estadual de Carlos Botelho, Floresta Estacional Semidecidual na Estação Ecológica de Caetetus e Cerradão na Estação Ecológica de Assis.

Os primeiros trabalhos foram principalmente de caracterização dessas quatro parcelas, tanto do meio físico, como do biótico. Então nessa primeira fase, no meio físico, foram realizados levantamentos ultradetalhados do solo de cada parcela, do relevo, da dinâmica da água no solo das parcelas, da luz nas várias situações florestais das quatro parcelas, da geologia e geomorfologia regional, onde estão inseridas as parcelas. No meio biótico foi realizada a caracterização da vegetação ocorrente em cada parcela, considerando os arbustos e árvores acima de 15cm de PAP (perímetro na altura do peito) nas quatro parcelas, as epífitas nas quatro parcelas, as lianas em três parcelas, e mais recentemente as ervas de uma das parcelas. Ainda no meio biótico foi feita a caracterização dos microorganismos de solo e folhas de duas das quatro parcelas.

Ainda dentro da linha da caracterização, iniciaram mais no final dessa primeira fase do projeto Parcelas Permanentes, os trabalhos de caracterização da fauna ocorrente nas parcelas. Os primeiros trabalhos nessa linha estão sendo desenvolvidos com anfíbios, mas outros grupos de fauna devem iniciar essa caracterização, considerando que estamos falando de parcelas de 320x320m de tamanho, ou seja, com possibilidades restritas de caracterização da fauna nas parcelas, cuja caracterização tem visado principalmente grupos indicadores de habitats.

Paralelamente e posteriormente aos trabalhos de caracterização, iniciaram-se os trabalhos de ecologia, como os de caracterização silvigenica da vegetação das parcelas, o mapeamento e caracterização das árvores mortas e das clareiras, a produção e decomposição da serapilheira, o banco de sementes, alguns aspectos de biologia floral e reprodutiva das espécies ocorrentes nas clareiras e outros.

Mais recentemente iniciaram os trabalhos de interações do diversos fatores das parcelas permanentes, destacando os trabalhos de interação fruto e insetos, de vegetação e fatores ambientais (solo, água no solo, luz etc), de modelagens da vegetação em função de alterações ambientais etc. Essa nova fase de projetos de interações está ainda em andamento é que pretendemos reforçar nos próximos anos, em paralelo com projetos de ecologia experimental, usando as parcelas, com enfoque de ecologia funcional, tanto de comunidade como de populações. Vale ainda destacar que algumas lacunas continuam sendo levantadas e



equacionadas, como os trabalhos relacionados com caracterização genética de populações, os trabalhos de caracterização de outros grupos de fauna indicadora etc.

## 2. Novos projetos

### **2.1 Anfíbios em Parcelas Permanentes e sua Aplicação como Bioindicadores da Qualidade Ambiental**

Jaime Bertoluci

#### 2.1.1. Declínios Populacionais

O declínio global dos anfíbios, cujas primeiras evidências surgiram no final da década de 1980, é hoje uma hipótese seriamente considerada e testada nos trabalhos científicos, sendo apropriadamente simbolizada pela extinção do sapo-dourado da Costa Rica, *Bufo periglenes* (Pounds & Crump 1994). Depois de mais de 20 anos de estudos em diversas partes do mundo, concluiu-se que se trata de um problema complexo envolvendo a interação, ainda pouco conhecida, entre a sensibilidade especial dos membros do grupo (que o torna um bom indicador biológico) e variadas causas atuando isoladamente ou em conjunto. Alguns declínios puderam ser associados a causas locais, como perda de hábitat (Johnson, 1992; Waldick, 1997), poluição da água por pesticidas (Hall & Henry, 1992), chuva ácida (Clark, 1992; Dunson et al., 1992; Freda & Taylor, 1992), patógenos (Crawshaw, 1992; Blaustein et al., 1994a; Daszak, 1998; Collins, 2003), introdução de espécies exóticas (Moyle, 1973; Hayes & Jennings, 1986) e consumo humano (Blaustein & Wake, 1990). O aquecimento global (Herman & Scott, 1992; Ovaska, 1997), o aumento da radiação ultravioleta (Blaustein et al., 1994b; Blaustein & Wake, 1995; Ovaska, 1997; Jablonski, 1998) e o comércio internacional (Tyler, 1997) podem ser consideradas causas globais. Causas complexas, que envolvem a interação de vários fatores, também já foram apontadas como responsáveis por alguns declínios (Klesecker et al., 2001). Evidências quantitativas dos declínios forma obtidas em alguns poucos casos (e.g. Houlahan et al. 2000).

Revisões recentes sobre declínios de anfíbios podem ser encontradas em Lips et al. (2000), para a América Latina, e Semlitsch (2003a), para todo o mundo, e o estado de conservação de todas as espécies brasileiras foi avaliado em 2003 durante o Global Amphibian Assessment Review Workshop – Tropical South America an East of the Andes, dedicado a atualizar a situação dos anfíbios em uma escala mundial (<http://www.globalamphibians.org/>).

No Brasil, foram encontradas evidências de declínio ou extinção de populações de anuros em algumas áreas de Mata Atlântica do sudeste, incluindo Santa Tereza, no Espírito Santo (Weygoldt, 1989), e Serra do Japi (Haddad & Sazima, 1992) e Boracéia (Heyer et al., 1988, 1990; Bertoluci & Heyer, 1995, Bertoluci et al. 2005), em São Paulo, mas os dados para todas essas localidades ainda são muito escassos e preliminares para que sejam considerados sugestivos. Deve-se salientar a necessidade do desenvolvimento de estudos de longa-duração, pois



flutuações temporais naturais entre extremos de tamanho populacional já foram demonstradas para vários anfíbios em estudos com essa característica (Pechman et al., 1991).

### 2.1.2. Os Anfíbios como Bioindicadores da Qualidade do Ambiente

Em Biologia da Conservação, os bioindicadores são usados na avaliação da magnitude de perturbações antrópicas, no monitoramento de tendências populacionais de outras espécies e na identificação de áreas de alta diversidade regional (Caro & O'Doherty 1999, Niemi & McDonald 2004).

Certas características da biologia dos anfíbios – como a posse de uma pele permeável, a postura de ovos e embriões pouco protegidos em massas gelatinosas transparentes, a presença de um estágio larval livre-natante em seu ciclo de vida, sua intensa filopatria (fidelidade de hábitat, reduzida capacidade de dispersão, áreas domiciliares pequenas), a utilização de um largo espectro de hábitats através de um contínuo entre o ambiente terrestre e o ambiente aquático, certos aspectos de sua biologia populacional (incluindo uma vida longa em populações relativamente estáveis), a complexidade de suas interações nas comunidades e a facilidade de estudo – tornam-nos bioindicadores particularmente sensíveis da qualidade ambiental, respondendo rapidamente a fatores como fragmentação do hábitat, alterações hidrológicas e na química da água de ambientes aquáticos, contaminação do ar e da água e variações climáticas de larga escala (Vitt et al. 1990, Wake & Morowitz 1991, Skelly 1996, Wake 1998, Sparling et al. 2000, U.S. EPA 2002, Andreani et al. 2003).

A fragmentação da floresta pode influenciar diretamente a diversidade de anfíbios. O tamanho do fragmento está positivamente correlacionado com o número de espécies, e alguns táxons, por serem mais sensíveis a variações microclimáticas, podem ser usados como bioindicadores com maior propriedade (Vallan 2000).

O desmatamento exerce diferentes efeitos sobre as comunidades de anfíbios de florestas tropicais, como o aumento (Heang et al. 1996, Pearman 1997) ou a diminuição da riqueza em espécies de certos táxons (Pearman 1997) e a diminuição da abundância (Lang 2000).

Os anfíbios são indicadores particularmente efetivos de alterações em ambientes aquáticos, incluindo o aporte de sedimentos finos (Bury & Corn 1988, Corn & Bury 1989, Welsh & Ollivier 1998), a contaminação por metais pesados e poluentes de diferentes origens (Pollet & Bendell-Young 2000, Hofer et al. 2005, Relyea 2005) e o aumento da temperatura da água (Welsh 1990). As altas concentrações de alguns poluentes podem induzir severas deformidades nos girinos, como a intensa redução das estruturas orais usadas na alimentação, que podem atingir até 96% dos indivíduos de uma população e diminuir sua taxa de crescimento por meio da redução de sua capacidade de forrageio (Christopher et al. 1996).

Mudanças climáticas globais podem provocar mudanças na fenologia de espécies de diferentes grupos (McCarty 2001), incluindo as épocas reprodutivas dos anuros (Beebee 1995).





Muitos estudos demonstraram de forma conclusiva que valores muito baixos de pH podem ter importantes efeitos ecológicos sobre as comunidades de anfíbios. As deformações e a mortalidade impostas aos anfíbios que se desenvolvem em ambientes ácidos variam dentro e entre espécies e dependem de sua interação com outros parâmetros físicos, químicos e biológicos (Pierce 1993). Contudo, há evidências de que essa sensibilidade extrema a ambientes acidificados não se estende à vida adulta. Rana temporaria, por exemplo, é capaz de suportar valores de pH tão baixos quanto 4,0 (Pasanen et al. 1998).

Estimativas da atividade de vocalização dos anuros em ambientes aquáticos de reprodução para fins de avaliação e monitoramento populacional (Scott & Woodward 1994, Zimmerman 1994) constituem-se em um método relativamente simples capaz de gerar dados de boa qualidade (e.g. Bridges and Dorcas 2000). A relação positiva (esperada) entre os índices de vocalização e o tamanho populacional foi validada pelo uso de técnicas de marcação e recaptura (Shirose et al. 1997, Driscoll 1998).

### 2.1.3. Os Anfíbios em Ambientes Florestais

As florestas tropicais abrigam as maiores diversidades de espécies de anfíbios anuros conhecidas (Crump 1971, 1974; Duellman 1978, 1988, 1999; Heyer et al. 1990; Bertoluci 1998). Os anfíbios são importantes consumidores terciários ou quaternários em ecossistemas florestais (Steward & Woolbright 1996). Estudos recentes demonstraram que os anfíbios da serapilheira exercem um controle substancial da densidade de suas presas, desempenhando, assim, um importante papel na regulação da dinâmica de nutrientes da floresta (Wyman 1998, Beard et al. 2002). A importância desse papel é reforçada pela grande abundância local que esses animais podem apresentar em alguns ecossistemas (Burton & Likens 1975, Petranka 1998), por seu efeito direto sobre o fluxo de nutrientes, na forma do consumo substancial de fitoplâncton durante a fase larvária (Seale 1980), e por sua função, ímpar entre os vertebrados, no transporte de nutrientes entre os ecossistemas aquáticos e terrestres (Semlitsch 2003b).

Estimativas precisas das densidades de anfíbios de serapilheira são, desse modo, necessárias para a compreensão da estrutura e da dinâmica dos ecossistemas florestais (e.g. Huang & Hou 2004), além de servirem como base para o monitoramento dos anfíbios e para estudos ecológicos que pretendam investigar o papel de diversos fatores na organização das comunidades naturais. Entre os métodos capazes de fornecer essas informações, podemos incluir a procura visual, transectos auditivos, armadilhas-de-queda e amostragem por parcelas (Heyer et al. 1994), este último já usado com sucesso tanto em florestas temperadas como tropicais (Lloyd et al. 1968, Scott 1976, Inger 1980, Toft 1980, Fauth et al. 1989, Allmon 1991, Rocha et al. 2001, Vonesh 2001, Huang & Hou 2004).

As relações precisas que os anfíbios mantêm com a estrutura da floresta ainda são muito pouco compreendidas. Entre os fatores que influenciam a distribuição dos anfíbios no mosaico florestal, destaca-se o regime de luz associado às características do dossel.



Skelly e colaboradores (2002) demonstraram que os gradientes formados pelo dossel podem agir como filtros para a distribuição das larvas de anfíbios entre as lagoas da floresta. Em outro estudo, desenvolvido nas wetlands do nordeste de Connecticut (EUA), a riqueza de espécies de anfíbios foi baixa na maioria das 17 lagoas temporárias estudadas (relativamente sombreadas) e maior em áreas mais iluminadas (Skelly et al. 2005). As espécies comportaram-se como especialistas-de-dossel-aberto ou como generalistas. Experimentos de translocação usando girinos de espécies desses dois grupos mostraram que o desenvolvimento dos generalistas foi menos afetado pelos níveis de iluminação da lagoa do que o dos especialistas. Essas descobertas sugerem que o dossel das florestas pode exercer uma forte influência sobre os padrões de diversidade de anfíbios.

Por outro lado, um dossel fechado é necessário à manutenção das temperaturas e umidades adequadas ao desenvolvimento embrionário e larval de muitos anfíbios de riacho da região temperada (Corn et al. 2003) e de espécies neotropicais cujos ovos, embriões e/ou larvas desenvolvem-se total ou parcialmente no ambiente terrestre, como é o caso dos anuros de diferentes linhagens dos gêneros *Adenomera* (Heyer 1973), *Brachycephalus* (Pombal et al. 1994), *Cycloramphus* (Haddad & Sazima 1989, Verdade & Rodrigues 2003) e *Eleutherodactylus* (Lynn & Lutz 1946). Em um estudo na Amazônia Equatoriana, Pearman (1997) mostrou que a riqueza de espécies de anuros do gênero *Eleutherodactylus* diminuiu em áreas que sofreram desmatamento, presumivelmente devido à falta das condições microclimáticas citadas acima.

#### 2.1.4. O Projeto “Anfíbios nos 40,96ha de Parcelas Permanentes”

Este projeto tem por finalidade o estudo da composição de espécies e de aspectos da ecologia dos anfíbios das quatro Parcelas Permanentes, de 10,24ha cada, alocadas em Floresta de Restinga (Parque Estadual da Ilha do Cardoso), Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana (Parque Estadual de Carlos Botelho), Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica de Caetetus) e Cerradão (Estação Ecológica de Assis), pelo projeto temático: “40ha de Parcelas Permanentes”. Por meio de procura visual no interior das parcelas e da estimativa do número de machos em atividade de vocalização em ambientes aquáticos previamente selecionados, pretende-se, ao longo de 22 meses de trabalho de campo, estimar a biodiversidade de anfíbios em cada área de estudo e obter dados sobre sua distribuição espacial e temporal e sobre as estações reprodutivas dos anuros.

Além de contribuir para o aumento do conhecimento da anurofauna das florestas paulistas, as informações obtidas (padrões de vocalização e presença e abundância de espécies de folheto nas parcelas) formarão um banco de dados que poderão ser utilizados como base para o monitoramento futuro de populações selecionadas com vistas à detecção de possíveis alterações populacionais. Serão detectadas espécies mais adequadas para servirem como bioindicadoras do estado de conservação das áreas de estudo e dos fragmentos adjacentes.



As análises de correlação entre parâmetros físicos e da vegetação e a riqueza e abundância de anfíbios no interior das parcelas lançarão luz sobre a importância relativa de fatores que mantêm a diversidade de anfíbios em ambientes florestais.

## Bibliografia

- Allmon, W. D. 1991. A plot study of forest floor litter frogs, Central Amazon, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7: 503-522.
- Andreani, P., F. Santucci & G. Nascetti. 2003. Le rane verdi del complesso *Rana esculenta* come bioindicatori della qualità degli ambienti fluviali italiani. *Biologia Ambientale* 17: 35-44.
- Beard, K. H., K. A. Vogt & A. Kulmatiski. 2002. Top-down effects of a terrestrial frog on forest nutrient dynamics. *Oecologia* 133: 583-593.
- Beebe, T. J. C. 1995. Amphibian breeding and climate. *Nature* 347: 219-220.
- Bertoluci, J. 1998. Annual patterns of breeding activity in Atlantic Rainforest anurans. *Journal of Herpetology* 32: 607-611.
- Bertoluci, J. & W. R. Heyer. 1995. Boracéia update. *Froglog* 14: 2-3.
- Bertoluci, J., V. K. Verdade, M. T. Rodrigues, D. Pavan, N. Liou & M. C. Lange. 2005. Anuros da Estação Biológica de Boracéia (EBB): 25 anos após declínios. Resumo do II Congresso Brasileiro de Herpetologia. Belo Horizonte.
- Blaustein, A. R. & D. B. Wake. 1990. Declining amphibian populations: a global phenomenon? *Trends in Ecology and Evolution* 5: 203-204.
- Blaustein, A. R. & D. B. Wake. 1995. The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American* 272: 52-57.
- Blaustein, A. R., D. B. Wake & W. P. Sousa. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology* 8: 60-71.
- Blaustein, A. R., D. G. Hokit & R. K. O'Hara. 1994a. Pathogenic fungus contributes to amphibian losses in the Pacific Northwest. *Biological Conservation* 67: 251-254.
- Blaustein, A. R., P. D. Hoffman, D. G. Hokit, J. M. Kiesecker, S. C. Walls & J. B. Hays. 1994b. UV repair and resistance to solar UV-B in amphibian eggs: A link to population declines? *Proceedings of the National Academy of Science, USA* 91: 1791-1795.
- Bridges, A. S. & M. E. Dorcas. 2000. Temporal variation in anuran calling behavior: implications for surveys and monitoring programs. *Copeia* 2000: 587-592.
- Burton, T. M. & G. E. Likens. 1975. Salamander populations and biomass in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Copeia* 1975: 541-546.
- Bury, R. B. & P. S. Corn. 1988. Responses of aquatic and streamside amphibians to timber harvest: a review. Pp. 165-181 in K. J. Raedeke (ed.), *Streamside management: riparian wildlife and forestry interactions*. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, Washington, USA.
- Caro, T. M. & G. O'Doherty. 1999. On the use of surrogate species in Conservation Biology. *Conservation Biology* 13: 805-.
- Christopher, R. L., O. M. Kinney, A. P. Fiori, J. D. Congdon & C. L. Rowe. 1996. Oral deformities in tadpoles (*Rana catesbeiana*) associated with coal ash deposition: effects on grazing ability and growth. *Freshwater Biology* 36: 723-730.
- Clark, K. L. 1992. Monitoring the effects of acidic deposition on amphibian populations in Canada. Pp. 63-66 in C. A. Bishop & K. E. Pettit (eds.), *Declines in Canadian Amphibian Populations: Designing a National Monitoring Strategy*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.



- Collins, J. P. 2003. Pathogens and amphibian declines. *Froglog* 55: 1-2.
- Corn, P. S. & R. B. Bury. 1989. Logging in Western Oregon: responses of headwater habitats and stream amphibians. *Forest Ecology and Management* 29: 39-57.
- Corn, P. S., R. B. Bury & E. J. Hyde. 2003. Conservation of North American stream amphibians. Pp. 24-36 in R. D. Semlitsch (ed.), *Amphibian Conservation*. Smithsonian Books. Washington. 324 pp.
- Crawshaw, G. J. 1992. The role of disease in amphibian decline. Pp. 60-62 in C. A. Bishop & K. E. Pettit (eds.), *Declines in Canadian Amphibian Populations: Designing a National Monitoring Strategy*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Crump, M. L. 1971. Quantitative analysis of the ecological distribution of a tropical herpetofauna. *Occasional Papers of the Museum of Natural History of the University of Kansas* 3: 1-62.
- Crump, M. L. 1974. Reproductive strategies in a tropical anuran community. *Miscellaneous Publications of the Museum of Natural History of the University of Kansas* 61: 1-68.
- Daszak, P. 1998. A new fungal disease associated with amphibian population declines: recent research put into perspective. *British Herpetological Society Bulletin* 65:38-41.
- Driscoll, D. 1998. Counts of calling males as estimates of population size in the endangered frogs *Geocrina alba* and *G. vitellina*. *Journal of Herpetology* 32: 475-481.
- Duellman, W. E. 1978. The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. *Miscellaneous Publications of the Museum of Natural History of the University of Kansas* 65: 1-352.
- Duellman, W.E., 1988, Patterns of species diversity in anuran amphibians in the american tropics. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 79-104.
- Duellman, W. E. 1999. Distribution patterns of amphibians in South America. Pp. 255-328 in W. E. Duellman (ed.), *Patterns of Distribution of Amphibians – a global perspective*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- Duellman, W. E. & L. Trueb. 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill Book Co., New York. 670 pp.
- Dunson, W. A., R. L. Wyman & E. S. Corbett. 1992. A symposium on amphibian declines and habitat acidification. *Journal of Herpetology* 26: 349-352.
- Fauth, J. E., B. I. Crother & J. B. Slowinski. 1989. Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 21: 178-185.
- Freda, J. & D. H. Taylor. 1992. Behavioral response of amphibian larvae to acidic water. *Journal of Herpetology* 26: 429-433.
- Haddad, C. F. B. & I. Sazima. 1989. A new species of *Cycloramphus* from southeastern Brazil (Amphibia, Leptodactylidae). *Herpetologica* 45: 425-429.
- Haddad, C. F. B. & I. Sazima. 1992. Anfíbios anuros da Serra do Japi, Pp.188-211 in L. P. C. Morellatto (org.), *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/FAPESP, Campinas.
- Hall, R. J. & P. Henry. 1992. Assessing effects of pesticides on amphibians and reptiles - status and needs. *Herpetological Journal* 2: 65-71.
- Hayes, M. P. & M. R. Jennings. 1986. Decline of ranid frog species in Western North America: are bullfrogs (*Rana catesbeiana*) responsible? *Journal of Herpetology* 20: 490-509.
- Heang, K. B., L. B. Liat & M. R. K. Lambert. 1996. To determine the effects of logging and conversion of primary forests to tree crop plantations on herpetofaunal diversity in Peninsular Malaysia. *Conservation, Management and Development of Forest Resources* 1996: 126-140.



- Herman, T. B. & F. W. Scott. 1992. Assessing the vulnerability of amphibians to climatic warming. Pp. 46-49 in C. A. Bishop & K. E. Pettit (eds.), *Declines in Canadian Amphibian Populations – designing a national monitoring strategy*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Heyer, W. R. 1973. Systematics of the marmoratus group of the frog genus *Leptodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae). *Los Angeles Co. Museum Contributions in Science* 251: 1-50.
- Heyer, W. R., A. S. Rand, C. A. G. Cruz & O. L. Peixoto. 1988. Decimations, extinctions, and colonizations of frog populations in southeast Brazil and their evolutionary implications. *Biotropica* 20: 230-235.
- Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, M. S. Foster, L. A. C. Hayek. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: standard methods for amphibians*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press.
- Heyer, W. R., A. S. Rand, C. A. G. Cruz, O. L. Peixoto & C. E. Nelson. 1990. Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia, São Paulo* 31: 231-410.
- Houlahan, J. E., C. S. Findlay, B. R. Schmidt, A. H. Meyer & S. L. Kuzmin. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404: 752-755.
- Huang, C.-Y. & P.-C. L. Hou. 2004. Density and diversity of litter amphibians in a monsoon forest of Southern Taiwan. *Zoological Studies* 43 (4): 795-802.
- Hofer, R., R. Lackner & G. Lorbeer. 2005. Accumulation of toxicants in tadpoles of the Common Frog (*Rana temporaria*) in High Mountains. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 49: 192-199.
- Inger, R. F. 1980. Densities of floor-dwelling frogs and lizards in lowland forests of Southeast Asia and Central America. *American Naturalist* 115: 761-770.
- Jablonski, N. G. 1998. Ultraviolet light-induced neural tube defects in amphibian larvae and their implications for the evolution of melanized pigmentation and declines in amphibian populations. *Journal of Herpetology* 32: 455-457.
- Johnson, B. 1992. Habitat loss and declining amphibian populations. Pp. 71-75 In C. A. Bishop & K. E. Pettit (eds.), *Declines in Canadian Amphibian Populations: Designing a National Monitoring Strategy*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Kleseker, J. M., A. R. Blaustein & L. K. Belden. 2001. Complex causes of amphibian population declines. *Nature* 410: 681-684.
- Lang, D. A. 2000. What is the impact of conventional logging on anuran diversity and abundance in the Bulungan research forest, East Kalimantan? Report for the Center of International Forestry Research. Bogor, Indonesia. 49 pp.
- Lips, K., B. Young, J. Reaser, R. Ibáñez & A. Salas. 2000. Amphibian declines in Latin America: Workshops to design a monitoring protocol and database. *Froglog* 37: 1-4.
- Lloyd, M., R. F. Inger & F. W. King. 1968. On the diversity of reptile and amphibian species in a Bornean rain forest. *American Naturalist* 102: 497-515.
- Lynn, W. G. & B. Lutz. 1946. The development of *Eleutherodactylus guentheri* Stdnr., 1864 (Salientia). *Boletim do Museu Nacional* 71: 1-46.
- McCarty, J. P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15: 320-331.
- Moyle, P. B. 1973. Effects of introduced bullfrogs, *Rana catesbeiana*, on the native frogs of the San Joaquin Valley, California. *Copeia* 1973: 18-22.
- Niemi, G. J. & M. E. McDonald. 2004. Application of ecological indicators. *Annual Review on Ecology, Evolution and Systematics* 35: 89-111.
- Ovaska, K. 1997. Vulnerability of amphibians in Canada to global warming and increased solar ultraviolet radiation. Pp. 206-225 in D. M. Green (ed.), *Amphibians in Decline: Canadian Studies of a Global Problem*. SSAR, ST. Louis.



- Pasanen, S., M. Laitinen & T. Aleonen. 1998. Effects of pH on the wintering of the common frog (*Rana temporaria* L.). *Annals Zoological Fennici* 35: 29-36.
- Pearman, P. B. 1997. Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology* 11: 1211-1225.
- Pechmann, J. H. K., D. E. Scott, R. D. Semlitsch, J. P. Caldwell, L. J. Vitt & J. W. Gibbons. 1991. Declining amphibians populations: the problem of separating human impacts from natural fluctuations. *Science* 253: 892-895.
- Petranka, J. W. 1998. Salamanders of the United States and Canada. Smithsonian Press, Washington, DC. 587 pp.
- Pierce, B. A. 1993. The effects of acid precipitation on amphibians. *Ecotoxicology* 2: 65-77.
- Pollet, I. & L. I. Bendell-Young. 2000. Amphibians as indicators of wetland quality in wetlands formed from oil sands effluent. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19: 2589-2597.
- Pombal, J.P., Jr., I. Sazima & C.F.B. Haddad. 1994. Breeding behavior of the Pumpkin Toadlet, *Brachycephalus ephippium* (Brachycephalidae). *Journal of Herpetology* 28: 516-519.
- Pounds, J. A. & M. L. Crump. 1994. Amphibian declines and climate disturbance: the case of the Golden Toad and the Harlequin Frog. *Conservation Biology* 8: 72-85.
- Relyea, R. 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications* 15: 618-627.
- Rocha, C. F. D., M. Van Sluys, M. A. S Alves, H. G. Bergallo & D. Vrcibradic. 2001. Estimates of forest floor litter frog communities: a comparison of two methods. *Austral Ecology* 26: 14-21.
- Scott, J. N., Jr. 1976. The abundance and diversity of the herpetofaunas of tropical forest litter. *Biotropica* 8: 41-58.
- Scott, N. J., Jr. & B. D. Woodward. 1994. Surveys at breeding sites. Pp. 118-124 in W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek & M. S. Foster (eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: standard methods for amphibians*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press.
- Seale, D. B. 1980. Influence of amphibian larvae on primary production, nutrient flux, and competition in a pond ecosystem. *Ecology* 61: 1531-1550.
- Semlitsch, R. D. (ed.). 2003a. *Amphibian Conservation*. Smithsonian Books. 324 pp.
- Semlitsch, R. D. 2003b. Introduction: General threats to amphibians. Pp. 1-23 in R. D. Semlitsch (ed.), *Amphibian Conservation*. Smithsonian Books. Washington. 324 pp.
- Shirose, L. J., C. A. Bishop, D. M. Green, C. J. MacDonald, R. J. Brooks & N. J. Helferty. 1997. Validation tests of an amphibian call count survey technique in Ontario, Canada. *Herpetologica* 53:12-320.
- Skelly, D. K. 1996. Pond drying, predators and the distribution of *Pseudacris* tadpoles. *Copeia* 1996: 599-605.
- Skelly, D. K., L. K. Freidenburg & J. M. Kiesecker. 2002. Forest canopy and the performance of larval amphibians. *Ecology* 83: 983-992.
- Skelly, D. K., M. A. Halversoni, L. K. Freidenburg & M. C. Urban. 2005. Canopy closure and amphibian diversity in forested wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 13 (3): 261-268.
- Sparling D. W., G. Linder & C. A. Bishop. 2000. *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*. Pensacola, SETAC Press.
- Stewart, M. M., & L. L. Woolbright. 1996. Amphibians. Pp. 273-320 in D. P. Reagan & R. B. Waide (eds.), *The Food Web of a Tropical Rain Forest*. Chicago, University of Chicago Press.
- Toft, C. A. 1980. Seasonal variation in populations of Panamanian litter frogs and their prey: a comparison of wetter and drier sites. *Oecologia* 47: 34-38.



- Tyler, M. 1997. Commercial trade in Australian Native Fauna. *Froglog* 23: 3.
- U.S. EPA. 2002. Methods for evaluating wetland condition: using amphibians in bioassessments of wetlands. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA-822-R-02-022.
- Vallan, D. 2000. Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature reserve of Ambohitantely, highland Madagascar. *Biological Conservation* 96: 31-43.
- Verdade, V. K. & M. T. U. Rodrigues. 2003. Description of a new species of *Cycloramphus* (Anura, Leptodactylidae) from Atlantic Forest, Brazil. *Herpetologica* 59: 513-518.
- Vitt, L. J., J. P. Caldwell, H. M. Wilbur & D. C. Smith. 1990. Amphibians as harbingers of decay. *Bioscience* 40: 418.
- Vonesh, J. R. 2001. Patterns of richness and abundance in a tropical African leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 33: 502-510.
- Wake, D. B. 1998. Action on amphibians. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 379-380.
- Waldick, R. 1997. Effects of forestry practices on amphibian populations in eastern North America. Pp. 191-205 In D. M. Green (ed.), *Amphibians in Decline: Canadian Studies of a Global Problem*. SSAR, ST. Louis.
- Welsh, H. H. Jr. 1990. Relictual amphibians and old-growth forests. *Conservation Biology* 4: 309-319.
- Welsh, H. H. Jr. & L. M. Ollivier. 1998. Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: A case study from California's Redwoods. *Ecological Applications* 8: 1118-1132.
- Weygoldt, P. 1989. Changes in the composition of mountain stream frog communities in the Atlantic Mountains of Brazil: frogs as indicators of environmental deteriorations? *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 243: 249-255.
- Wyman, R. L. 1998. Experimental assessment of salamanders as predators of detrital food webs: effects on invertebrates, decomposition and the carbon cycle. *Biodiversity and Conservation* 7: 641-650.
- Zimmerman, B. L. 1994. Audio strip transects. Pp. 118-124 in W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek & M. S. Foster (eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: standard methods for amphibians*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press.

## **2.2 O estudo de interações entre insetos e frutos em ecossistemas florestais**

Rafael D. Loyola

Umberto Kubota

Thomas M. Lewinsohn

### 2.2.1. Introdução

#### 2.2.1.1. A importância das interações entre insetos e plantas

Existem várias razões pelas quais interações entre insetos e plantas recebem uma grande atenção de biólogos e agrônomos. Atualmente reconhece-se que a relação entre insetos e plantas tem uma importância crucial para o conhecimento fundamental da biodiversidade terrestre (Schoonhoven et al. 1998). Note-se o fator quantitativo: plantas e insetos representam dois dos maiores taxa de organismos vivos, tanto em número de espécies quanto em biomassa total. A



biomassa de todos os insetos na Amazônia brasileira, por exemplo, supera a de todos os vertebrados terrestres em aproximadamente nove vezes (Holden 1989)!

Insetos herbívoros e plantas estão unidos por relações intrincadas. A vida animal não pode existir na ausência de plantas, as quais servem como fonte primordial de energia para quase todos os organismos heterotróficos. Em contrapartida, a longa exposição de plantas aos animais foi, supostamente, a principal causa do desenvolvimento de uma grande diversidade do primeiro grupo (Schoonhoven et al. 1998). Insetos com sua grande variação em forma e história de vida, provavelmente foram uma das forças moldadoras do reino vegetal. Tal papel foi proposto há algum tempo por Ehrlich & Raven (1964), os quais atribuíram à interface plantas-herbívoros (especialmente insetos) o título de a maior zona de interação para a geração da diversidade de formas de vidas terrestre no presente.

Price (2002) afirma que os recursos fornecidos pelas plantas são, claramente, a base para a espetacular irradiação adaptativa dos animais atualmente existentes. A dominância de plantas com flores (Angiospermae) pode ser explicada com base em relações mutualísticas entre plantas e seus polinizadores e dispersores de sementes (para detalhes ver Regal 1977): (1) a polinização por animais voadores permite a fecundação cruzada de plantas da mesma espécie, ainda que estejam distribuídas em manchas ou muito dispersas espacialmente, (2) a dispersão de sementes a longas distâncias por aves e morcegos leva à ocupação, por plantas, de manchas bastante dispersas, reduzindo a herbivoria e a predação de suas sementes, (3) esta dispersão de longa distância resultou em uma especialização de espécies de planta em microhabitats particulares, reduzindo mais ainda a herbivoria, a predação de sementes e a pressão exercida por parasitas, e por fim (4) as novas relações ecológicas estabelecidas por angiospermas resultaram em espécies colonizadoras com estruturas populacionais que contribuem para mudanças evolutivas rápidas, especiação e irradiação adaptativa.

A relação com plantas é fundamental para as diversas espécies animais, incluindo os insetos, que delas dependem, assim como para o Homem. Desde a remota praga de gafanhotos enviada a um Faraó no Egito, por desígnio divino, até as questões ambientais de hoje, o Homem, as plantas e os animais relacionam-se estreitamente entre si e continuarão a fazê-lo (Price 2002).

#### 2.2.1.2. *Insetos fitófagos, plantas hospedeiras, frutos e sementes*

O uso de hospedeiras por espécies de insetos fitófagos está geralmente restrito a plantas filogeneticamente próximas, muitas vezes de uma única família ou gênero (Strong et al. 1984, Bernays & Chapman 1994). Espécies de plantas taxonomicamente (ou filogeneticamente) relacionadas freqüentemente apresentam compostos químicos muito similares e podem ser incluídas como novas hospedeiras de um animal herbívoro mais facilmente que plantas não relacionadas (Southwood 1961b, Ehrlich & Raven 1964, Feeny 1975, Holloway & Herbert 1979). Os padrões filogenéticos levam a uma dependência estatística (autocorrelação) de caracteres biológicos entre espécies, ou seja, as espécies filogeneticamente mais próximas tendem a ser





mais parecidas para um dado caráter ou conjunto de caracteres distintos (Harvey & Pagel 1991, Jordano 1995, Diniz-Filho 2000). Esta tendência pode ser estendida para características ecológicas (Kelly & Purvis 1993, Rees 1993, Crawley et al. 1997) e até mesmo para as interações bióticas, mais especificamente para interações herbívoro-planta. Além disto, devido às características intrínsecas de cada comunidade (e.g., fenologia das plantas, abundância, distribuição espacial) apenas uma fração do conjunto de plantas hospedeiras potenciais é utilizada em cada momento e local (Strong et al. 1984, How et al. 1993, Singer & Parmesan 1993).

São raros os estudos que demonstram a relação entre insetos herbívoros e frutos em ecossistemas florestais. Estudos de insetos herbívoros de frutos carnosos, por exemplo, concentram-se em um grupo taxonômico de moscas herbívoras (Diptera: Tephritidae) – por ser o principal grupo que ataca este tipo de fruto (White & Elson-Harris 1992) – e de plantas de interesse comercial (e.g., Zucchi 2000a, 2000b, Uramoto 2002, Uramoto et al. 2004,). Sem contestar sua óbvia importância, estes estudos não fornecem informações que permitam construir redes detalhadas de interações entre herbívoros e plantas em comunidades locais. Tais redes são necessárias para uma análise das interações diretas e indiretas entre plantas e herbívoros, além de serem importantes devido ao limitado número de estudos de redes herbívoros-plantas realizados até hoje em comunidades tropicais (Godfray et al. 1999).

É importante ressaltar que, ao contrário da herbivoria de partes vegetativas, realizada por grande parte dos insetos fitófagos, comunidades de insetos predadores de sementes (e.g., insetos que atacam frutos secos) consomem propágulos, o que pode acarretar efeitos demográficos diretos (Janzen 1971). Além disto, esta guilda de insetos apresenta um alto nível de especialização, i.e., associa-se a uma só planta hospedeira, ou poucas espécies congênicas ou co-familiares que são utilizadas durante seu desenvolvimento (Janzen 1980a). Muitos sistemas planta-predadores de sementes têm sido estudados com enfoques em interações populacionais. Em âmbito comunitário, ao contrário dos estudos com outros herbívoros, até hoje o único estudo mais conhecido de uma guilda local de insetos predadores de sementes é o de Janzen (1980a), realizado em Guanacaste, Costa Rica.

Estudos em diversas escalas mostram a relação entre o número de espécies de insetos herbívoros associados às plantas hospedeiras com a distribuição geográfica (Southwood 1961a, Strong et al. 1977), arquitetura (Lawton 1983), a abundância local (Marquis 1991), quantidade de recursos produzidos (Cytrynowicz 1991, Basset 1996, Marques et al. 2000) e diversas outras características das espécies de hospedeiras (Strong et al. 1984, Kubota 2003, Lewinsohn et al. 2005). Enquanto isto, outros estudos com enfoque na entomofauna demonstram relação entre a distância taxonômica das hospedeiras e o grau de similaridade da fauna de herbívoros (Novotny et al. 2002b). Tais padrões podem ser influenciados pela filogenia, tanto das plantas hospedeiras quanto dos insetos herbívoros.



## 2.2.2. Contextualização Teórica

### 2.2.2.1. *Estudo de comunidades – diversidade, escalas regionais e locais*

A variação em riqueza de espécies entre comunidades locais dentro de uma única região parece ser o resultado de processos ecológicos também locais (interações entre espécies, heterogeneidade de habitats), ao passo que variações entre comunidades locais ao longo de diferentes regiões podem incorporar tanto processos locais como regionais (Tokeshi 1999). Se uma comunidade local representar uma amostra retirada de um grande conjunto (pool) regional de espécies, então a riqueza do pool regional restringirá a riqueza das comunidades locais. Com base em tal suposição, Cornell & Lawton (1992) propuseram que a riqueza (número de espécies) de diferentes localidades pode: (a) aumentar proporcionalmente com a respectiva riqueza regional – o que as caracteriza como comunidades insaturadas, nas quais a riqueza local é independente de interações bióticas; ou (b), que a riqueza em espécies de cada comunidade local aumenta até um determinado limite (de maneira assintótica), caracterizando-as como comunidades saturadas, nas quais a riqueza é limitada por interações bióticas.

A riqueza de espécies nos fornece uma importante base para a comparação entre comunidades; contudo, não é nada informativa a respeito da frequência relativa de cada espécie, i.e., o quão comuns ou raras algumas espécies são em determinadas comunidades. Portanto, a diversidade (medida que incorpora tais informações) pode ser mais informativa dependendo do tipo de estudo realizado (Morin 1999, Magurran 2003). Assim, a diversidade encontrada em um único local (ou habitat) é denominada diversidade alfa ( $\alpha$ ) (Whittaker 1975). Por outro lado, em uma escala regional, a substituição/mudança (turnover) na composição em espécies entre diferentes habitats, ou locais, também contribuirá com a diversidade de uma região. A diversidade beta ( $\beta$ ) é este componente interhabitat da diversidade (Morin 1999), mas também pode ser considerada como uma taxa de reposição de espécies entre localidades (com o mesmo tipo de habitat; Magurran 2003), ou entre espécies hospedeiras que, neste caso, correspondem a um caso particular de habitat (Lewinsohn et al. 2001, Summerville et al. 2003). Avançando neste sentido, Lewinsohn et al. (2001, 2005) sinalizam a possibilidade de tratar a diversidade beta como vários componentes aditivos ou multiplicativos (conforme o modelo estatístico utilizado) que correspondem à alteração de espécies de insetos herbívoros respectivamente entre espécies hospedeiras, localidades e/ou habitats distintos.

Em estudos de interação entre insetos e frutos, estes diferentes componentes da diversidade podem ser calculados, tanto para insetos quanto para plantas, desde que o estudo seja realizado em diversos habitats e escalas espaciais (que podem ser representados pela junção dos diferentes habitats). Tais informações são fundamentais para o entendimento da comunidade e em especial a diversidade beta pode ser útil para elucidar a dinâmica da biodiversidade, essencial segundo alguns ecólogos (e.g., Pimm 1991).



### 2.2.2.2. Hipóteses sobre diversidade baseadas em interações herbívoro-planta

Insetos herbívoros – inclusive aqueles que atacam frutos e sementes – podem também afetar a diversidade e a composição de comunidades de plantas. Insetos herbívoros associados a espécies de plantas competitivamente dominantes (inibindo seu crescimento e reprodução) podem atuar como predadores chave, que permitem a persistência de outras espécies competitivamente inferiores (Strauss & Zangeri 2002). De fato, uma das mais antigas e importantes hipóteses para a grande diversidade de árvores em florestas tropicais destaca a ação de herbívoros e patógenos especialistas (Janzen 1970, Connell 1971). Estes autores propuseram que, como a densidade de sementes e plântulas é maior no entorno das plantas mãe, a mortalidade resultante de ataques dependentes de densidade, por herbívoros especializados, também será mais intensa na mesma proximidade. Herbívoros localizam áreas com grandes concentrações de recursos mais rapidamente e permanecem nelas por mais tempo (Root 1973). Assim, a hipótese de Janzen-Connell prediz que a probabilidade de sobrevivência e estabelecimento de uma plântula deve ser inversamente relacionada com a distância da planta mãe (ou de outros adultos da mesma espécie).

O processo pode ser visualizado da seguinte forma: com a produção de sementes de uma determinada árvore há uma pequena explosão local da população de plântulas. Quanto mais próxima as árvores adultas coespecíficas estiverem, maior será a predação das sementes pré-dispersão. As sementes que permaneceram próximas a planta mãe são mais intensamente consumidas que aquelas dispersas a uma grande distância da mesma. Com isto, uma determinada área ao redor da planta mãe será um espaço relativamente mais disponível para árvores adultas de outras espécies. Assim, o espaçamento das árvores não é uma característica selecionada per se (“seleção para raridade”, uma contradição evolutiva; Harper 1981), senão uma consequência da ação dos herbívoros (ver Janzen 1980b).

Em suma, quanto maior for a eficiência dos insetos em localizar manchas de sementes, no espaço e no tempo, e em eliminar plântulas próximas entre si, maior será o número de espécies arbóreas esperadas em uma comunidade (Janzen 1980b).

### 2.2.2.3. Interações tróficas, matrizes de associação e redes complexas

A avaliação de parâmetros estruturais das comunidades ecológicas, tais como as propriedades de redes tróficas e os padrões de interações entre espécies, têm sido utilizados como uma nova abordagem em pesquisas sobre os efeitos da perda de diversidade na organização e funcionamento de comunidades biológicas (Dunne et al. 2002, Melián & Bascompte 2002). Efetivamente, estudos de interações no nível da comunidade local e em âmbitos maiores representam uma ponte entre a descrição (inventários, composição) e a dinâmica destas comunidades (Lewinsohn 2004). Conseqüentemente, o entendimento das relações entre a diversidade de espécies e as propriedades estruturais de comunidades é importante para a compreensão das relações entre diversidade e funções ecossistêmicas mais diretamente



mensuráveis. Uma vez que a estrutura da comunidade e suas propriedades funcionais (ecossistêmicas) são co-determinantes (Mooney et al. 1996), as duas abordagens mencionadas revelam-se complementares. Em suma, a detecção e avaliação de processos reguladores da composição em espécies de uma comunidade são, portanto fundamentais para o melhor entendimento dos padrões de diversidade encontrados na natureza.

A investigação de processos organizadores na estrutura das associações insetos-plantas pode ser realizada por meio de matrizes de associações. Revelar a estrutura de uma matriz de associações é um passo inicial no estudo dos padrões de interação inseto-planta, contudo fundamental para identificar os processos que os estruturam.

Matrizes de associação não-aleatórias podem assumir duas configurações básicas: (1) aninhada, na qual as espécies que consomem (e as que são consumidas por) menos espécies estão interligadas com subconjuntos das espécies que consomem (ou que são consumidas por) mais espécies – este aninhamento é necessariamente bilateral, e (2) compartimentada, na qual a maioria dos fitófagos consome plantas dentro de categorias taxonômicas restritas (e.g., gênero, tribo) e estas, por sua vez, estão associadas com subgrupos restritos da entomofauna fitófaga (Prado & Lewinsohn 2004). Pode ainda ocorrer uma distribuição aninhada dentro dos compartimentos (Lewinsohn et al. 2006). De forma geral, diz-se que os compartimentos nas matrizes de associações são representações de conjuntos de espécies que interagem muito entre si e pouco com outros conjuntos (Yodzis 1980, Pimm 1991). O tipo de estruturação encontrada depende provavelmente de características do habitat (como nível de degradação, isolamento) mas estudos sobre estes efeitos são ainda incipientes.

Recentemente, o interesse na análise de teias tróficas foi reavivado pelo desenvolvimento de novas teorias e ferramentas sobre redes complexas em diversas áreas, incluindo a ecologia (Strogatz 2001, Dunne et al. 2002a, 2002b). Redes bipartidas, em que há duas classes de elementos, relacionados cada um somente com elementos da outra classe, têm características próprias, com grande potencial para elucidar sistemas desta natureza (Borgatti & Everett 1997), mas suas propriedades ainda foram pouco exploradas (Strogatz 2001). Na ecologia, os avanços mais importantes têm surgido de estudos de redes bipartidas para comunidades mutualísticas (Olesen & Jordano 2002, Bascompte et al. 2003, Jordano et al. 2003). Estes trabalhos fornecem novos insights sobre a estrutura de comunidades que são importantes para o entendimento tanto de processos como coevolução (Bascompte et al. 2003) quanto para estabilidade de ecossistemas (Dunne et al. 2002b). Entretanto, ainda não foram estudadas redes de interações antagonísticas, em especial redes planta-herbívoro, como redes complexas bipartidas (Lewinsohn et al., em elaboração); tais redes têm sido investigadas na forma de matrizes, com ênfase na compartimentação de suas interações (Prado & Lewinsohn 2004).

Algumas propriedades de redes complexas e estruturas de comunidades estão relacionadas às respostas das redes a perturbações (Strogatz 2001, Melián & Bascompte 2002). Em



comunidades de insetos e plantas, descritores topológicos como número de ligações ou conectância podem ser influenciados por diversos fatores relacionados às plantas ou aos insetos.

Embora constituam uma abordagem recente, estudos sobre propriedades de redes tróficas a partir da teoria de redes complexas são importantes para o entendimento da organização de ecossistemas, e suas relações com diferentes tipos de estabilidade ecológica (Pimm 1991, Jordán et al. 1999). O modo como as comunidades estão estruturadas, e o modo como as ligações tróficas se distribuem através da comunidade devem relacionar-se com a fragilidade e a persistência das mesmas (Pimm 1991, McCann et al. 2000). O estudo de redes tróficas tornou-se uma das principais áreas de pesquisa em Ecologia (May 1986, Pimm et al. 1991), pois tais redes são uma descrição tratável da diversidade, das interações entre espécies e da estrutura e função dos ecossistemas (Paine 1980, Martinez & Lawton 1995, Winemiller & Polis 1996).

Estudos de interações entre dois níveis tróficos bem definidos, embora menos explorados, têm vantagens próprias substanciais. Redes mutualísticas entre plantas e animais, por exemplo, contemplam não somente as relações tróficas entre os parceiros mutualísticos (Jordano 1987), mas também a complexidade de efeitos evolutivos que, neste caso, guiam processos coevolutivos (Thompson 1999, 2005). Portanto, uma análise comparativa da topologia e dos padrões de interação em tais redes poderá revelar padrões invariantes, com profundas implicações para a estabilidade e dinâmica coevolutiva de tais agrupamentos mutualísticos (Jordano et al. 2003) e também de agrupamentos antagonísticos como os de plantas e animais herbívoros (Lewinsohn et al. 2006).

### 2.2.3. Como estudar interações entre insetos e frutos?

#### 2.2.3.1. *Frutos: do campo ao laboratório*

O sistema planta-herbívoro formado por frutos (secos ou carnosos) e seus endófitos é excelente para a investigação de interações de espécies entre dois níveis tróficos definidos. O procedimento utilizado garante a confiabilidade das interações (conexões), pois se baseia nos endófitos que emergem dos frutos coletados em campo e mantidos no laboratório. Em verdade, a maior vantagem de insetos endófitos é essa: uma vez registrados a partir de sua coleta ou criação em seus hospedeiros, sua associação com a planta hospedeira está assegurada (Lewinsohn et al. 2001). Assim, superamos o importante problema metodológico de estudos nos quais insetos adultos são amostrados na vegetação sem demonstrar sua associação trófica com a planta em que foram capturados (Basset et al. 2003).

A amostragem de frutos deve ser realizada de maneira não-destrutiva, já que os frutos são coletados considerando a sua distribuição espacial e abundância no campo. As coletas visam o menor impacto possível na reprodução das populações de plantas amostradas, o que quer dizer que as amostragens podem ser ajustadas à frutificação de cada espécie ou mesmo indivíduo. Os frutos são coletados em categorias, conforme as características de cada espécie de planta – arquitetura, fenologia, abundância e microhabitat das plantas-mãe, tipo de fruto e modo de



deiscência e de dispersão: (a) frutos imaturos nas plantas e (b) frutos maduros pré-dispersão e pós-dispersão (no solo). Isto porque há insetos que atacam e geram conseqüências distintas em diferentes etapas da maturação de um fruto (Janzen 1971, Lewinsohn 1980).

No caso de um estudo em âmbito comunitário (i.e., com diversas espécies de plantas hospedeiras), após a coleta, são amostrados e processados separadamente frutos de diferentes indivíduos. O número de indivíduos amostrados depende do tipo de estudo e das perguntas (hipóteses) que se pretende responder. Ainda assim, a seleção das espécies pode ser feita conforme suas abundâncias, facilidade de coleta e características fenológicas. As amostras são padronizadas por número de frutos, volume, ou peso fresco, para cada espécie. Estes métodos baseiam-se nos protocolos de Lewinsohn (1980) e Novotny et al. (2005).

### 2.2.3.2. *E se não trabalhamos com frutos?*

É importante levar em consideração que o transporte e manutenção de partes de plantas em laboratório exige muitos cuidados, tanto para evitar o ressecamento como a decomposição por fungos e bactérias. O método aqui apresentado pode ser empregado, com os devidos ajustes, para outras partes da planta (folhas com galhas ou minas; ramos brocados; flores).

Insetos que modificam a estrutura de suas hospedeiras (como galhadores e minadores) podem ser detectados no campo, reduzindo o volume de material a ser coletado para processamento posterior em laboratório (Lewinsohn et al. 2001). Além disto, é possível avaliar a diversidade local de insetos galhadores por meio de inventários em campo, sem a necessidade de coletas (Fernandes & Price 1991) porque muitas vezes galhas são tão características quanto a morfologia dos próprios insetos (Gagné 1994).

### 2.2.3.3. *Insetos: dos frutos às coleções*

Amostras de frutos são levadas ao laboratório e mantidas em frascos de criação. Parte dos frutos e sementes é normalmente dissecada para extração de imaturos (larvas e pupas) que são fotografados e fixados, formando uma coleção de referência. O restante é mantido em condições de ambiente, apenas com controle de fungos e ressecamento, até a eclosão de adultos. Larvas que empupam fora dos frutos são separadas e mantidas em vermiculita esterilizada para simular condições de solo. Dimensões e pesos de frutos e sementes e número de sementes são também obtidos. Estes dados são importantes para testar as predições de hipóteses ecológicas relacionadas às interações, todavia, como já dito, isto depende dos tipos de questões ecológicas que se escolheu investigar.

Em frutos secos e tecidos lenhosos, insetos imaturos podem levar muitos meses para completar seu desenvolvimento. Neste caso, a dissecção dos frutos permite achar imaturos imediatamente, sem os cuidados de acomodação em condições adequadas ao seu desenvolvimento (Lewinsohn et al. 2001). De qualquer maneira, informações sobre os insetos são essenciais para o conhecimento da história natural das espécies e dos sistemas estudados. Assim, é importante registrar dados bionômicos relevantes. As principais características funcionais



a registrar para cada espécie de inseto são: (1) se infesta frutos imaturos ou maduros e, conforme o caso, após a deiscência ou dispersão; (2) se infesta sementes e danifica embriões ou somente a polpa ou outros tecidos acessórios, como arilos.

Por fim, os insetos adultos são montados e identificados até o menor nível taxonômico possível. Caso a identificação das espécies de insetos fitófagos não seja necessária, é possível uma separação dos imaturos e adultos em morfoespécies (Lewinsohn et al. 2001). De fato, um dos maiores problemas que surgem ao se trabalhar com insetos predadores de sementes, por exemplo, é a identificação de seus endófagos associados (Janzen, comunicação pessoal).

Faz-se ainda necessário formar uma coleção de referência de insetos depositada na própria instituição onde a pesquisa é realizada (laboratórios, museus). Séries representativas das espécies de insetos mais comuns de cada área devem preferencialmente ser depositadas em sedes de Unidades de Conservação estudadas (se for o caso) e em coleções maiores (no Brasil, coleções como as do Museu de Zoologia da USP, da Universidade Federal do Paraná, do INPA, Museu Paraense Emílio Goeldi, e outras com igual importância regional e nacional).

#### 2.2.4. Contribuições para o projeto Parcelas Permanentes

##### 2.2.4.1. Pesquisas de interações em projetos de Parcelas Permanentes

A importância de interações biológicas para a organização e funcionamento de comunidades e dos ecossistemas de que formam parte é explicitamente ressaltada por muitos pesquisadores. Thompson (1997) considera a conservação da diversidade de interações um componente essencial de qualquer programa de conservação. Ele define biodiversidade de interações como “a diversidade de maneiras nas quais pares, ou grupos, de espécies interagem entre si, dentro e entre populações, e a diversidade de decorrências causadas por tais interações”.

Consideramos, portanto, que a compreensão de qualquer sistema ecológico natural requer a caracterização de sistemas de interações bióticas e a investigação de seus processos geradores, mantenedores e reguladores.

Apesar disto, programas de pesquisa de maior extensão espacial, e/ou maior duração, na prática não costumam incluir estudos de interações em seus objetivos iniciais. Há razões para isto. Historicamente, estudos de maior âmbito visaram compreender a dinâmica de interação entre vegetação, nutrientes, e decomposição, centrando-se em medir e elucidar a produção primária, sua distribuição, regulação e ciclagem (por exemplo, o projeto em Hubbard Brook; Borman & Likens 1979). Projetos mais recentes concentram-se na diversidade da vegetação e em suas mudanças espaciotemporais, sem incorporar interações com outros componentes da biota (Condit 1995). Um recente balanço, em livro, das pesquisas do maior conjunto internacional de parcelas permanentes não tem nenhuma entrada, que dirá seção, referente a estudos de interações bióticas (Losos & Leigh 2004).

Uma exceção que vale ser notada é a tentativa pioneira de produzir uma rede trófica abrangente para uma área de floresta tropical em Porto Rico (Reagan & Waide 1996). Este estudo



envolveu um grande número de pesquisadores ao longo de décadas. Ainda assim, a rede trófica produzida é bem “resolvida” (diferenciada ao nível de espécie ou gênero) apenas para os vertebrados maiores. Os demais taxa são agregados em grandes categorias (como ordens de insetos), o que impossibilita análises seja de redes interativas (utilizando a teoria de redes complexas, v. acima), seja dos componentes de diversidade, como também indicamos acima.

Como proceder então para incorporar pesquisas de interações em programas de longo prazo? O primeiro obstáculo, sem dúvida, é o “simples” conhecimento da biota animal e microbiana pertinente. Especialmente em regiões tropicais, a biota mais conspícua e acessível (especialmente plantas superiores e vertebrados) é extensa e demanda anos de esforço para ser corretamente inventariada. A biota microbiana e de invertebrados, então, pode exigir décadas de esforço por equipes de especialistas que simplesmente inexistem.

Ao invés de estabelecer como pré-requisito inventários locais completos dos taxa envolvidos na interação a pesquisar recomendamos recortes mais estreitos e, assim, mais tratáveis (Lewinsohn 2001). Em se tratando de interações planta-animal, é possível combinar restrições de (a) âmbito taxonômico, das plantas e/ou animais, (b) órgão da planta (c) tipo e/ou classe funcional do órgão ou das plantas (por exemplo, trepadeiras; frutos carnosos), (d) tipo de interação ou modo de alimentação (“guilda”) dos animais.

Dentro de tais recortes, estudos restritos tornam-se mais viáveis – demandam menos esforço de campo; há menor diversidade de organismos (portanto, de taxa a aprender e de especialistas a consultar); podem ser realizados em menor tempo. Mesmo assim, trata-se de estudos que exigem normalmente três ou mais anos para serem realizados, a não ser que inventários de base sejam previamente disponíveis.

Estudos que exemplificam levantamentos, de âmbitos comunitários, que se centraram em um dado tipo de interação com plantas, são listados em Jordano et al. (2003; polinizadores/visitantes florais; dispersores) e em Lewinsohn et al. (2005; insetos herbívoros). Exemplos notáveis de estudos herbívoro-planta em áreas tropicais são os de Janzen (1980a), para predadores de sementes em Costa Rica; Novotny et al. (2002a) para insetos folívoros em plantas de Papua-Nova Guiné; e Diniz & Morais (1997) para lagartas folívoras em cerrados de Brasília.

Embora quase a totalidade dos estudos comunitários mais extensos de interações bióticas tenha sido realizada fora de parcelas permanentes, estas representam uma oportunidade única para realizar estudos em que “conjuntos de herbívoros e suas associações de hospedeiros podem ser registrados recorrentemente para avaliar a sua variação sazonal e entre anos, para rastrear alterações de prazo mais longo, ou para comparar diferentes regiões geográficas” (Lewinsohn et al. 2005). Evidentemente, as mesmas recomendações valem para outras interações, como mutualismos com polinizadores, dispersores ou espécies protetoras; ou associações com bactérias, fungos ou nematódeos em folhas e raízes, entre outros.





#### 2.2.4.2. Contribuições para o projeto “40ha de Parcelas Permanentes”

Assim, o conhecimento das espécies de insetos que atacam frutos nas Parcelas Permanentes desse projeto temático, seus níveis de especialização, taxas de infestação de frutos e outras informações adquiridas pelo estudo de interações entre insetos e tais elementos vegetais deverá fornecer informações valiosas sobre a estrutura, geração e a manutenção da biodiversidade nos ecossistemas florestais do estado de São Paulo. Segundo Janzen (1980b) estudos sobre a especificidade de hospedeiros são extremamente necessários e para isto é preciso saber onde uma determinada espécie é encontrada se alimentando no campo e com que frequência. Este tipo de informação deveria ser disponível para algumas espécies de herbívoros de uma grande variedade de habitats. De forma semelhante, tais informações deveriam ser obtidas para algumas espécies vegetais bem escolhidas que aparecessem num único habitat. A configuração do projeto temático “Diversidade, Dinâmica e Conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40ha de Parcelas Permanentes” permite a aquisição de ambos tipos de informação.

A escolha de fragmentos diversos, protegidos e bem representativos para estudos genético-ecológicos visando à conservação, pode apontar direções essenciais para o entendimento da biodiversidade de nossas florestas tropicais. Ao destacarmos estudos em parcelas permanentes, certamente o que está em discussão é nossa compreensão de como funcionam os ecossistemas florestais tropicais, com sua diversidade e complexidade de interações (Kageyama et al. 2001).

Em 1980, Janzen afirmava que com a exceção de alguns insetos de importância econômica, nem mesmo um só estudo completo havia sido realizado sobre as variações geográficas na alimentação de um herbívoro tropical de ampla distribuição (Janzen 1980b). Da mesma forma, praticamente não havia estudos de comunidades de herbívoros associados a plantas, que permitissem análises de diversidade de associações ou de níveis de especialização. Embora este já não seja mais o caso – veja-se as referências acima – sem dúvida, estamos muito aquém do necessário para produzir um modelo mais geral que caracterize a rede interativa de componentes funcionalmente importantes das comunidades, e no qual possamos explorar causas potenciais para manutenção ou alteração dos elencos de espécies e de suas interações.

Em maior prazo, estudos como os aqui indicados deverão possibilitar dois avanços importantes: primeiro, a compreensão das correlações e conseqüências funcionais dos conjuntos de interações bióticas a que diferentes espécies – especialmente as plantas - estão relacionadas. Segundo, prever e monitorar possíveis extinções “secundárias” (Gilbert 1980) ou “coextinções” (Koh et al. 2004) em áreas sujeitas a perturbações mais drásticas.

Os projetos de doutorado de Rafael D. Loyola (Diversidade, especificidade de hospedeiras e estrutura de interações em comunidades de insetos predadores de sementes) e Umberto Kubota (Efeitos filogenéticos em comunidades de interações insetos-plantas: insetos herbívoros de frutos carnosos), orientados por Thomas M. Lewinsohn, recentemente incorporados nesta nova etapa do projeto temático “40ha de Parcelas Permanentes”, que está sendo desenvolvido nas quatro principais formações florestais do estado de São Paulo, representam investidas iniciais em



elucidar interações biológicas importantes para a organização ecológica de tais parcelas. O conhecimento e compreensão das comunidades destes insetos fitófagos poderão ser articulados com estudos de dispersão e demografia de indivíduos vegetais nessas parcelas permanentes, processos funcionais com os quais a frugivoria e predação de sementes estão eminentemente relacionados.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de doutorado concedidas a Rafael D. Loyola e Umberto Kubota, respectivamente. A pesquisa de Thomas M. Lewinsohn vem sendo apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – Projeto 98/05085-2 do Programa BIOTA/Fapesp) e pelo CNPq.

## Referências Bibliográficas

- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J. & Olesen, J. M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 100:9383-9387.
- Basset, Y. 1996. Local communities of arboreal herbivores in Papua New Guinea: predictors of insect variables. *Ecology*, 77:1906-1919.
- Basset, Y., Novotny, V., Miller, S.E., Kitching, R.L., (eds.). 2003. *Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bernays, E.A. & Chapman, R.F. 1994. *Host-plant specialisation by phytophagous insects*. Chapman & Hall, London.
- Borgatti, S. P. & Everett, M. G. 1997. Network analysis of 2-mode data. *Social Networks*, 19:243-269.
- Bormann, F. H. & Likens, G. E. 1979. *Pattern and process in a forested ecosystem*. Springer, New York.
- Condit, R. 1995. Research in large, long-term tropical forest plots. *Trends in Ecology and Evolution*, 10:18-22.
- Connell, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rains forests trees. In: den Boer, P. J. & Gradwell, G. R. (eds.). *Dynamics of population*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, pp. 298-312.
- Cornell, H. V. & Lawton, J. H. 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *Journal of Animal Ecology*, 61:1-12.
- Crawley, M. J.; Harvey, P. H. & Purvis, A. 1997. Comparative ecology of the native and alien floras of British Isles. In: Silvertown, J., Franco, M. & Harper, J. L. (eds.). *Plant Life Histories: Ecology, Phylogeny and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 36-56.
- Cytrynowicz, M. 1991. Resource size and predictability, and local herbivore richness in a subtropical Brazilian cerrado community. In: Price, P. W., Lewinsohn, T. M., Fernandes, G. W. & Benson, W. W. (eds.). *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. John Wiley, New York. pp. 561-589.
- Diniz, I. R. & Morais, H. E. 1997. Lepidopteran caterpillar fauna of Cerrado host plants. *Biodiversity and Conservation*, 6:817-836.



- Diniz-Filho, J.A.F. 2000. Métodos Filogenéticos Comparativos. Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Dunne, J. A., Williams, R. J. & Martinez, N. D. 2002a. Food-web structure and network theory: The role of connectance and size. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99:12917-12922.
- Dunne, J.A., Williams, R.J. & Martinez, N. D. 2002b. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology Letters*, 5:558:567.
- Ehrlich, P. & Raven, P. 1964. Butterflies and plants: a study in co-evolution. *Evolution*, 18:586-608.
- Feeny, P. 1975. Biochemical coevolution between plants and their insects herbivores. In: Gilbert, L. E. & Raven, P. H. (eds.). *Coevolution of Animals and Plants*. University of Texas Press, Austin. pp. 3-19.
- Fernandes, G. W. & Price, P. W. 1991. Comparison of tropical and temperate galling species richness: the roles of environmental harshness and plant nutrient status. In: Price, P. W., Lewinsohn, T. M., Fernandes, G. W. & Benson, W. W. (eds.). *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. John Wiley, New York. pp. 91-115.
- Gagné, R. J. 1994. *The gall midges of neotropical region*. Cornell University Press, Ithaca.
- Gilbert, L. E. 1980. Food web organization and the conservation of Neotropical diversity. - In: Soulé, M. E. & Wilcox, B. A. (eds.), *Conservation Biology*. Sinauer, Sunderland, pp. 11-33.
- Godfray, H. C. L., Lewis, O. T. & Memmott, J. 1999. Studying insect diversity in the tropics. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Biological Sciences*, 354:1811-1824.
- Harper, J. L. 1981. The meanings of rarity. In: Syngé, H. (ed.) *The biological aspects of rare plant conservation*. John Wiley, pp. 189-203.
- Harvey, P. H., & Pagel, M.D. 1991. *The Comparative Method in Evolutionary Biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Holden, C. 1989. Entomologists wane as insects wax. *Science*, 246:734-736.
- Holloway, J.D. & Herbert, P.D.N. 1979. Ecological and taxonomic trends in macrolepidopteran host plant selection. *Biological Journal of the Linnean Society*, 11:229-251.
- How, S. T., Abrahamson, W.G. & Craig, T. P. 1993. Role of host-plant phenology in host use by *Eurosta solidaginis* (Diptera: Tephritidae) on *Solidago* (Compositae). *Environmental Entomology*, 22:388-396.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 102:592-595.
- Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2:465-492.
- Janzen, D.H. 1980a. Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous forest. *Journal of Ecology*, 68:929-952.
- Janzen, D. H. 1980b. *Ecologia vegetal nos trópicos*. EDUSP, São Paulo.
- Jordán, F., Takacs-Santa, A. & Molnar, I. 1999. A reliability theoretical quest for keystones. *Oikos*, 86:453-462.
- Jordano, P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries and coevolution. *American Naturalist*, 129:657-677.
- Jordano, P. 1995. Angiosperm fleshy fruits and seed dispersers: a comparative analysis of adaptation and constraints in plant-animal interactions. *American Naturalist*, 145:163-191.
- Jordano, P., Bascompte, J. & Olesen, J. M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters*, 6:69-81.
- Kageyama, P., Gandara, F. & Cavalcanti, T. 2001. Estudo da biodiversidade em parcelas permanentes grandes, tendo como base espécies arbóreas raras, visando à conservação



- genética. In: Garay, I. e Dias, B.F.S (eds.). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Vozes, Petrópolis. pp. 370-375.
- Kelly, C. K. & Purvis, A. 1993. Seed size and establishment conditions in tropical trees – on the use of taxonomic relatedness in determining ecological patterns. *Oecologia* 94:356-360.
- Koh, L. P., Dunn, R. R., Sodhi, N. S., Colwell, R. K., Proctor, H. C. & Smith, V. S. 2004. Species Coextinctions and the Biodiversity Crisis. *Science*, 305:1632-1634.
- Kubota, U. 2003. Fenologia da comunidade de Asteraceae, variação temporal e determinantes locais de riqueza de insetos endófitos de capítulos. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia – Unicamp, Campinas.
- Lawton, J. H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 28:23-39.
- Lewinsohn, T.M. 1980. Predação de sementes em Hymenaea (Leguminosae: Caesalpinioideae): aspectos ecológicos e evolutivos. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia – Unicamp, Campinas.
- Lewinsohn, T. M. 2001. Esboço de uma estratégia abrangente de inventários de biodiversidade. In: Garay, I. & Dias, B. F. S. (eds.), Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Editora Vozes, Petrópolis, pp. 376-384.
- Lewinsohn, T. M. 2004. Em busca do Mons Venneris: é possível unificar as ecologias de comunidades? In: Coelho, A. S., Loyola, R. D. & Souza, M. B. G. (eds.), Ecologia teórica: desafios para o desenvolvimento da Ecologia no Brasil. O Lutador, Belo Horizonte, pp. 105-122.
- Lewinsohn, T.M., Prado, P. I. K. L. & Almeida, A. M. 2001. Inventários bióticos centrados em recursos: insetos fitófagos e plantas hospedeiras. In: Garay, I. & Dias, B.F.S (eds.). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Petrópolis, Vozes. pp. 174-189.
- Lewinsohn, T. M., Basset, Y. & Novotny, V. 2005. Insects on plants: diversity of herbivore assemblages revisited. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36:597-620.
- Lewinsohn, T.M., Jordano, P., Prado, P. I. K. L., Olesen, J. M. & Bascompte, J. 2006. Structure in plant-animal assemblages. *Oikos*, no prelo.
- Losos, E. C. & Leigh, E. G., Jr. (eds.). 2004. Tropical forest diversity and dynamism: findings from a large-scale plot network. University of Chicago Press, Chicago.
- Magurran, A.E. 2003. Measuring Biological Diversity. Blackwell, Oxford.
- Marques, E. S. A.; Price, P. W. & Cobb, N. S. 2000. Resource abundance and insect herbivore diversity on woody fabaceous desert plants. *Environmental Entomology*, 29:696-703.
- Marquis 1991. Herbivore fauna of Piper (Piperaceae) in a Costa Rican wet forest: diversity, specificity, and impact. In: Price, P. W., Lewinsohn, T. M., Fernandes, G. W. & Benson, W. W. (eds.). Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions. John Wiley, New York. pp. 179-208.
- Martinez, N.D. & J.H. Lawton. 1995. Scale and food web structure – from local to global. *Oikos*, 73:148-154.
- May, R.M. 1986. The search for patterns in the balance of nature: advances and retreats. *Ecology*, 67:1115-1126.
- McCann, K., Hastings, A., Harrison, S. & Wilson, W. 2000. Population outbreaks in a discrete world. *Theoretical Population Biology*, 57:97-108.
- Melián, C.J. & Bascompte, J. 2002. Food web structure and habitat loss. *Ecology Letters*, 5:37-46.
- Mooney, H.A., Cushman, J. H., Medina, E., Sala, O. E. & Schulze, E. D. (eds.) 1996. Functional roles of biodiversity: a global perspective. John Wiley & Sons, New York.
- Morin, P. J. 1999. Community Ecology. Blackwell Science Inc., Oxford.



- Novotny, V., Basset, Y., Miller, S. E., Drozd, P. & Cizek, L. 2002a. Host specialization of leaf-chewing insects in a New Guinea rainforest. *Journal of Animal Ecology*, 71:400-412.
- Novotny, V., Miller, S. E., Basset, Y., Cizek, L., Drozd, P., Darrow, K. & Leps, J. 2002b. Predictably simple: assemblages of caterpillars (Lepidoptera) feeding on rainforest trees in Papua New Guinea. *Proceedings of Royal Society of London B*, 269:2337-2344.
- Novotny, V., A.R. Clarke, R.A.I. Drew, S. Balagawi & B. Clifford. 2005. Host specialisation and species richness of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in a New Guinea rainforest. *Journal of Tropical Ecology*, 21:67-77.
- Olesen, J. M. & Jordano, P. 2002. Geographic patterns in plant-pollinator mutualistic networks. *Ecology*, 83:2416-2424.
- Paine, R.T. 1980. Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49:667-685.
- Pimm, S.L. 1991. *The balance of nature? Ecological issues in the conservation of species and communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Pimm, S.L., Lawton, J. L. & Cohen, J. E. 1991. Food web patterns and their consequences. *Nature*, 350:669-674.
- Prado, P. I. & Lewinsohn, T. M. 2004. Compartments in insect-plant associations and their consequences for community structure. *Journal of Animal Ecology*, 73:1168-1178.
- Price, P. W. 2002. Species interactions and the evolution of biodiversity. In: Herrera, C. M. & Pellmyr, O. (eds.) *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Oxford: Blackwell Science, pp. 3-25.
- Reagan, D. P. & Waide, R. B. (eds.). 1996. *The food web of a tropical rain forest*. University of Chicago Press, Chicago.
- Rees, M. 1993. Trade-offs among dispersal strategies in British plants. *Nature*, 366:150-152.
- Regal, P. J. 1977. Ecology and evolution of flowering plant dominance. *Science*, 196:622-629.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs*, 43:95-124.
- Schoonhoven, L. M., Jermy, T. & van Loon, J. J. A. 1998. *Insect-plant biology: from physiology to evolution*. Chapman & Hall, London.
- Singer, M.C. & C. Parmesan. 1993. Sources of variation in patterns of plant insect association. *Nature*, 361:251-253.
- Southwood, T. R. E. 1961a. The number of species of insect associated with various trees. *Journal of Animal Ecology*, 30:1-8.
- Southwood, T. R. E. 1961b. The evolution of the insect-host tree relationship – a new approach. *Proceedings of the XIth International Congress on Entomology, Vienna, 1960*, 1:651-654.
- Strauss, S. Y. & Zangeri, A. R. 2002. Plant-insect interactions in terrestrial ecosystems. In: Herrera, C. M. e Pellmyr, O. (eds.) *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Blackwell Science Ltd., Oxford, pp. 77-106.
- Strogatz, S.H. 2001. Exploring complex networks. *Nature*, 410:268-327
- Strong, D. R. J.; Lawton, J. H. & Southwood, T. R. E. 1984. *Insects on plants. Community patterns and mechanisms*. Oxford: Blackwell.
- Strong, D. R.; McCoy, E. D. & Rey, J. R. 1977. Time and number of herbivore species – the pests of sugarcane. *Ecology*, 58:167-175.
- Summerville, K.S., Crist, T.O., Kahn, J.K., & Gering, J.C. 2003. Community structure of arboreal caterpillars within and among four tree species of the eastern deciduous forest. *Ecological Entomology*, 28:747-757.



- Thompson, J. N. 1997. Conserving interaction biodiversity. In: Pickett, S. T. A., Ostfeld, R. S., Shachak, M. & Likens, G. E. (eds.), The ecological basis of conservation: heterogeneity, ecosystems, and biodiversity. Chapman and Hall, New York, pp. 285-293.
- Thompson, J.N. 1999. The raw material for coevolution. *Oikos*, 84:5–16.
- Thompson, J.N. 2005. The geographic mosaic of coevolution. Chicago University Press, Chicago.
- Tokeshi, M. 1999. Species coexistence: ecological and evolutionary perspectives. Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Uramoto, K. 2002. Biodiversidade de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera, Tephritidae) no campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba.
- Uramoto, K., Walder J. M. M. & Zucchi, R. A. 2004. Biodiversidade de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera, Tephritidae) no campus da ESALQ-USP, Piracicaba, São Paulo. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48:409-414.
- White I. M. & Elson-Harris, M. M. 1992. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. CAB International, Wallingford.
- Whittaker, R. H. 1975. Communities and ecosystems. MacMillan, New York.
- Winemiller, K.O. & Polis, G. A. 1996. Food webs: what can they tell us about the world? In: Polis, G. A. & Winemiller, K.O. (eds.). Food webs: integration of patterns and dynamics. Chapman & Hall, New York, pp. 1-22.
- Yodzis, P. 1980. The connectance of real ecosystems. *Nature*, 60:27-55.
- Zucchi, R. A. 2000a. Taxonomia. In: Malavasi, A. & Zucchi, R. A. (eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Editora Holos, Ribeirão Preto, pp. 13-24.
- Zucchi, R. A. 2000b. Espécies de *Anastrepha*, sionímias, plantas hospedeiras e parasitóides. In: Malavasi, A. & Zucchi, R. A. (eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Editora Holos, Ribeirão Preto, pp. 412-448.

### ***2.3. O uso do sensoriamento remoto para estimativa de biomassa e estoque de CO<sub>2</sub> nas parcelas permanentes de Cerrado, Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual: esboço metodológico***

Eduardo da Silva Pinheiro

#### **2.3.1. Introdução**

Nos últimos tempos, as paisagens de nosso planeta sofreram grandes modificações ocasionadas, principalmente, pelo desenvolvimento social e econômico da humanidade, incluindo mudanças climáticas, desmatamentos, perda de biodiversidade, poluição e desertificação. Historicamente, a Terra passou por mudanças climáticas, em ciclos alternados de aquecimento e resfriamento. No entanto, pesquisas indicam uma tendência para o aquecimento global a partir da metade do século XVIII, ocasionado pelo aumento, além do nível normal, dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera. O incremento dos GEE na atmosfera, principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contribui para o aumento do efeito estufa natural e acréscimo da temperatura média do planeta (ODUM, 1983; LARCHER, 2000).



A comunidade científica tem desenvolvido pesquisas com o intuito de minimizar os problemas causados pelas emissões dos GEE. Uma das linhas de pesquisa está relacionada à capacidade das florestas em seqüestrar carbono atmosférico. Segundo BROWN (1997) devido à atividade fotossintética, as florestas fixam CO<sub>2</sub> da atmosfera na forma de carboidratos. No Brasil, há poucas pesquisas sobre o auxílio das florestas nativas para minimizar os efeitos das mudanças climáticas, por meio do seqüestro de carbono. A elaboração de projetos nesta temática possui um caráter de pioneirismo, devido à sua complexidade científica e à carência de especialistas brasileiros nesta área (BRASIL, 2004).

A pesquisa florestal é fundamental, pois auxilia no desenvolvimento de estudos para mitigar as mudanças climáticas globais e permite compreender as relações entre a dinâmica (padrões de crescimento e mortalidade) e a variação de biomassa e estoque de carbono. Ainda, a regeneração florestal pode ser um importante mecanismo para o seqüestro de carbono da atmosfera. No Brasil, as principais pesquisas sobre seqüestro e estoque de carbono concentram-se na Amazônia, em áreas florestais e/ou ecótonos entre floresta e cerrado. Os estudos relacionados à quantificação de estoque de carbono na Mata Atlântica e no Cerrado ainda são incipientes.

No Estado de São Paulo, diversas pesquisas são desenvolvidas para conservar os remanescentes florestais, destacando-se o projeto temático "Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes", desenvolvido com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP 1999/09635-0). Neste projeto é investigada a dinâmica (espacial e temporal) das principais unidades fitogeográficas paulistas (Floresta de Restinga, Floresta Ombrófila densa Sub-Montana, Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão) por meio de quatro Parcelas Permanentes, de 10,24ha cada, totalizando então 40,96ha, instaladas, em Unidades de Conservação. Neste contexto, algumas questões motivam esta pesquisa:

- Qual a contribuição das unidades fitogeográficas Cerrado, Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual para o estoque de carbono?
- Nos últimos anos, foram desenvolvidos novos sensores remotos com diferentes possibilidades de obtenção de dados da superfície terrestre. Qual a contribuição destes sensores para estimar a biomassa vegetal?

Considerando as questões acima citadas foi elaborada a seguinte hipótese:

A partir de fragmentos de unidades fitogeográficas que representam o Cerrado, o Cerradão e a Floresta Estacional Semidecidual em São Paulo, sensores remotos apoiados em equações alométricas adequadas, são capazes de gerar estimativas de biomassa para áreas amplas com alta confiabilidade.

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a contribuição de diferentes unidades fitogeográficas, tanto de savana como de Florestas, para o estoque do carbono. Para tanto, é proposta a integração entre dados adquiridos em levantamentos de campo e produtos de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas. Os objetivos específicos são:



- Estimar, avaliar e comparar a biomassa vegetal e o estoque de carbono em duas Parcelas Permanentes (de 10,24ha cada uma) inseridas, respectivamente, nas unidades fitogeográficas Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual;
- Desenvolver uma metodologia para estimar a biomassa e o estoque de carbono, relacionando dados de sensoriamento remoto com os dados de vegetação coletados no campo;
- Mapear de forma detalhada o Uso/Cobertura da terra na Estação Ecológica e na Floresta Estadual de Assis/SP;
- Estimar a biomassa vegetal e o estoque de carbono em diferentes fisionomias de Cerrado na Estação Ecológica e Floresta Estadual de Assis;
- Testar equações alométricas para estimativa de biomassa, desenvolvidas especificamente para a área do Cerrado<sup>1</sup> ;
- Avaliar a aplicabilidade de dados de sensoriamento remoto, obtidos pelos sensores QuickBird e CBERS-II, para estimar da biomassa em diferentes fisionomias de Cerrado.

## 2.3.2. Materiais e Métodos

### 2.3.2.1. Áreas de estudo

Nesta pesquisa foram selecionadas duas áreas do projeto “40ha de Parcelas permanentes” a saber:

- Parcela Permanente (10,24ha) de Cerradão na Estação Ecológica de Assis, localizadas entre as coordenadas 22°33'23”S a 22°38'40”S e 50°20'59”W a 50°20'52”W GR;
- Parcela Permanente (10,24ha) de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica de Caetetus, localizada entre as coordenadas 22°22'23”S a 22°26'01”S e 49°40'11”W a 49°43' 39”W GR.
- E fragmentos remanescentes de Cerrado, de diferentes fisionomias, da Estação Ecológica e da Floresta Estadual de Assis, SP.

### 2.3.2.2. Dados fitossociológicos

Na pesquisa serão utilizados os seguintes dados adquiridos em levantamentos de campo:

- Dados secundários de DAP e altura das árvores obtidos no levantamento fitossociológico do projeto “Parcelas Permanentes”. A área de amostragem em cada local compreende parcelas com 320x320m (10,24ha), 256 sub-parcelas com 20x20m (PAP  $\geq$  15cm) (Figura 1). As parcelas já se encontram georreferenciadas (RODRIGUES, et al., 2002), permitindo desta forma a análise integrada com dados de sensoriamento remoto;

<sup>1</sup> Equações alométricas para estimativa de biomassa vegetal na área do Cerrado na Estação Ecológica de Assis estão sendo desenvolvidas por pesquisadores do Instituto Florestal de São Paulo/E.E. de Assis (Pesquisas em andamento sob coordenação da Profa. Dra. Giselda Durigan).



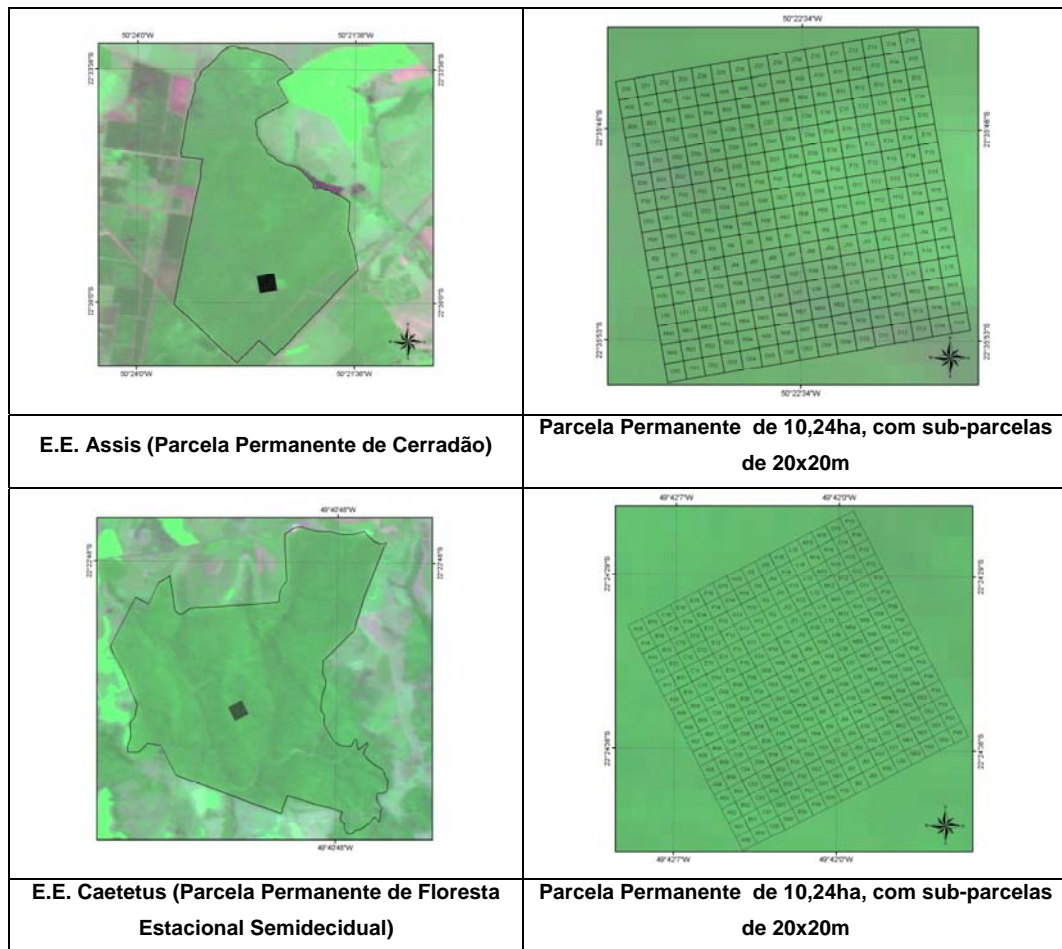


Figura 1. Áreas de estudo, com as duas Parcelas Permanentes, de 10,24ha cada. Imagem CCD do satélite CBERS-II (08/02/2005).

- Na Estação Ecológica de Assis e na Floresta Estadual de Assis serão efetuados levantamentos fitossociológicos adicionais em parcelas com área de 10.000m<sup>2</sup>.

### 2.3.2.3. Dados de sensoriamento remoto

Os dados de sensoriamento remoto empregados na pesquisa serão obtidos por meio de sensores a bordo de dois satélites, descritos a seguir:

#### 2.3.2.3.1. O satélite CBERS-II

O satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-II), lançado em órbita em 2003, representa uma grande conquista para a soberania nacional, para o avanço tecnológico brasileiro e para os estudos ambientais. Este satélite foi construído a partir de uma cooperação entre o Brasil e a República Popular da China. Uma característica singular do CBERS-II é sua carga útil com múltiplos sensores (Tabela 1), com resoluções espaciais, espectrais e temporais variadas (INPE, 2004). Nesta pesquisa será utilizada a imagem CCD/CBERS-II referente à órbita/ponto 159/125.



Tabela 1. Especificações técnicas das imagens CBERS-II

Sensores	CCD	WFI	IRMSS
Resolução temporal	26 dias (nadir) 3 dias (off-nadir)	5 dias	26 dias
Largura da faixa imageada	113 km	890 km	120 km
Resolução Espacial	20 x 20 m	260 x 260 m	80 x 80 m (160 x 160 m termal)
Resolução Espectral	Pan: 0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$ B: 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ G: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ R: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ NIR: 0,77- 0,89 $\mu\text{m}$	G: 0,63-0,69 $\mu\text{m}$ NIR: 0,77-0,89 $\mu\text{m}$	Pan: 0,50 - 1,10 $\mu\text{m}$ SWIR: 1,55-1,75 $\mu\text{m}$ SWIR: 2,08-2,35 $\mu\text{m}$ TIR: 10,40-12,50 $\mu\text{m}$
Resolução Radiométrica	8 bits (256 níveis de cinza)		
Visada lateral	$\square$ 32°	-	-

Pan: Pancromático; B: Azul; G: Verde; R: Vermelho; NIR: Infravermelho próximo; SWIR: Infravermelho médio; TIR: Infravermelho termal.

Fonte: Adaptada de INPE (2004).

#### 2.3.2.3.2. O satélite QuickBird

O satélite norte-americano QuickBird foi lançado em órbita em 2001, seus sensores possuem a mais alta resolução espacial para plataformas orbitais de uso comercial, atualmente disponível (DIGITALGLOBE, 2003). Na Tabela 2 constam as especificações técnicas de suas imagens.

Tabela 2. Especificações técnicas das imagens QuickBird

Largura da faixa imageada	16,5 km ( <i>nadir</i> ); 20,8 km ( <i>off-nadir</i> )
Resolução Espacial	0,61 m ( <i>nadir</i> ) Pancromática 2,44 m ( <i>nadir</i> ) Multiespectral 0,72 m (25° <i>off-nadir</i> ) Pancromática 2,88 m (25° <i>off-nadir</i> ) Multiespectral
Resolução Espectral	<u>Pancromático: 0,45 – 0,90 <math>\mu\text{m}</math></u> Azul: 0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$ Verde: 0,52 – 0,60 $\mu\text{m}$ Vermelho: 0,63 – 0,69 $\mu\text{m}$ Infravermelho próximo: 0,76 – 0,90 $\mu\text{m}$
Resolução Radiométrica	11 bits (2048 níveis de cinza)

Fonte: Adaptada de DigitalGlobe (2003).

#### 2.3.2.4. Métodos e forma de análise dos resultados

A pesquisa realizar-se-á em duas etapas. Na primeira serão feitas análises da biomassa vegetal e estoque de carbono entre duas unidades fitogeográficas: Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, do projeto “Parcelas Permanentes”.

Na segunda etapa os estudos se concentrarão na Estação Ecológica e Floresta Estadual de Assis, onde será mapeado o Uso/Cobertura da terra de forma detalhada. Serão realizados levantamentos de campo para a determinação de riqueza e diversidade das fisionomias de



Cerrado, além de serem analisadas conjuntamente com a biomassa e o estoque de carbono na área. O fluxograma da Figura 2 resume os procedimentos que serão aplicados na pesquisa.

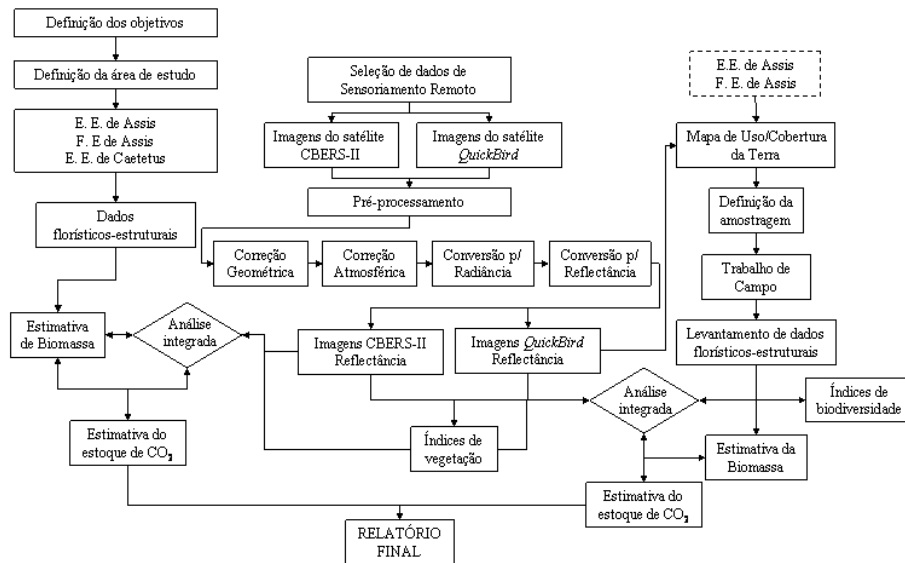


Figura 2. Desenho do método da pesquisa para uso de sensoriamento remoto na estimativa de biomassa e estoque de CO<sub>2</sub> em Cerrado, Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual, na Estação Ecológica e da Floresta estadual de Assis, Assis, SP e na Estação Ecológica de Caetetus, Gália, SP.

#### 2.3.2.4.1. Aquisição dos dados e estimativa de biomassa

A biomassa pode ser estimada por métodos diretos ou indiretos. No método direto (destrutivo) toda a vegetação é cortada e pesada. No método indireto, indicado para grandes extensões florestais, a biomassa é estimada através de sua correlação com alguma variável de fácil medição e que não implique na destruição do material vegetal. O método indireto é baseado em inventários florestais. A biomassa é usualmente estimada por meio de expressões alométricas, que caracterizam a relação entre peso fresco e variáveis independentes, como o DAP - 1,30 de altura do solo, altura total (H) e volume (V) (BROWN et al., 1989).

Para estimar da biomassa vegetal e estoque de carbono nas áreas selecionadas, serão utilizados os dados de DAP das parcelas já existentes nas Unidades de Conservação. A obtenção da biomassa será feita por meio do método indireto a partir da aplicação da equação alométrica descrita por BROWN (1997).

Para estimar a biomassa do Cerrado na Estação Ecológica de Assis e na Floresta Estadual de Assis, além dos dados de Cerradão coletados da Parcela Permanente, serão realizados novos levantamentos fitossociológicos. O método de parcelas será aplicado em diferentes fisionomias de Cerrado (cerrado sensu stricto, cerrado denso e cerradão) (DURIGAN, 2003). Serão estabelecidas dez parcelas retangulares medindo 10x100m. As parcelas amostradas serão georreferenciadas através de um aparelho Sistema de Posicionamento Global (GPS), permitindo sua análise integrada com os dados de sensoriamento remoto. Após a coleta dos dados em campo será



estimada a biomassa vegetal por meio do método indireto. Para estimar a biomassa da parte aérea e raízes será aplicada a equação que está sendo desenvolvida especificamente para áreas de Cerrado<sup>1</sup>. Finalmente, multiplicar-se-á a biomassa total em cada parcela por 0,5 para estimar a quantidade de carbono fixado nos diferentes tipos de vegetação (BROWN, 1997; KOEHLER et al., 2002).

#### 2.3.2.4.2. Pré-processamento das imagens

No pré-processamento das imagens de satélite serão realizadas a correção geométrica, a correção atmosférica e a conversão dos números digitais para radiância e reflectância. Para corrigir as distorções da imagem Quickbird será utilizado o Modelo Função Racional (TAU e HU, 2001). As imagens CBERS-II/CCD serão corrigidas por meio do Modelo Polinomial de 1º grau com reamostragem por vizinho-mais-próximo.

Para corrigir os efeitos de interferência atmosférica nas imagens QuickBird e CBERS-II é proposto o uso da metodologia apresentada por CHAVEZ (1996). Este método baseia-se na subtração do pixel escuro (DOS – Dark object subtraction). Os alvos escuros presentes na imagem com valores de reflectância próxima de “0” aparecem com valores superiores ao real, devido à interferência da atmosfera. Desta forma, o valor mais baixo entre os pixels é calculado e subtraído de todos os pixels da imagem, para cada banda individualmente (LUIZ, et al., 2003).

A conversão das imagens QuickBird para radiância será realizada segundo a metodologia descrita por KRAUSE (2003). Para transformar as imagens CBERS-II/CCD em radiância espectral será testado o método descrito por MARKHAM e BARKER (1986). A transformação dos valores de radiância espectral para valores de reflectância aparente será realizada por métodos descritos por (LILLESAND e KIEFER, 2000). Em outra etapa, a partir das imagens QuickBird e CBERS-II, serão calculados os seguintes índices de vegetação: Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Ajustado para Influência do Solo (SAVI).

#### 2.3.2.4.3. Análise dos dados

Para integrar os dados de biomassa com as imagens de satélite serão utilizadas técnicas estatísticas, sobretudo os modelos de regressão. Na metodologia de análise e integração entre os dados de SR (valores de reflectância das bandas e índices de vegetação NDVI e SAVI) e a estimativa de biomassa será aplicado um modelo de regressão múltipla (NETER et al., 1989). Cabe citar que serão utilizados modelos distintos, um para cada conjunto de dados de satélite (QuickBird e CBERS-II).

Numa primeira etapa do trabalho será estabelecida uma matriz de correlação para o conjunto de imagens de satélite com objetivo de evitar problemas de autocorrelação e com isso, redundância de dados. A partir da seleção das imagens menos correlacionadas será estabelecida uma segunda matriz de correlação, entre as imagens de satélite e as estimativas de biomassa. O ajuste e a seleção das equações para estimar a biomassa (variáveis dependentes) em função das imagens de satélite (variáveis independentes) seguirá etapas descritas por NETER et al., (1989).



Neste sentido, serão realizadas algumas análises para verificar problemas no ajuste da curva de regressão, a saber: Teste gráfico Box Plot, Teste gráfico Scatter Plot, Variância do erro não constante (heterocedasticidade).

Para reduzir o número de variáveis, assim como determinar as melhores variáveis a serem incluídas no modelo, será aplicado o Método Stepwise (WERKEMA e AGUIAR, 1996). Para determinar a importância de cada uma das variáveis independentes (imagens de satélite) no modelo de regressão, será aplicado o teste sobre os coeficientes individuais de regressão. Na última etapa serão avaliados os coeficientes de correlação e determinação para verificar a relação entre biomassa vegetal e imagens de satélites.

Espera-se que os modelos de regressão permitam analisar de forma quantitativa as relações entre dados de biomassa da vegetação e de sensoriamento remoto. A análise integrada entre produtos de SR e dados florísticos-estruturais poderá contribuir para consolidar a compreensão dos sistemas ecológicos vegetais e seu estoque de carbono. Finalmente, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento sobre estoque de carbono nas unidades fitogeográficas de Cerrado/Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual, além de compreender de forma mais adequada do uso de novos sensores remotos para estimar biomassa vegetal.

## Referências Bibliográficas

- BRASIL. Comunicado nacional inicial do Brasil à convenção-quatro das Nações Unidas sobre mudança do Clima. Coordenação-Geral de Mudanças Globais. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. 274 p.
- BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. United Nations Rome: Food and Agriculture Organization (FAO). Forestry Paper – 134. 1997, 82 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/W4095E/W4095E00.htm>> Acessado em: 02 fev. 2004.
- BROWN, S., GILLESPIE, A. J. R., LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science*, v.35, p.881-902, 1989.
- CHAVEZ, P.S. Image-based atmospheric corrections - revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 62, p. 1025-1036, 1996.
- DIGITALGLOBE. QuickBird imagery products – products guide. 2003. 54 p. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acessado em: 9 abr. 2003.
- DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R., PADUA-VALLADARES, C. (Org.) Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da vida Silvestre. Curitiba – PR. Ed.da UFPR; Fundação o Boticário de Proteção à Natureza. 2003. p. 455-479.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). O satélite CBERS. 2004. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br>>. Acessado em: 28 jun. 2004.
- KOEHLER, H.S.; WATZLAWICK, L.F.; KIRCHNER, F.F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: (Ed.) SANQUETA, C. R. S.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILIOTTO, M.A.; GOMES, F. dos S. As florestas e o carbono. UFPR, Curitiba, 2002 p. 251-264.
- KRAUSE, K. Radiance conversion of QuickBird data. Technical note. Colorado, USA. DigitalGlobe, 2003, 4p. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>> Acessado em: 7 jun. 2004.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: RIMA, 2004, 531 p.



LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. Remote sensing and image interpretation. 4 ed. New York: John Wiley & Sons. 2000. 721 p.

LUIZ, A.J.B.; GÜRTLER, S.; GLERIANI, J.M.; EPIPHANIO, J.C.N.; CAMPOS, R.C. Reflectância a partir do número digital de imagens ETM+. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2071-2078. CD ROOM.

MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. Landsat MSS and TM postcalibration on dynamic ranges of exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. Lanham: EOSAT, 1986. 21 p. (Landsat Technical notes n.1).

NETER, J.; WASSERMAN, W; KUTNER, M. H. Applied Linear Regression Models. Boston, 2 ed. 1989. 667 p.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Interamericana. Brasil. 1983. 434 p.

RODRIGUES, R. R.; et al. Dinâmica, diversidade e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha parcelas permanentes. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002. 126p. (Relatório Científico FAPESP 1999/09635-0). Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/>>. Acessado em: 15/12/2004.

TAU, V.; Y, HU. A comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. v.67, n. 12 p. 1347 – 1357, 2001.

WERKEMA, M.C.C.; AGUIAR, S. Análise de regressão: como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo. Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. 1996. 311 p.



## **2.4. Avaliação de métodos fitossociológicos por meio de simulações para um trecho de Cerradão na Estação Ecológica de Assis, SP.**

Carolina Mathias Moreira

João Luís Ferreira Batista

Ricardo Ribeiro Rodrigues

### 2.4.1. Resumo

O projeto temático “Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes” (BIOTA/FAPESP 1999/09635-0) amostrou 10,24ha de parcelas permanentes em cada uma das quatro principais formações florestais do Estado de São Paulo: Floresta de Restinga, Floresta Atlântica de Encosta, Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão. Em cada área, todos os indivíduos com CAP maior ou igual a 15cm foram amostrados, georreferenciados e identificados. O presente trabalho completará e checará em campo os dados coletados na área amostral da Estação Ecológica de Assis e utilizará estes dados em simulações de métodos de levantamento fitossociológico (quadrantes, parcelas contíguas e parcelas independentes), sob diferentes intensidades amostrais. Serão feitas 1.000 (mil) simulações para cada situação, através do software R, e serão geradas tabelas com os índices fitossociológicos mais utilizados, para cada simulação. Será avaliado o comportamento de cada índice, para cada situação estudada, em relação ao valor do parâmetro, obtido em toda a área amostral (10,24ha). O objetivo é fornecer um estudo estatístico aprofundado de cada método, indicando o grau de confiabilidade dos valores das estimativas provenientes de cada tipo de amostragem, fornecendo subsídios consistentes para a definição do método de amostragem em estudos de vegetação arbustivo-arbórea, de acordo com os objetivos do levantamento.

### 2.4.2. Introdução

“Se muito vale o já feito, mais vale o que será; e o que foi feito é preciso conhecer, para melhor prosseguir” (Milton Nascimento & Fernando Brant, 1978)

Os estudos sobre a composição florística e a estrutura fitossociológica das formações florestais são de fundamental importância, pois oferecem subsídios para a compreensão da estrutura e da dinâmica destas formações, parâmetros imprescindíveis para o manejo e regeneração das diferentes comunidades vegetais (Manzatto 2001).

Segundo definição de Martins (1989), a fitossociologia envolve o estudo das inter-relações de espécies vegetais dentro da comunidade vegetal no espaço e no tempo, e refere-se ao estudo quantitativo da composição, estrutura, dinâmica, história, distribuição e relações ambientais da



comunidade vegetal, sendo justamente esta idéia de quantificação que a distingue de um estudo florístico.

A metodologia de estudos fitossociológicos nasceu na Europa, sendo que nas Américas desenvolveram-se técnicas de análise quantitativa e a fitossociologia teve seu maior enfoque nos estudos do componente arbóreo das florestas (Martins 1979).

No Brasil, os primeiros estudos fitossociológicos foram feitos com o objetivo de conhecer melhor a estrutura florestal, como uma forma de combate às epidemias, e foram realizados através do Instituto Oswaldo Cruz. Os estudos começaram a ter caráter acadêmico, com enfoques ecológicos, quando o pesquisador Stanley A. Cain, da Universidade de Michigan (EUA) veio ao Brasil com o intuito de aplicar os conceitos e métodos fitossociológicos, que foram desenvolvidos para florestas temperadas, às florestas tropicais. Deste estudo resultou uma publicação (Cain & Oliveira Castro apud Martins 1989) que é um dos principais textos didáticos de fitossociologia da vegetação brasileira, e o primeiro sobre a vegetação tropical (Martins 1989).

Ainda segundo esta publicação de Martins (1989), onde é feito um histórico dos estudos fitossociológicos no Brasil, o autor conclui que, para a região Sudeste, as principais preocupações dos pesquisadores eram: conhecer as florestas antes que acabem e tentar conscientizar que é necessário preservar as que ainda restam; entender as relações com o ambiente abiótico (em especial condições edáficas e climáticas); e uma preocupação especial com relação aos métodos de levantamento e análise, enfatizando a análise numérica.

Realçando esta preocupação com relação aos métodos, Gibbs et al. (1980) afirmam que o método deve fornecer máxima informação, com menor tempo de trabalho no campo e que em qualquer levantamento fitossociológico a qualidade do resultado da informação sobre a composição e estrutura da comunidade será de acordo com o método de amostragem empregado e o esforço despendido na coleta dos dados.

Cottam & Curtis (1959), ao comparar os resultados obtidos aplicando uma parcela e quatro métodos de amostragem por distância, na mesma floresta, em Wisconsin (EUA), concluíram que o método de quadrantes é superior aos outros métodos de distância para fornecer dados sobre as espécies, por ponto, e é menos tendencioso.

Os métodos adotados em levantamentos fitossociológicos têm sido ora o de quadrantes, ora o de parcelas, com ligeira predominância para o de parcelas. O limite diamétrico de inclusão também tem variado, mas há uma tendência de se padronizar em 5cm. O tamanho e a forma das parcelas e a área amostrada também variam (Durigan & Leitão Filho 1995).

Os primeiros levantamentos fitossociológicos no Brasil empregaram o método de parcelas (Heindjik & Campos apud Martins 1989). O método de quadrantes foi introduzido por Martins (1979), em estudo realizado no Parque Estadual de Vassununga, município de Santa Rita do Passa Quatro, SP.

Ao comparar os métodos de quadrantes e de parcelas, para uma floresta em Mogi-Guaçu, SP, Gibbs et al. (1980) concluíram que o método de quadrantes estimou melhor o número de





indivíduos das espécies dominantes e, além disso, utiliza um terço do tempo necessário para a amostragem por parcelas. No entanto, um quinto das espécies raras não foi amostrado por nenhum dos dois métodos (o número de espécies do fragmento era conhecido, devido a trabalhos anteriores). Com isso, os autores recomendam que seja utilizado o método de quadrantes, mais um levantamento florístico ao acaso. Trata-se do primeiro trabalho de comparação entre métodos fitossociológicos para florestas tropicais.

Já em estudo realizado por Pagano et al. (1995) em Floresta Estacional Semidecidual, os autores utilizaram o método de parcelas múltiplas e compararam estes resultados com estudo realizado anteriormente, na mesma área, por Pagano & Leitão-Filho (1987), onde foi empregado o método de quadrantes. Foram encontradas diferenças nos resultados, tanto na composição florística como na estrutura fitossociológica, obtendo um número maior de espécies com o método de parcelas.

Em estudo recente, Rocha (2003), avaliou métodos de parcela e de quadrantes para laudos de perícia ambiental, constatando que o método de quadrantes não apresenta diferença estatisticamente significativa dos dados de volume levantados pelo método de parcelas, sendo que o método de quadrantes apresenta, ainda, a vantagem de ser de fácil aplicação em campo, demandar menor tempo e ser eficiente na amostragem florística.

No entanto, Gorenstein (2002) observou que o método de quadrantes apresenta viés na estimativa de densidade absoluta, superestimando-a em comunidades com padrão de distribuição regular e subestimando-a em comunidades com padrão de distribuição agrupado, pois o método pressupõe que o padrão de distribuição das árvores é completamente aleatório. Mas não se sabe a influência deste viés nos parâmetros relativos (IVI e IVC) do estudo fitossociológico.

Durigan et al. (2000) recomendam o método de quadrantes principalmente quando o objetivo é amostrar riqueza e diversidade, pois este método abrange uma área maior, amostrando um maior número de microhabitats e, portanto, mais espécies. O método de parcelas é recomendado pelos autores para estudos fitossociológicos, por possibilitar a elucidação das correlações espaciais da vegetação com outros fatores ambientais, tanto físicos como bióticos e também temporais, pela possibilidade de reavaliações periódicas, quando usadas parcelas permanentes, associando a levantamentos florísticos fora da área das parcelas, resolvendo assim a desvantagem de amostrar menos espécies que o método de quadrantes.

Ao estudar a dinâmica de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, Manzatto (2001) reafirma que o método de quadrantes mostrou-se adequado na caracterização da riqueza local das espécies e possibilita assim uma melhor caracterização do mosaico florestal da própria heterogeneidade ambiental do fragmento.

Em mais um estudo comparativo de métodos para levantamentos fitossociológicos, Vanini (1999) comparou o método de parcelas fixas com o método de parcelas variáveis (Bitterlich), para caixetais. A autora concluiu que o método de área variável amostrou satisfatoriamente o número



de espécies, demandando um tempo dois terços menor do que o método de área variável. O fato de que os caixetais não têm sub-bosque desenvolvido facilita o uso do método de área variável.

Uma característica comum a estes estudos comparativos é que, geralmente, são utilizados os resultados obtidos na amostragem por parcelas como referência para comparar os resultados obtidos com o método de quadrantes (ou outro). O presente trabalho apresenta a possibilidade de comparar ambos os resultados com aqueles encontrados na parcela permanente, que representa o censo da população estatística em estudo, fornecendo assim dados mais precisos na avaliação do viés de cada método.

A discussão, entretanto, não acaba com a escolha do método a ser empregado, pois a intensidade amostral adequada para cada situação é de extrema importância, já que toda comunidade florestal tem uma área mínima de amostragem que, abaixo dela, a comunidade não se expressa (Rodrigues 1989).

Sendo assim, uma questão importante refere-se ao tamanho amostral: que tamanho deve ter a amostra, de modo a fornecer um número total de indivíduos ou uma área total, na qual as abundâncias relativas das espécies estejam "suficientemente" representadas? (Martins & Santos 1999).

A curva do coletor tem sido geralmente usada para verificar a área mínima a ser amostrada, ou suficiência amostral. Esta é uma interpretação incorreta da função da curva. Cada vez que se somam as unidades amostrais para expressar o tamanho cumulativo da amostra, a soma inclui todas as unidades amostrais anteriores, de forma que cada área acumulada é totalmente dependente da área acumulada anteriormente. Os problemas com esse tipo de curva são muitos. Um deles refere-se à ordenação das unidades amostrais. Dependendo da forma como elas são ordenadas, o formato da curva será diferente (Martins & Santos 1999).

Mesmo assim, a maioria dos trabalhos emprega a curva do coletor e a julga como suficiente para indicar que os resultados provenientes daquela amostragem são livres de incerteza. Além disso, são analisadas, geralmente, as dez primeiras espécies e famílias com os maiores Índices de Valor de Importância (IVI). Este número (10), porém, não é baseado em nenhum estudo estatístico ou de método, podendo resultar em sub-utilizações dos dados gerados – se a confiabilidade da tabela de parâmetros fitossociológicos for maior do que as dez primeiras espécies/famílias - ou inferências errôneas – se a confiabilidade da tabela de parâmetros fitossociológicos for menor do que as dez primeiras espécies/famílias.

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo geral: contribuir com os estudos da eficiência e particularidades dos principais métodos utilizados em levantamentos de vegetação florestal, gerando dados acerca da confiabilidade dos resultados obtidos em cada método, testando a seguinte hipótese: A ordem das espécies na tabela de parâmetros fitossociológicos é alterada de acordo com o método e o esforço amostral empregados.

Para alcançar esse objetivo, serão cumpridas as seguintes ações:



- Conferir e completar no campo os dados de levantamento fitossociológico de 10,24ha de parcela permanente alocada num fragmento de Cerradão no oeste do Estado de São Paulo (E.E. de Assis);
- Simular amostragens, nessa parcela, empregando os métodos de parcela e quadrantes e quatro intensidades amostrais, utilizando dois tamanhos de parcela para parcelas independentes e uma parcela única de 1ha, totalizando assim 13 situações de amostragem (parcela pequena, parcela grande e quadrantes, com quatro intensidades amostrais cada, mais a parcela única);
- Fazer 1.000 simulações para cada situação de amostragem, ou seja, 13.000 simulações ao todo;
- Gerar gráficos e tabelas e compará-los entre si.

### 2.4.3. Material e Método

Os dados obtidos no levantamento realizado pelo Projeto Parcelas Permanentes na EE de Assis, serão checados e completados em campo. Estes dados, coletados em 10,24ha de formação Cerradão, representam o censo da população estatística em estudo, e serão denominados, neste trabalho, de Mapa de Árvore.

Os índices analisados serão aqueles que compõem os principais parâmetros fitossociológicos recomendados por Mueller-Dumbois & Ellenberg (1974): Freqüência, Densidade e Dominância, nos seus valores absolutos e relativos, e os Índices de Valor de Importância (IVI) e Cobertura (IVC).

Estes índices serão analisados através de simulações por computador, com o uso do software R. Serão simuladas amostragens empregando o método de parcelas independentes, o método de quadrantes e uma grande parcela em bloco de 1 hectare. Para cada método serão testadas quatro intensidades amostrais: 1ha; 0,75ha; 0,5ha; e 0,25ha, detalhadas na tabela 1. O número de pontos quadrantes para cada intensidade amostral foi calculado de acordo com o número de árvores amostradas em cada situação, pelas parcelas, sabendo-se que na área ocorrem aproximadamente 2.200 árvores por hectare.

Tabela 1: Situações de amostragem, para diferentes métodos de levantamento fitossociológico e diferentes intensidades amostrais, a serem simuladas na parcela permanentes em estudo na EE de Assis, SP.

Situação	1	2	3	4	5
Área amostrada (m <sup>2</sup> )	10.000	7.500	5.000	2.500	10.000
Parcelas de 10 x 10m	100	75	50	25	Parcela única
Parcelas de 50 x 50m	4	3	2	1	
Pontos quadrantes	550	413	275	138	
Total de situações: 13					



Para cada situação serão feitas 1.000 (mil) simulações, totalizando, desta forma 13.000 simulações (quatro intensidades amostrais e três métodos, mais a parcela única).

Para cada simulação e para o Mapa de Árvore será gerada uma tabela com os principais parâmetros fitossociológicos, sendo que a tabela do Mapa de Árvore fornece os valores paramétricos da população estatística em estudo.

#### 2.4.4. Forma de Análise dos Resultados

Os resultados serão analisados das seguintes formas:

- Estudo do viés (Vício da estimação): a média de cada índice, obtida nas 1.000 simulações, para cada situação, será comparada com os valores paramétricos;
- Estudo de precisão: serão calculados o erro padrão e o intervalo de confiança (95%) para cada um dos conjuntos de 1.000 simulações;
- Estudo da distribuição dos índices: serão gerados e analisados os seguintes gráficos:
  - Gráficos de densidade – para verificar simetria e curtose;
  - Gráficos de probabilidade normal – para verificar a proximidade da distribuição das estimativas dos índices com a distribuição normal;
  - Gráficos Quantil-Quantil – para verificar a proximidade das distribuições das estimativas entre métodos e intensidades amostrais.

#### Referências Bibliográficas

- COTTAM, G.; CURTIS, J.T. The use of distance-measures in phytosociological sampling. *Ecology*, v.37, p.451-460, 1959.
- DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H.F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. *Revista do Instituto Florestal*, v.7, n.2, p.197-239, 1995.
- DURIGAN, G.; RODRIGUES, R.R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In: *Matas Ciliares: conservação e recuperação* (Rodrigues, R.R. & Leitão-Filho, H.F., eds). São Paulo: Edusp: Fapesp, 2000.
- GIBBS, P.E.; LEITÃO-FILHO, H.F.; ABBOTT, R.J. Application of the point centered quarter method in a floristic survey of an area of gallery forest at Mogi-Guaçu, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v.3, p. 17-22, 1980.
- GORENSTEIN, M.R. Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional semidecidual. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2002.
- INSTITUTO FLORESTAL Divisão de florestas e estações experimentais. <http://iflorestsp.br/unidades.htm>. Acesso em 23 março 2004.
- MANZATTO, A.G. Dinâmica de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Rio Claro, SP: diversidade, riqueza florística e estrutura da comunidade no período de 20 anos (1978-1998). Dissertação de Mestrado. Rio Claro: UNESP, 2001.
- MARTINS, F. R. Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico. *Pesquisa série Botânica*, São Leopoldo, 40, 1989.
- MARTINS, F. R. O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual do interior do estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1979.



- MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. Revista Holos 1 (edição especial): 236-267, 1999.
- MUELLER-DUMBOIS, D. & ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetation ecology. New York, Willey & Sons, 1974.
- PAGANO, S.N.; LEITÃO-FILHO, H.F.; CAVASSAN, O. Variação temporal da composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta Mesófila Semidecídua. Revista Brasileira de Biologia, v.55, n.2, p.241-258, 1995.
- PAGANO, S.N.; LEITÃO-FILHO, H.F.; SHEPHERD, G.J. Estudo fitossociológico em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro (Estado de São Paulo). Acta Botanica Bras. 10:49-61, 1987.
- ROCHA, F.T. Levantamento florestal na Estação Ecológica dos Caetetus como subsídios para laudos de desapropriação ambiental. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2003.
- RODRIGUES, R.R. (org.) 2º Relatório Temático do Projeto Parcelas Permanentes. Relatório Científico II. Disponível no endereço <http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/relatorio2.pdf>. Acesso em 25 mar 2004.
- RODRIGUES, R.R. Análise estrutural das formações ripárias. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1. São Paulo, 1989. Anais. Campinas: Fundação Cargil, 1989.
- VANINI, A. Estudo comparativo de dois métodos de amostragem fitossociológica em caixetais. Dissertação de Mestrado. Piracicaba: ESALQ, 1999.



## **2.5. Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e Carlos Botelho-SP durante o Quaternário tardio**

Elaine Vidotto

Luiz C. R. Pessenda

Susy E. M. Gouveia

Frésia S. Ricardi-Branco

José A. Bendassolli

Ramon Aravena

Antonio A. Buso Júnior

### Resumo.

Neste capítulo, apresentam-se os conceitos básicos sobre a utilização dos isótopos estáveis  $^{12}\text{C}$  e  $^{13}\text{C}$  e o radioativo  $^{14}\text{C}$  da matéria orgânica do solo (MOS) e da palinologia, em estudos de reconstrução paleoambiental relativos às trocas de vegetação. Descrevem-se as características isotópicas das plantas de ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  (árvores e algumas gramíneas),  $\text{C}_4$  (maioria das gramíneas) e CAM (orquídeas), com seus respectivos intervalos de variação natural e a determinação da idade  $^{14}\text{C}$  em anos A.P. Expõem-se sucintamente os métodos físico e químico de extração da fração humina da MOS, a síntese de benzeno desse material e a detecção do  $^{14}\text{C}$  por espectrometria de cintilação líquida de baixo nível de radiação de fundo. Descrevem-se também o tratamento químico das amostras de solos para a extração do pólen e o procedimento para análise e contagem dos grãos de pólen, bem como a construção dos diagramas polínicos. Apresenta-se nesse capítulo o estudo que vem sendo desenvolvido no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) e no Parque Estadual Carlos Botelho (PECB) com o objetivo de obter um aumento dos registros paleoambientais baseados em dados polínicos de manguezais e isotópicos da MOS em florestas tropicais, visando contribuir com os estudos de reconstrução vegetacional e climática durante o Pleistoceno tardio e Holoceno na região Sudeste do Brasil.

### 2.5.1. Introdução

O interesse em pesquisas do Quaternário ( $\cong$  1,8 milhões de anos) está voltado especialmente aos fatos ocorridos após a última glaciação ( $\cong$  20.000 anos) que causaram mudanças climáticas em todo o planeta. Os períodos glaciais e interglaciais causaram mudanças no padrão climático, com consideráveis variações na temperatura, chuvas e umidade relativa.

O estudo das variações vegetacionais e climáticas ocorridas no Quaternário tardio (Pleistoceno superior e Holoceno) no Brasil iniciaram-se com os registros palinológicos de sedimentos lacustres da Amazônia (Absy & Van der Hammen, 1976; Absy, 1979; Colinvaux, 1987), do Brasil Central (Ledru, 1993; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997) e das regiões Sul e Sudeste



(Lorscheitter, 1983; De Oliveira, 1992; Behling, 1995a, b). O cenário paleovegetacional fornecido pela análise palinológica, apesar da falta de dados paleoecológicos sobre várias formações vegetais do Brasil, tem proporcionado subsídios à elucidação de vários problemas biogeográficos e importantes subsídios para o entendimento das flutuações climáticas que ocorreram no Brasil, especialmente durante o último ciclo glacial. Frentes frias mais intensificadas durante fases glaciais, associadas a mudanças climáticas globais, modelaram a paisagem do atual território brasileiro. A vegetação moderna ainda está se acomodando ante essas mudanças, embora o nível de destruição antropogênica esteja alterando os padrões naturais de estabilização da vegetação, proporcionada pelos mecanismos da sucessão vegetal (De Oliveira *et al.*, 2005).

A utilização inicial dos isótopos do carbono ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  e  $^{14}\text{C}$ ) da matéria orgânica do solo (MOS) nos estudos paleoambientais foi efetuada nas regiões Sul (Londrina-PR) e Sudeste (Piracicaba-SP) (Pessenda *et al.*, 1993a, b; Valência, 1993). A importância dos estudos isotópicos está principalmente associada ao fato de que a técnica pode ser utilizada em todas as regiões brasileiras onde há vegetação nativa e solos relativamente espessos, com pelo menos 2m, cuja cronologia determinada pela datação  $^{14}\text{C}$  da MOS (fração humina) e/ou de fragmentos soterrados de carvão para a profundidade em questão representa, em geral, o Holoceno. Outro aspecto a ser enfatizado é que resultados bastante confiáveis sobre as eventuais trocas de vegetação  $\text{C}_3$  (floresta) e  $\text{C}_4$  (savanas) no passado, até  $\cong 50.000$  anos A.P., podem ser obtidos em transecções de centenas de quilômetros, permitindo-se assim o estudo e interpretação da dinâmica passada e atual com significativo alcance regional, em ecossistemas apresentando ecótonos dos mais variados tipos e dimensões. Quando da aplicação conjunta de estudos fitossociológicos nos locais de trabalho, a relação entre os parâmetros utilizados e os valores dos isótopos estáveis do carbono das camadas superficiais dos solos permite a obtenção de uma calibração entre os dados isotópicos e as coberturas vegetais atuais, aspecto de grande relevância na interpretação dos resultados da dinâmica paleovegetacional.

Com o presente trabalho pretende-se obter um aumento dos registros paleoambientais baseados em dados polínicos de manguezais e isotópicos da matéria orgânica do solo (MOS) em florestas tropicais, visando contribuir com os estudos de reconstrução vegetacional e climática durante o Pleistoceno tardio e Holoceno na região Sudeste do Brasil. Com o aspecto multi e interdisciplinar deste projeto, pretende-se efetuar estudos comparativos envolvendo os registros palinológicos e registros isotópicos nas amostras de solo e plantas. O trabalho também apresentará um estudo comparativo entre os resultados da área costeira (PEIC) com os de uma área continental (PECB).



## 2.5.2. Isótopos estáveis do carbono ( $^{12}\text{C}$ , $^{13}\text{C}$ ) e datação por $^{14}\text{C}$ em estudos de reconstrução paleoambiental

### 2.5.2.1. Isótopos estáveis do carbono

Os isótopos estáveis ocorrem naturalmente na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. Existem átomos de mesmo elemento com massa diferente. Cada elemento tem um isótopo dominante “leve” ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{32}\text{S}$ ,  $^1\text{H}$ ) e um ou mais isótopos “pesados” ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{33}\text{S}$ ,  $^2\text{H}$ ), com abundância natural menor ou próxima de 1%. Alguns isótopos mais pesados tomam parte das mesmas reações químicas que os leves, porém o fazem em diferentes taxas. As reações químicas e processos físicos, tais como, evaporação e condensação, discriminam os isótopos pesados. O entendimento desses processos na natureza iniciou-se nas décadas de 1950 e 1960, com aplicações práticas na hidrologia, na exploração do petróleo e na geoquímica. Mais tarde, verificou-se que nas plantas há a discriminação dos isótopos do carbono nos processos biológicos do ciclo da fotossíntese e na fixação do  $^{15}\text{N}$  (Berrier & Prosser, 1996).

Na década de 1970, foi demonstrado e aceito que as composições isotópicas das plantas diferiam amplamente e que a relação dos isótopos estáveis do carbono poderia ser utilizada para distinguir os diferentes tipos de ciclos fotossintéticos  $\text{C}_3$  (árvores e algumas gramíneas) e  $\text{C}_4$  (maioria das gramíneas), definida como:

$$\delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = \left( \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) \times 1000 \quad (1)$$

onde  $R = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , sendo medida por espectrometria de massa na unidade por mil (‰); e  $R_{\text{padrão}}$  = a razão dos isótopos do carbono do padrão PDB (molusco fóssil *Belemnitella americana* da Formação Peedee).

#### 2.5.2.1.1. Fracionamento isotópico pelas plantas $\text{C}_3$

Plantas com ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  reduzem o  $\text{CO}_2$  a fosfoglicerato, um composto com três carbonos, via enzima ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (Boutton, 1996). Aproximadamente 85% das espécies de plantas possuem o ciclo  $\text{C}_3$  (Ehleringer *et al*, 1991), e espécies  $\text{C}_3$  são dominantes na maioria dos ecossistemas das regiões boreais aos trópicos. Plantas com ciclos  $\text{C}_3$  têm valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  de aproximadamente -32‰ a -22‰, com uma média de -27‰ (Boutton, 1991).

#### 2.5.2.1.2. Fracionamento isotópico pelas plantas $\text{C}_4$

As plantas  $\text{C}_4$  são representadas pela maioria das gramíneas e compreendem 5% das espécies de plantas. A distribuição geográfica e a produtividade relativa de gramíneas  $\text{C}_4$  estão fortemente correlacionadas com temperatura, distribuição sazonal e quantidade de precipitação (Lloyd & Farquhar, 1994).

As plantas  $\text{C}_4$  reduzem o  $\text{CO}_2$  a ácido aspártico ou málico, compostos por quatro carbonos, via enzima carboxilase fosfoenolpiruvato (PEP). Plantas com ciclo  $\text{C}_4$  discriminam menos contra





$^{13}\text{CO}_2$  durante a fotossíntese e, portanto, têm valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  maiores do que plantas  $\text{C}_3$ , entre -17‰ e -9‰, com uma média de -13‰ (Boutton, 1991). Assim os intervalos de valores não se sobrepõem e os dois grupos diferem em média de cerca de 14‰.

#### 2.5.2.1.3. Fracionamento isotópico pelas plantas CAM

As espécies CAM compreendem aproximadamente 10% das espécies de plantas e são usualmente suculentas (Bender *et al.*, 1973). Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de -28‰ a -10‰ são encontrados em espécies CAM facultativas, porém para algumas espécies CAM-obrigatórias, os valores isotópicos foram comparáveis aos das plantas  $\text{C}_4$  (Boutton, 1996).

#### 2.5.2.1.4. Fracionamento isotópico da MOS

A mineralização da MOS e os processos associados à formação do húmus em solos induzem a pequenas variações da abundância de  $^{13}\text{C}$ . Geralmente, um pequeno enriquecimento de  $^{13}\text{C}$  pode ser observado do topo para o fundo dos perfis de solo, sendo os horizontes mais profundos 1 a 3‰ mais ricos em  $^{13}\text{C}$  do que o topo do perfil (Stout *et al.*, 1981; Nadelhoffer & Fry, 1988; Balesdent *et al.*, 1993).

Esse enriquecimento da MOS com a profundidade pode ser devido a: (i) alteração da composição isotópica da vegetação com o tempo, como consequência de variações recentes no conteúdo de  $^{13}\text{C}$  no  $\text{CO}_2$  atmosférico; (ii) uma possível decomposição diferencial dos componentes bioquímicos das plantas, os quais são conhecidos isotopicamente heterogêneos; e (iii) um fracionamento isotópico durante a mineralização da MOS. Esse enriquecimento, sendo sempre menor que 4‰, não é grande o suficiente para mascarar a diferença de 14‰ entre a serrapilheira de plantas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$  (Boutton, 1996; Roscoe *et al.*, 2000).

Portanto, a MOS, que provém quase exclusivamente da vegetação de cobertura, aparece como um testemunho dos eventos climáticos que ocorreram nos últimos milhares de anos. Com a aplicação dos isótopos estáveis do carbono ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) é possível determinar a origem dessa MOS (plantas  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  ou mistura de plantas), enquanto a datação por  $^{14}\text{C}$  estabelece a cronologia, como será explicado no item a seguir.

### 2.5.2.2. Carbono 14

#### 2.5.2.2.1. Formação do radionuclídeo $^{14}\text{C}$ na atmosfera

O método da datação por  $^{14}\text{C}$  tem por base a contínua produção do carbono radioativo na alta atmosfera. O radionuclídeo  $^{14}\text{C}$  é formado continuamente na estratosfera, camada superior que se situa aproximadamente a 16 km da superfície terrestre. A reação processa-se quando nêutrons secundários interagem com átomos do elemento  $^{14}\text{N}$  presente nos gases atmosféricos através da reação [ $^{14}\text{N} (n, p) ^{14}\text{C}$ ] (Libby *et al.*, 1949).

A oxidação do  $^{14}\text{CO}_2$  é rápida e, por meio da movimentação atmosférica, distribui-se pelos demais reservatórios naturais, como os oceanos e a biosfera, permanecendo aí de acordo com os respectivos tempos de residência, após sua assimilação e incorporação (Libby *et al.*, 1949).



#### 2.5.2.2.2. Ciclo do $^{14}\text{C}$

As plantas assimilam o  $^{14}\text{C}$  via fotossíntese, formando compostos orgânicos. Os animais, ao se alimentarem dos vegetais, incorporam o radionuclídeo. Durante a vida do organismo, há um equilíbrio entre a atividade específica do  $^{14}\text{C}$  em relação à do ambiente, sendo que a relação  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  de todos os seres vivos, em todas as latitudes e longitudes, é observada na mesma proporção. A assimilação é constante durante a vida do organismo, devido à contínua absorção de  $\text{CO}_2$  pelas plantas (Libby *et al.*, 1949).

Quando o equilíbrio é rompido, isto é, quando o organismo morre, ocorre apenas a desintegração radioativa do  $^{14}\text{C}$  que decai em taxa constante. Libby *et al.* (1949) verificaram que a metade do  $^{14}\text{C}$  na atmosfera original teria se desintegrado após 5.568 anos. Estimou-se que o  $^{14}\text{C}$  estaria presente numa amostra entre  $\cong 50.000$  e  $60.000$  anos, ou após dez meias-vidas. A desintegração radioativa do  $^{14}\text{C}$  se faz por emissão da partícula  $\beta^-$ , ou de um elétron, que possui uma energia máxima de  $0,156$  MeV, formando o  $^{14}\text{N}$  estável ( $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + \beta^-$ ).

A meia vida  $T$  (tempo necessário para que a atividade se reduza à metade) do  $^{14}\text{C}$  de  $5.730$  anos  $\pm 30$  anos foi determinada com precisão pelo *National Bureau of Standard*, em 1961. Na 5ª Conferência sobre a Datação por  $^{14}\text{C}$ , realizada nos Estados Unidos em 1962, adotou-se o valor de  $T = 5.568 \pm 30$  anos, que apresenta um erro da ordem de 3%, uniformizando os resultados obtidos por diversos laboratórios durante a implantação do método nos anos de 1950 (Pessenda, 1998).

A atividade de uma amostra depende do número total de núcleos radioativos presentes e de uma probabilidade de decaimento ( $\lambda$ ) constante para cada nuclídeo. A atividade do  $^{14}\text{C}$  pode ser determinada pela equação:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (2)$$

onde:  $t$  = tempo decorrido após a morte do organismo,  $A$  = atividade específica da amostra no tempo- $t$  qualquer,  $A_0$  = atividade específica da amostra no tempo- $t = 0$ , sendo representada pelo padrão Ácido Oxálico NIST; e  $\lambda$  = constante de desintegração, sendo igual a  $0,693/T$  ( $T$  = meia vida do  $^{14}\text{C}$ ).

A detecção da atividade do  $^{14}\text{C}$  em amostras de origem ambiental pode ser realizada por três técnicas analíticas:

- Espectrometria de Cintilação Líquida de Baixo Nível de Radiação de Fundo (utilizada no Laboratório de  $^{14}\text{C}$  do CENA/USP), em que amostras com aproximadamente 3 g de carbono são sintetizadas em um sistema de vácuo em  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  e  $\text{C}_6\text{H}_6$  e o  $^{14}\text{C}$  natural é detectado por cintilação líquida (Pessenda & Camargo, 1991);
- Contador Proporcional Gasoso (CPG), em que amostras com aproximadamente 1 g de carbono são transformadas em  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ou  $\text{C}_2\text{H}_2$  em sistema de vácuo e posteriormente detectadas (Libby *et al.*, 1949; Edwards, 1990); e



- Acelerador de Partículas Acoplado a um Espectrômetro de Massa (*Accelerator Mass Spectrometry – AMS*), onde o carbono da amostra, aproximadamente 300 µg, apresenta-se na forma sólida (grafite). Os passos analíticos até a obtenção do CO<sub>2</sub> purificado são idênticos à cintilação líquida. Após, os átomos do carbono são ionizados, acelerados e detectados (Grootes *et al.*, 1989; Biondi & Fessenden, 1999).

O limite de detecção da técnica permite determinar até aproximadamente 60.000 anos Antes do Presente (A.P.), sendo Presente o ano de 1950, em materiais como carbonatos de águas subterrâneas, matéria orgânica do solo, turfas, conchas, madeiras, fragmentos de carvão, celulose, ossos etc.

Para a datação de amostras, assume-se que a concentração de <sup>14</sup>C manteve-se constante no passado. No entanto, foram determinadas variações de <sup>14</sup>C, devido às mudanças no campo magnético terrestre, no fluxo de radiações cósmicas causadas por intensidade da atividade solar, em alterações geoquímicas nos reservatórios naturais do <sup>14</sup>C e na troca entre eles. Tais variações foram determinadas pela correlação das datações com cronologias de anéis de crescimento de árvores de clima temperado, em sedimentos de lagos e em bolhas de ar preservadas no gelo de glaciais etc. Essas alterações são consideradas no processo de datação das amostras (Suess, 1967; Bucha, 1970; Jong & Mook, 1980; Olsson, 1980; Pessenda *et al.*, 1993b; Lisi *et al.*, 1996).

A técnica de datação por <sup>14</sup>C tem sido utilizada em muitos estudos da matéria orgânica do solo (MOS) desde a década de 50, por possibilitar o acompanhamento de processos de deposição ao longo do perfil, verificar a estabilidade das diferentes frações e estimar a cronologia da formação da MOS do solo.

Devido à complexidade da formação do solo, questionamentos referem-se sobre qual é a fração ideal da MOS a ser datada. O acúmulo de restos vegetais, madeira, folhas e raízes no solo produz um fornecimento contínuo de matéria orgânica fresca (Campbell *et al.*, 1967; Goh *et al.*, 1976; Martel & Paul, 1974; Scharpenseel *et al.*, 1968 e Trumbore, 1996), a qual passa por uma série de processos químicos levando à liberação de carboidratos, proteínas e ligninas, componentes orgânicos com diferentes ciclos de degradação.

Outro aspecto é a contaminação dos solos com carbono jovem, cujas fontes mais importantes são: invasão de raízes, infiltração de compostos orgânicos dissolvidos em água, influência de microorganismos e da fauna do solo, resultando no rejuvenescimento das datações obtidas.

Desta forma, na determinação da datação de solos pelo método de <sup>14</sup>C, materiais como madeira e fragmentos de carvão são normalmente preferíveis aos componentes da MOS. Os fragmentos de carvão encontrados nos solos são considerados biologicamente inertes e fisicamente estáveis em relação a trocas isotópicas com o meio externo, sendo desta forma um dos materiais mais apropriados para a datação por <sup>14</sup>C. Na maioria dos solos, no entanto, tais materiais são ausentes ou presentes em quantidades muito pequenas para serem datados pelos métodos convencionais (cintilação líquida e proporcional gasoso).

Um estudo realizado com o objetivo de comparar as datações da fração humina com as datações <sup>14</sup>C de fragmentos de carvão soterrados em profundidades similares mostrou que em



geral houve uma boa concordância entre as datações dos fragmentos de carvão e da fração humina, até aproximadamente 150 cm de profundidade, sendo as datações dos fragmentos de carvão em média 10% mais antigas na profundidade 200 cm. Portanto, uma estimativa da datação da MOS pode ser obtida através da datação da fração humina, principalmente no que se refere aos primeiros 150 cm de profundidade (Gouveia & Pessenda, 1999; Gouveia, 2001; Pessenda *et al.*, 2001).

### 2.5.3. Palinologia do Quaternário como indicadora de trocas de vegetação e clima

O conhecimento dos ecossistemas pretéritos por meio do estudo estratigráfico dos fósseis contidos em sedimentos fornece subsídios à compreensão da evolução ecológica de uma região e de suas possíveis mudanças. Entre esses fósseis podemos citar os grãos de pólen, que são fontes seguras de informação sobre a vegetação que esteve presente em diferentes áreas da Terra em épocas diversas.

O pólen, juntamente com os demais palinóforos (todas as formas de microfósseis encontradas nas preparações palinológicas), se deposita na superfície, em locais com condições favoráveis de sedimentação, tais como, lagos, pântanos, turfeiras e terrenos alagadiços. Nestes locais o pólen é preservado e vai se depositando em camadas. Com o acúmulo dessas camadas sucessivas, os depósitos vão se estratificando ao longo do tempo geológico.

Em 1916 o geólogo sueco Lennart von Post publicou um trabalho pioneiro realizado no sul da Suécia sobre a importância do pólen fóssil como instrumento para se interpretar a história climática e da vegetação. Este trabalho demonstrou que por meio de sondagens em turfeiras poder-se-ia retirar amostras em diferentes profundidades e após o devido tratamento químico (para destruir tudo o que não fosse pólen), identificar e contar os grãos de pólen para a reconstituição da flora e, conseqüentemente, do clima da região estudada (Salgado-Labouriau, 1961).

A metodologia para a interpretação paleoecológica, a partir da análise palinológica, fundamenta-se no fato de que todos os tipos polínicos conservados em testemunhos do Quaternário são suscetíveis de comparação com gêneros modernos, uma vez que não ocorreu extinção de plantas (Barberi, 2001).

Os grãos de pólen e os esporos possuem um envoltório externo, a exina, constituída de esporopolenina, que é elástica e tem grande resistência ao ataque por agentes químicos redutores, possibilitando a preservação dos grãos quando depositados em ambientes redutores, como lagoas e turfeiras. Além disso, possuem características morfológicas próprias como formas, dimensões, ornamentações e aberturas, que permitem sua classificação em grupos taxonômicos distintos (Salgado-Labouriau, 1984).

As variações climáticas ocorridas no Pleistoceno e Holoceno provocaram mudanças na vegetação, as quais foram registradas pelo conteúdo polínico dos sedimentos. A análise palinológica tornou-se uma ferramenta importante dentro dos estudos paleoclimáticos do



Quaternário em regiões continentais, complementando os dados provenientes de testemunhos marinhos e de gelo (Bradley, 1999). Porém, é importante lembrar que o registro palinológico do Quaternário também engloba mudanças na cobertura vegetal causadas por alterações antropogênicas, tais como o uso da terra para monoculturas, queimadas, etc. Estas mudanças também podem ser registradas pelas assembléias polínicas. Por isso, é importante saber qual é a escala temporal e espacial do estudo polínico, para poder separar os sinais climáticos dos causados por outros fatores (Amaral, 2003).

As reconstituições paleoambientais/paleoclimáticas através da palinologia são possibilitadas por quatro atributos básicos dos grãos de pólen (Faegri & Iversen, 1989; Bradley, 1999):

- determinação da família, gênero e algumas vezes espécie vegetal, através das características morfológicas dos grãos de pólen;
- produção em grande quantidade e alta capacidade de dispersão pelo vento, água, insetos ou animais;
- são extremamente resistentes à degradação em determinados ambientes sedimentares;
- refletem a vegetação no tempo da deposição do pólen.

O estudo dos mecanismos de dispersão, transporte e deposição de pólen e esporos, em ambientes atuais, é fundamental para utilização destes elementos como indicadores paleoambientais. A compreensão destes mecanismos indicará o quanto de pólen e esporos despositados em sedimentos de uma determinada região refletem a vegetação circunvizinha (Amaral, 2003).

Os diferentes tipos de vegetação possuem alguns elementos característicos que podem defini-las. Os representantes de tipos específicos da vegetação são chamados de *taxa* indicadores e os estudos da chuva polínica moderna são necessários para definir esses *taxa*. Uma vez definida a associação de *taxa* indicadores, esta pode ser utilizada como indicadora de parâmetros climáticos responsáveis por mudanças da vegetação, tais como, a duração da estação seca ou a temperatura média no inverno (Ledru, 2002).

Os manguezais também são bons locais para estudos palinológicos, principalmente os que se desenvolvem em substratos lamosos, pois são propícios para a deposição e preservação dos grãos de pólen. Além disso, o substrato lamoso dos manguezais é normalmente anóxico e esta condição garante a boa preservação do registro polínico.

Entretanto, alguns aspectos da sedimentação dentro do manguezal devem ser levados em consideração ao se realizar a análise palinológica. Como os manguezais ocupam a zona de intermaré, os sedimentos podem ser redistribuídos por correntes de maré, causando mistura do registro palinológico. Outro aspecto importante a ser considerado é a remobilização dos sedimentos por agentes bioturbadores, como os caranguejos.

Os estudos dedicados à interpretação do registro palinológico em manguezais têm demonstrado que, apesar das limitações impostas pela bioturbação e redistribuição dos sedimentos pela ação da maré, os resultados da análise palinológica podem fornecer informações



importantes sobre a história da vegetação neste ecossistema, além de contribuir com dados para a reconstrução de alterações do nível do mar e da evolução sedimentar costeira (Blasco *et al.*, 1996; Suguio, 1999; Grindrod *et al.*, 2002).

#### 2.5.4. Estudo paleoambiental nos Parques Estaduais da Ilha do Cardoso e Carlos Botelho.

##### 2.5.4.1. Metodologia

###### 2.5.4.1.1. Vegetação

A base de interpretação de estudos do Quaternário que visam reconstruir mudanças paleoambientais (paleovegetação e paleoclima) deve ser feita a partir da análise da paisagem atual. Assim, necessita-se conhecer quais os fatores que influem na dinâmica atual do local de estudo, como por exemplo, o tipo de vegetação presente na área e o clima da região.

A florística e a estrutura da vegetação de restinga presente no PEIC e da mata atlântica de encosta, no PECB, está bem caracterizada no Projeto Parcelas Permanentes - Biota e há ainda outros estudos disponíveis para a mata de encosta e para o mangue. Desse modo pretende-se um acesso a esses dados da vegetação, que são de suma importância para o desenvolvimento desse projeto.

Neste estudo será analisada a composição isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) foliar das plantas, onde serão enviadas aproximadamente 4 mg das amostras coletadas em cada área, após terem sido lavadas, secas, moídas e pesadas, ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, para a determinação de  $^{13}\text{C}$  em um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da Europa Scientific. Os resultados serão expressos pela unidade relativa “ $\delta$ ”, determinada em relação ao padrão internacional PDB (equação 1).

###### 2.5.4.1.2. Solos

###### 2.5.4.1.2.1. Amostragem.

Para a datação por  $^{14}\text{C}$  da MOS, serão feitas trincheiras de aproximadamente 100 cm de largura x 200 cm de comprimento x até 400 cm de profundidade, de onde serão coletados aproximadamente 5 kg de solo por camada, a cada 10 cm, no sentido das camadas inferiores para as superiores. As amostras de solo serão acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. Tradagens serão realizadas para a coleta de amostras para a determinação isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ).

Tanto no PEIC como no PECB as trincheiras e as tradagens serão realizadas fora da área da parcela permanente, a uma distância de aproximadamente 100 metros, que será escolhida em função da condição dominante dentro da parcela, que melhor represente aquela formação em termos de florística e de características ambientais.



No laboratório as amostras serão passadas em peneiras de malha grossa para o destorroamento e, durante o peneiramento, fragmentos de carvão, restos de raízes, folhas, insetos, etc. serão separados. Após secagem, as amostras serão passadas em peneiras de malha de 2 mm, obtendo-se desta forma a terra fina seca ao ar (TFSA).

#### 2.5.4.2.2.2. Granulometria.

A análise granulométrica dos solos será realizada no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Ciência do Solo - ESALQ/USP, através do método do densímetro (Kiehl, 1979).

#### 2.5.4.1.2.3. Carbono orgânico total.

Partindo-se de 80 mg de TFSA peneirada a 0,210 mm será determinado o carbono orgânico total, no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020, da Europa Scientific.

#### 2.5.4.1.2.4. Composição isotópica (d13C).

Serão enviados aproximadamente 80 mg de TFSA, peneirada a 0,210 mm, ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, para a determinação da composição isotópica da MOS (equação 1).

#### 2.5.4.1.2.5. Análise do $^{14}\text{C}$ .

##### 2.5.4.1.2.5.1. Extração química da humina.

Partindo-se de aproximadamente 500 g de TFSA peneirada a 0,21 mm a amostra será submetida a pré-tratamento físico e flotações (HCl 0,01M) para a retirada de resíduos orgânicos como fragmentos de carvão, raízes e insetos. A amostra será submetida a tratamentos ácido (HCl 0,5M, 80°C, 4 h), alcalino (Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> e NaOH 0,1N, pH 13) e novamente ácido (HCl 3M, 100°C, 12 h) para a eliminação dos ácidos húmicos, fúlvicos, resíduos orgânicos (açúcares, proteínas, gorduras) e contaminação com CO<sub>2</sub> atmosférico. Após lavagem final com água destilada até atingir pH 6-7, o resíduo será seco em bandejas de alumínio a 60°C, desagregado em almofariz de porcelana e acondicionado em sacos plásticos para posterior síntese de benzeno (Pessenda et al., 1996a, 1996b). Os resíduos ácidos/básicos serão neutralizados e descartados.

Devido a baixa concentração de carbono nas amostras da fração humina, a quantidade de benzeno obtida muitas vezes inferior a 1 mL, requer significativa diluição com benzeno espectrográfico, afetando a precisão e exatidão do método. Para se evitar tais problemas, alíquotas de CO<sub>2</sub> da combustão das amostras com teores inferiores a 1 g de carbono serão coletadas em recipientes especiais de vidro e enviadas ao Laboratório Isotracer em Toronto, Canadá, para análises de  $^{14}\text{C}$  por AMS (Accelerator Mass Spectrometry). As amostras com teores maiores serão sintetizadas a benzeno e analisadas no Laboratório de  $^{14}\text{C}$  do CENA/USP pela técnica de cintilação líquida (Pessenda & Camargo, 1991).



#### 2.5.4.1.2.5.2. Síntese do benzeno

Em um sistema fechado sob vácuo a amostra será queimada a uma temperatura de 700°C. O CO<sub>2</sub> produzido será mantido em contato com o lítio metálico previamente aquecido em câmara de reação (600 a 700°C) para a formação do carbeto de lítio (LiC<sub>2</sub>). Ao término da reação, a câmara será resfriada a temperatura ambiente e água destilada será adicionada, ocorrendo a hidrólise do carbeto e a produção do acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>). A formação de benzeno ocorrerá pela trimerização do acetileno em contato com um catalisador a 90°C por 2 horas, efetuando-se sua coleta em um "trap" resfriado a -180°C sob vácuo. O benzeno sintetizado será transferido para frascos especiais de vidro, ao qual será adicionado solução cintiladora contendo 43,75 g de PPO e 2,59 g de POPOP por litro de tolueno.

Quando o rendimento de síntese da amostra apresentar-se inferior a 3 mL, o volume será completado com benzeno espectrográfico mineral, levando-se em consideração esta diluição no cálculo final.

#### 2.5.4.1.2.5.3. Cálculo da idade 14C.

A determinação da idade de uma amostra é uma estimativa relativa a atividade residual de 14C medida de uma amostra (Aamostra), em equilíbrio original com a atividade de 14C de um reservatório de carbono (Apadrão). Por convenção, as datações obtidas pelo método de 14C natural são referenciadas como idade 14C convencional em anos AP (Antes do Presente), sendo presente o ano de 1950 e o valor de Apadrão, determinado pela contagem líquida do padrão ácido oxálico proveniente da National Bureau of Standards, normalizado para d13C -25,0‰. Os valores de Aamostra são determinados através da contagem das amostras de benzeno, obtidas a partir dos átomos de carbono das amostras, em espectrômetro de cintilação líquida. Os dados são submetidos a procedimento matemático específico (Pessenda & Camargo, 1991), corrigindo-se a idade 14C convencional para o fracionamento isotópico. Benzeno e tolueno gerados na determinação da atividade 14C serão armazenados para posterior incineração que será efetuada pelo sistema de gerenciamento de resíduos, recentemente implantado no CENA.

### 2.5.4.1.3 Solos do mangue

#### 2.5.4.1.3.1. Coleta dos testemunhos

Os testemunhos do mangue serão coletados através da utilização de um vibrotestemunhador (Martin & Flexor, 1989). Serão utilizados para amostragem tubos de alumínio de 3 polegadas e 6 m de comprimento. Os perfis amostrados serão levados intactos ao laboratório para posterior abertura e descrição macroscópica dos depósitos sedimentares. Assim que as seções de testemunhos são transportadas do campo ao laboratório, devem ser mantidas, se possível, em salas frias com temperatura de 4°C, para evitar o crescimento de fungos e bactérias nos solos. Esses organismos podem interferir na datação por <sup>14</sup>C. Fungos podem metabolizar





compostos de carbono dos solos e podem trocar CO<sub>2</sub> com a atmosfera, durante o processo de respiração, contaminando assim os solos com carbono recente.

#### 2.5.4.1.3.2. Amostragem

As amostras dos testemunhos destinadas para as análises de palinologia, sedimentologia e mineralogia serão coletadas em sacos plásticos a cada 2 cm. As amostras serão mantidas em geladeira até a fase de tratamento químico. Uma reserva de amostras, assim como as alíquotas que não forem analisadas, permanecerão armazenadas em geladeira no laboratório.

#### 2.5.4.1.3.3. Tratamento químico das amostras para extração do pólen

Os estudos palinológicos serão coordenados pela pesquisadora Dra. Fresia S. Ricardi-Branco, do Departamento de Geologia e Recursos Naturais do Instituto de Geociências da UNICAMP. O tratamento químico das amostras seguirá a metodologia clássica estabelecida por Faegri & Iversen (1989) para testemunhos do Quaternário. De uma forma geral, a extração do pólen consiste em dissolver da amostra a ser estudada, tudo que não é pólen, envolvendo as seguintes etapas: a) dissolução de silicatos por HF; b) remoção de colóides de sílica com HCl diluído; c) destruição de ácidos húmicos por solução de KOH; d) centrifugação e lavagem dos resíduos com água destilada e e) montagem de lâminas para observação em microscópio óptico.

O tratamento químico das amostras será realizado no Laboratório 14C do CENA - USP, que é coordenado pelo Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda. O volume de cada amostra deverá ser medido com precisão, provavelmente 5g. Todos os tratamentos serão feitos em tubos de centrifuga de 15 ml, com graduações. Recomenda-se que os tubos sejam de polipropileno, pois são resistentes a todos os reagentes a serem usados. Depois de cada tratamento os tubos serão centrifugados e o líquido residual será cuidadosamente decantado, para evitar a perda desnecessária de pólen. Em cada etapa do processo, a centrifugação será definida como 3000 rotações por minuto (rpm) durante 10 minutos.

##### 2.5.4.1.3.3.1. Remoção de silicatos com HF

Às amostras serão adicionados HF 70% em quantidade de ácido suficiente para cobri-las. As amostras permanecerão no ácido por no mínimo 18 horas. Para a retirada do HF, centrifuga-se as amostras. Após a centrifugação, o HF será descartado em um recipiente de plástico para posterior neutralização. Esse ácido nunca deverá ser descartado na pia.

##### 2.5.4.1.3.3.2. Remoção de colóides de sílica com HCl ( a quente)

Após a retirada do HF adiciona-se HCl 50%. As amostras serão deixadas em banho-maria por 10 minutos. Para a retirada do HCl centrifugam-se as amostras. Repete-se o processo até o ácido sair incolor. Centrifugam-se as amostras com água destilada por duas vezes.

##### 2.5.4.1.3.3.3. Destruição de ácidos húmicos por solução de 10% de KOH



Para a retirada dos ácidos húmicos utiliza-se KOH 10%. As amostras imersas em KOH serão deixadas em banho-maria por 10 minutos. Deve-se mexer as amostras ocasionalmente. Para a retirada do KOH centrifugam-se as amostras. Repete-se o procedimento até o KOH sair incolor. Centrifugam-se as amostras com água destilada por duas vezes.

#### 2.5.4.1.3.3.4. Separação dos palinomorfos por densidade

Após as lavagens com água destilada adiciona-se cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ , densidade =  $2,0g/cm^3$ ) às amostras. Centrifuga-se e passa-se o sobrenadante para outro tubo de vidro e descarta-se o precipitado. Ao sobrenadante junta-se HCl (25%) para abaixar a densidade e precipitar o material de interesse. Centrifugam-se as amostras e, ao final do processo descarta-se o ácido e lava-se o material precipitado por três vezes com água destilada.

Após o tratamento químico deixam-se as amostras em repouso por 30 minutos, em uma solução de glicerina 10%, para a re-hidratação dos grãos de pólen e esporos. Retira-se essa solução com a centrifugação das amostras. Ao resíduo final adiciona-se, em média, 5 gotas de glicerina.

#### 2.5.4.1.3.3.5. Contagem e identificação dos grãos e construção dos diagramas polínicos

Após a montagem das lâminas iniciar-se-á o processo de contagem e identificação dos grãos de pólen que serão efetuadas em microscópio óptico no Laboratório  $^{14}C$  do CENA com objetivas de 40x e 100x. Em cada amostra serão contados em média 250 a 300 grãos de taxa de árvores e herbáceas. A determinação dos tipos polínicos será feita com ajuda de coleção de referência da Prof<sup>a</sup>. Dra. Frésia Ricardi-Branco, além de consultas a diversos atlas polínicos (Absy, 1975; Markgraf & D'Antoni, 1978; Roubik & Moreno, 1991; Colinvaux *et al.*, 1999) e coleção de referência que está sendo montada no Laboratório de  $^{14}C$  do CENA.

Os diagramas polínicos devem sintetizar os resultados da pesquisa da forma mais clara possível, de modo a permitir ao leitor visualizar as variações quantitativas e qualitativas dos dados obtidos.

#### 2.5.4.1.3.4. Datação por $^{14}C$

Estima-se selecionar cerca de 10-15 amostras na totalidade dos testemunhos estudados, que serão pré-tratadas fisicamente para remoção de folhas, insetos, raízes, etc. e quimicamente com HCl 4-8% por 4-6 h a temperatura de 80°C. Posteriormente serão secas em estufa a 55°C por 48 horas e efetuada a síntese de benzeno e detecção do  $^{14}C$  por espectrometria de cintilação líquida no Laboratório de  $^{14}C$  do CENA. No caso de amostras com teores inferiores a 1,5 g de carbono serão enviadas em cápsulas de vidro, na forma de  $CO_2$ , ao Laboratório Isotracer no Canadá para determinação da idade pelo método do  $^{14}C$  por AMS.

#### 2.5.4.1.3.5. Composição isotópica ( $\delta^{13}C$ ) e carbono orgânico total



Após tratamento ácido (HCl 4% a 70°C durante 5h) e pesagem, serão enviados aproximadamente 20 mg das amostras ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, para a determinação de  $^{13}\text{C}$  e carbono orgânico total em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da Europa Scientific. Os resultados são expressos pela unidade relativa “ $\delta$ ”, determinada em relação ao padrão internacional PDB (equação 1):

### 2.5.5. Considerações finais

O número de trabalhos utilizando registros palinológicos de manguezais no Brasil é bastante limitado, assim como os estudos isotópicos da MOS em restingas visando a reconstrução paleoambiental em relação à vegetação e ao clima. Este estudo deverá reforçar de forma significativa os estudos de mudanças vegetacionais e climáticas ocorridas durante o Pleistoceno tardio e o Holoceno na região Sudeste do Brasil.

O Projeto Parcelas Permanentes tem como objetivo geral fazer a caracterização ambiental detalhada das quatro principais formações florestais ocorrentes no Estado de São Paulo, entre elas, Floresta de Restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso e Floresta Úmida de Encosta no Parque Estadual Carlos Botelho. Pretende-se com o presente trabalho obter um registro da vegetação existente nos locais de estudo nos últimos 20.000 anos A.P. e também um registro de eventuais variações climáticas que tenham ocorrido neste período.

### 2.5.6. Referências bibliográficas

- Absy, M. L. 1975. Polen e Esporos do Quaternário de Santos (Brasil). *Hoehnea*, 5: 1-26.
- Absy, M.L. 1979. *A palynological study of Holocene sediments in the Amazon Basin*. Amsterdam. 84p. Thesis – University of Amsterdam.
- Absy, M.L. & Van der Hammen, T. 1976. Some paleoecological data from Rondonia, Southern part of Amazon Basin. *Acta Amazônica*, 6(3): 283-299.
- Amaral, P.G.C. 2003. Contribuição palinológica ao estudo da evolução do manguezal do Rio Itanhaém, litoral sul de São Paulo. São Paulo, 71p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Balesdent, J.; Girardin, C.; Mariotti, A. 1993. Site-related  $\delta^{13}\text{C}$  of tree leaves and soil organic matter in a temperate forest. *Ecology*, 74: 1713-1721.
- Barberi, M. 2001. Mudanças paleoambientais na região dos cerrados do Planalto Central durante o Quaternário tardio: o estudo da Lagoa Bonita, DF. São Paulo, 210p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Behling, H. 1995a. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, 14(3): 253-268.
- Behling, H. 1995b. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). *Vegetation History and Archaeobotany*, 4(3): 127-152.
- Bender, M.M.; Rouhani, I.; Vines, M.; Black Jr., C.C. 1973.  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$  ratio change in crassulacean acid metabolism plants. *Plant Physiology*, 52: 427-430.
- Berrier, A. & Prosser, J.S. 1996. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: Boutton, T.W. & Yamasaki, S.I. (Ed.). *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker. p.1-17.



- Biondi, F. & Fessenden, S.E. 1999. Radiocarbon analysis of *Pinus lagunae* tree rings. Implications for tropical dendrochronology. *Radiocarbon*, 41(3): 241-249.
- Blasco, F.; Saenger, P., Janodet, E. 1996. Mangroves as indicators of coastal change. *Catena*, 27: 167-178.
- Boutton, T.W. 1991. Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments. In: Coleman, D.C.; Fry, B. (Ed). *Carbon isotope techniques*. New York: Academic Press, p.155-171.
- Boutton, T.W. 1996. Stable carbon isotope ratios of soils organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: Boutton, T.W.; Yamasaki, S.I. (Ed). *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker, p.47-82.
- Bradley, R.S. 1999. *Paleoclimatology reconstruction climates of the Quaternary*. Harcourt / Academic Press, San Diego, USA, 613p.
- Bucha, V. 1970. Influence of the earth's magnetic field on radiocarbon dating. In: Olsson, I.U. (Ed.). *Radiocarbon variations and absolute chronology*. Stocholm: Almqvist and Wiksell, p.501-510.
- Campbell, C.A.; Paul, E.A.; Rennie, D.A.; McCallum, K.J. 1967. Factores affecting the accuracy of the carbon-dating method in soil humus studies. *Soil Science*, 1(2): 81-85.
- Colinvaux, P.A. 1987. Amazon diversity in light of the paleoecological records. *Quaternary Science Reviews*, 6:63-114.
- Colinvaux, P.A.; DE Oliveira, P.E.; Patiño, J.E.M. 1999. *Amazon Pollen Manual and Atlas*. Harwood Academic Publishers. The Netherlands, 332p.
- De Oliveira, P.E. 1992. *A palynological record of late Quaternary vegetational and climatic change in Southeastern Brazil*. 134p. Columbus. Dissertation (Ph.D.) – The Ohio State University.
- De Oliveira, P.E.; Behling, H.; Ledru, M.P.; Barberi, M.; Salgado-Labouriau, M.L.; Garcia, M.J.; Medeanic, S.; Barth, O.M.; Barros, M.A.; Scheel-Ybert, R. 2005. Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: Souza, C.R.G.; Suguio, K.; Oliveira, A.M.S.; De Oliveira, P.E. (Ed.). *Quaternário do Brasil*, Ribeirão Preto, Holos Editora, p.52-74.
- Domingues, E.N & Silva, D.A. 1988. Geomorfologia do Parque Estadual de Carlos Botelho (SP). *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, 42: 71-105.
- Edwards, T.W.D. 1990. *Examples and critiques of quaternary dating methods*. Waterloo: University of Waterloo. (Short Course, 3).
- Ehleringer, J.R.; Sage, R.F.; Flanagan, L.B.; Pearcy, R.W. 1991. Climate change and the evolution of C<sub>4</sub> photosynthesis. *Trends in Ecology and Evolution*, 6: 95-99.
- Faegri, K.; Iversen, J. 1989. *Textbook of pollen analysis*, 4<sup>th</sup> ed. Wiley, Chichester.
- Goh, K.M.; Molloy, P.J. 1976. Radiocarbon datinh of palesols using soil organic matter components. *Journal of Soils Science*, 29: 567-573.
- Gouveia, S.E.M. & Pessenda, L.C.R. 1999. Datação da fração humina da matéria orgânica do solo e sua comparação com idades <sup>14</sup>C de carvões fósseis. *Química Nova*, 22(6): 810-814.
- Gouveia, S.E.M. 2001. Isótopos do carbono na avaliação do remonte biológico de Latossolos e Podzólicos e de eventos paleoclimáticos em distintas localidades do Brasil. Piracicaba, 116p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- Grindrod, J.; Moss, P.; Van Der Kaars, S. 2002. Late Quaternary Mangrove Pollen Records from Continental Shelf and Ocean Cores in the North Australian-Indonesian Region. In: P. Kershaw, B.; David, N.; Tapper, D.; J. Brown (Eds.) Bridging Wallace's Line: *The environmental and cultural history and dynamics of the SE-Asian-Australian Region*. Catena Verlag GMBH, Reiskirchen, p.360.
- Grootes, M.; Farwell, G.W.; Schmidt, P.H.; Leach, D.D.; Stuiver, M. 1989. Rapid response of tree cellulose radiocarbon content to changes in atmospheric <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> concentration. *Tellus*, 41B: 134-148.



- Jong, A.F.M. & Mook, W.G. 1980. Medium-term atmospheric  $^{14}\text{C}$  variations. *Radiocarbon*, 22: 267-272.
- Kiehl, E.J. 1979. *Manual de edafologia; relações solo/planta*. São Paulo: Ceres.
- Ledru, M.-P. 1993. Late Quaternary and climatic changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, 39: 90-98.
- Ledru, M.-P. 2002. Late Quaternary history and evolution of the cerrados as revealed by palynological records. In: Oliveira, P.S. and Marquis, R.J. (Eds). *The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press.
- Libby, W.F.; Anderson, B.C.; Arnold, J.R. 1949. Age determination by radiocarbon content; world-wide assay of natural radiocarbon. *Science*, 109: 227-228.
- Lisi, C.S.; Pessenda, L.C.R.; Cruz, M.L.C.; Pessin, G. 1996. Purificação de  $\text{CO}_2$  sintetizado de amostras de ossos destinadas à datação por C-14 via espectrometria de cintilação líquida. *Química Nova*, 19(6): 609-612.
- Lloyd, J. & Farquhar, G.D. 1994.  $^{13}\text{C}$  discrimination during  $\text{CO}_2$  assimilation by the terrestrial biosphere. *Oecologia*, 99: 201-215.
- Lorscheitter, M.L. 1983. Evidence of sea oscillations of the late quaternary in Rio Grande do Sul, Brazil, provided by palynological studies. *Quaternary of South America and Arctic peninsula*, 1:53-60.
- Markgraf, V. & D'Antoni, H.L. 1978. *Pollen flora of Argentina*. Univ. of Arizona Press, Tucson.
- Martel, Y.A. & Paul, E.A. 1974. The use of radiocarbon of organic matter in the study of soil genesis. *Soil Science Society of America Proceedings*, 38: 501-506.
- Nadelhoffer, K.F. & Fry, B. 1988. Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundance in forest soil organic matter. *Soil Science Society America Journal*, 52: 1633-1640.
- Negreiros, O.C. 1982. Características fitossociológicas de uma floresta latifoliolada pluviosa tropical visando ao manejo do palmito, *Euterpe edulis* Mart. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Olsson, I.U. 1980.  $^{14}\text{C}$  in extractives from wood. *Radiocarbon*, 22: 515-524.
- Pessenda, L.C.R. & Camargo, P.B. 1991. Datação radiocarbônica de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. *Química Nova*, 14(2): 98-103.
- Pessenda, L.C.R.; Valencia, E.P.E.; Telles, E.C.C.; Cerri, C.C.; Camargo, P.B.; Martinelli, L.A. 1993a. The association  $^{14}\text{C}$  dating and  $^{13}\text{C}$  in palaeoecology studies in Brazilian tropical and subtropical soils. In: International Symposium on Perspectives for Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Niterói. *Proceedings...Niterói*: UFF, Departamento de Geoquímica, p.89-92.
- Pessenda, L.C.R.; Camargo, P.B.; Cruz, M.V.L.; Lisi, C.S.; Valencia, E.P.E. 1993b. Laboratório de radiocarbono do CENA/USP no programa internacional de intercomparação laboratorial de resultados. *Química Nova*, 16(3): 221-223.
- Pessenda, L.C.R.; Valencia, E.P.E.; Aravena, R.; Telles, E.C.C.; Boulet, R. 1998. Paleoclimate studies in Brazil using carbon isotopes in soils. In: Wasserman, J.C.; Silva-Filho, E.; Villas-Boas, R. (Eds.). *Environmental geochemistry in the tropics*. Berlin: Springer-Verlag, p. 7-16.
- Pessenda, L.C.R.; Gouveia, S.E.M.; Aravena, R. 2001b. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with  $^{14}\text{C}$  ages of fossil chacoal. *Radiocarbon*, 43(2B): 595-601.
- Roscoe, R.; Buurman, P.; Velthors, E.J.; Pereira, J.A.A. 2000. Effects of fire on soil organic matter in a “cerrado sensu-stricto” from Southeast Brazil as revealed by changes in  $\delta^{13}\text{C}$ . *Geoderma*, 95(1): 141-160.
- Roubik, D.W. & Moreno, J.E. 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island, Missouri Botanical Garden.



- Salgado-Labouriau, M.L. 1961. Pollen grains of plants of the "Cerrado" I. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 33(1): 119-130.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1984. Reconstrucción de los ambientes a través de los granos de polen. *Investigation y Ciencia (Spanish edition of the Scientific American)*, 96 septiembre, 3: 6-17.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1997. Late Quaternary palaeoclimate in the savannas of South America. *Journal of Quaternary Science*, 12 (5): 371-379.
- São Paulo (Estado). 1998. Secretaria do Meio Ambiente. *Planos de Manejo das Unidades de Conservação: Parque Estadual da Ilha do Cardoso - Plano de Gestão Ambiental - fase 1*. Mendonça, A.L.F.; Campanhã, R.A.C.; Campolim, M.; Maretti, C.C.; Raimundo, S. (Org.). São Paulo: SMA, v.4, 164p.
- Scharpenseel, H.W.; Ronzani, C.; Pietig, F. 1968. Comparative age determinations on different humic-matter fractions. In: Symposium on the use of isotopes and radiation in soil organic matter studies, Vienna, 1968. Proceedings. Vienna: IAEA, p.67.
- Setzer, J. 1946. Contribuição para o estudo do clima do estado de São Paulo. Escolas Profissionais Salesianas, São Paulo.
- Stout, J.D.; Goh, K.M.; Rafter, T.A. 1981. Chemistry and turnover of naturally occurring resistant organic compounds in soil. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed) *Soil biochemistry*. New York:Marcel Dekker, p.1-73.
- Suess, H.E. 1967. Brislecone pine calibration of radiocarbon time scale 5200 B.C. to 1500 B.C. In: International Atomic Energy Agency, Vienna. *Radioactivity dating and Methods of Low Level Counting*. Vienna: IAEA, p.143-151.
- Suguio, K. 1999. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais (passado + presente = futuro?)*. Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, São Paulo, 366p.
- Trumbore, S.E. 1996. Applications of accelerator mass spectrometry to soil science. In: Boutton, T.W.; Yamasaki, S.I. (Ed.). *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker, p.311-340.
- Valencia, E.P.E. 1993. *Datação por <sup>14</sup>C e razão isotópica <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C de solos sob climas tropical e subtropical do Brasil*. Piracicaba, 91p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.



## **PARTE IX – ADMINISTRAÇÃO DO PROJETO TEMÁTICO “40ha DE PARCELAS PERMANENTES”**

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1. CREDENCIAMENTO DOS SUBPROJETOS AO PROJETO TEMÁTICO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. GERENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PESQUISA DO PROJETO TEMÁTICO ....</b>	<b>5</b>
<b>3. COMUNICAÇÃO E DIVULGAÇÃO DO PROJETO.....</b>	<b>9</b>
3.1. COMUNICAÇÃO INTERNA .....	9
3.2. COMUNICAÇÃO EXTERNA.....	10
3.3. POLÍTICA DE PUBLICAÇÕES .....	11
<b>4. VIAGENS DE CAMPO.....</b>	<b>13</b>
4.1. PLANEJAMENTO .....	13
4.2. AGENDAMENTO .....	13
4.3. RESERVA DE CARRO E MATERIAL .....	15
4.4. A VIAGEM PROPRIAMENTE DITA.....	16
<b>5. OS RECURSOS FINANCEIROS .....</b>	<b>18</b>
5.1 NOTA FISCAL .....	18
5.2 PRESTAÇÃO DE CONTAS PELOS PESQUISADORES .....	18
5.3 REEMBOLSO.....	20
5.4 CONTROLE DE SALDO.....	20
5.5 AQUISIÇÕES COMPLEMENTARES .....	22
5.6 PRESTAÇÃO DE CONTAS DO PROJETO .....	22
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>23</b>



## Introdução

Alzira Politi Bertoncini  
Mariana Giannotti  
Natália Macedo Ivanauskas  
Rose Pereira Muniz de Souza  
Cibele Cardoso de Castro  
Ricardo Ribeiro Rodrigues

A equipe técnica do Projeto Parcelas Permanentes envolve pesquisadores trabalhando e gerando dados em várias áreas do conhecimento, tendo em comum uma mesma base física amostral, que são os 40,96ha de Parcelas Permanentes, distribuídos nas 4 principais formações florestais do estado de São Paulo, sendo Floresta de Restinga no P.E. da Ilha do Cardoso, Floresta Ombrófila Densa no P.E. de Carlos Botelho, Floresta Estacional Semidecidual na E.E. de Caetetus e Cerradão na E.E. de Assis, com 10,24ha por cada uma das unidades.

Assim, todos os resultados gerados no âmbito do Projeto devem ser analisados para estarem coerentes com os objetivos principais do Temático e com os resultados gerados nos diversos temas, para sustentarem as futuras integrações dos dados. Ou seja, o Projeto Parcelas Permanentes parte do princípio que todas as áreas do conhecimento podem contribuir na análise e discussão de dados de diferentes temas e que se deve construir um conhecimento inter e até transdisciplinar dos fatores mantenedores da biodiversidade em florestas tropicais e da dinâmica e funcionamento desses ecossistemas florestais.

Para que a integração entre pesquisadores e projetos ocorra de maneira satisfatória, é necessário um conjunto de políticas, relacionamentos e opções adotadas que resulte na agilização e eficiência da tomada de decisões. Isso implica numa organização lógica para as pessoas, os recursos necessários, a infra-estrutura e os dados gerados.

A geração e integração de dados, a disponibilização de informações e o planejamento das ações proporcionam previsibilidade e eficiência. O sucesso para atingir esses objetivos é a disciplina, ou seja, a definição de uma maneira única e consistente de fazer as coisas. Para tanto, é necessária a implementação de protocolos para a efetivação dessas ações e decisões. Para que funcionem, a elaboração e padronização de cada protocolo devem ser amplamente discutidas entre os participantes do projeto e explicitamente implementada, explicando o conteúdo e cobrando o cumprimento desses protocolos repetidamente, por vezes e vezes seguidas, usando vários canais de comunicação, até que o processo seja incorporado por toda a equipe.

Embora a habilidade de conceber e construir protocolos, administrar pessoas e organizar um sistema de informações eficiente decorra da experiência e da particularidade de cada equipe, neste capítulo é explicitada a experiência administrativa do Projeto Temático “40ha de Parcelas





Permanentes”. O projeto é inédito para o estado de São Paulo, pois recebeu um total aproximado de U\$ 900.000 financiados pela FAPESP e envolveu mais de 80 pesquisadores, sendo 25 seniors e de diferentes áreas do conhecimento, trabalhando no campo em quatro anos e coletando dados nas mesmas parcelas amostrais. Acredita-se que a experiência adquirida na administração de equipes multidisciplinares e no compartilhamento de recursos poderá colaborar com outras iniciativas semelhantes, a fim de que a possível falta de experiência anterior não os leve a incorrer nos mesmos erros, mas sim a repetir os mesmos acertos desse projeto.

## 1. Credenciamento dos subprojetos no projeto temático

Em função da necessidade de coleta de dados de vários temas do conhecimento (ex. solos, de clima, de luz, de vegetação, de fauna, de interações, etc.) em cada uma das quatro Parcelas Permanentes (40,96ha), cada subprojeto de um dado tema poderia interferir (positivamente, negativamente ou através de sombreamento) em outros subprojetos do mesmo tema e dos demais temas, tanto nos objetivos estabelecidos, como no delineamento amostral e na análise desses dados. Assim, tornou-se imprescindível o desenvolvimento de um protocolo para submissão e avaliação de subprojetos que almejavam o credenciamento no temático “40ha de Parcelas Permanentes”.

Com o credenciamento do subprojeto, o pesquisador recebia autorização para usufruir de toda a infra-estrutura do temático, o que possibilitou grande racionalização do uso dos recursos. As facilidades adquiridas incluíam o deslocamento, a estadia e a alimentação nas Unidades de Conservação onde estavam alocadas as parcelas permanentes, os materiais e equipamentos de campo (estacas, plaquetas, coletores de dados, laptops, máquinas digitais, binóculos, etc), de laboratório (microcomputadores, impressoras etc), o apoio de auxiliares de campo e a participação nas reuniões científicas (discussões temáticas, congressos, simpósios, etc.).

O processo de credenciamento iniciava-se com uma carta consulta, com detalhamento dos objetivos e da metodologia de coleta dos dados, encaminhada para a gerência e coordenação geral do projeto, a fim principalmente de se verificar: a) possíveis sombreamentos dos objetivos propostos com objetivos de outros subprojetos já aprovados e em andamento e b) dos possíveis impactos da coleta de dados desse subprojeto, já que se trata de parcelas permanentes, periodicamente reavaliadas, onde qualquer alteração mais intensa desse ambiente poderia refletir nos resultados dessas reavaliações. Nos casos onde era identificado algum sombreamento de temas, o proponente era colocado em contato com o pesquisador que estava desenvolvendo o subprojeto já credenciado, para que ambos conseguissem um equacionamento dessa sobreposição, evitando esforços repetidos. No caso da identificação de possíveis impactos irreversíveis da coleta de dados de um subprojeto na parcela permanente, a carta consulta era devolvida para eliminação desse impacto. Se nenhum sombreamento ou impacto sério fosse



detectado, o subprojeto passava para a etapa seguinte. As cartas consultas eram julgadas num prazo de uma semana.

Aprovada a carta consulta, o proponente enviava a proposta completa (conforme modelo da FAPESP). A gerência do projeto selecionava, com anuência da coordenação geral, dois pesquisadores principais do temático, de áreas afins do conhecimento, para a emissão de um parecer do subprojeto, no prazo máximo de 45 dias. Os pareceres desses pesquisadores eram encaminhados ao coordenador geral do temático, para ciência e decisão final. Nos casos de discordância entre pareceres, o Coordenador Geral encaminhava a proposta a um terceiro membro da equipe.

Os autores de propostas com parecer final favorável eram convocados a participar da reunião mensal do Projeto Parcelas Permanentes, a fim de realizar uma breve apresentação pública da sua proposta de trabalho aos demais pesquisadores do projeto temático. Após a apresentação, a proposta era colocada em discussão por todos os pesquisadores do projeto. Os autores de subprojetos que conseguiam responder satisfatoriamente os questionamentos tinham sua proposta aprovada pelos presentes na reunião e, nesse momento, o referido subprojeto era considerado oficialmente credenciado no projeto temático “40ha de Parcelas Permanentes”. Com essa aprovação, esses subprojetos recebiam uma carta da coordenação geral, declarando que o referido subprojeto cumpriria parte dos objetivos do projeto temático e, por isso, estavam autorizados a usufruir a infra-estrutura desse temático. Essa carta poderia, inclusive, ser usada para solicitação de recursos complementares para esse referido subprojeto.

## 2. Cadastro dos pesquisadores e dos subprojetos no projeto temático

O primeiro passo para o sucesso da viabilização do projeto temático foi a organização das informações sobre os pesquisadores que compunham a equipe de trabalho, tanto dos que faziam parte do projeto original quanto daqueles que tiveram seus subprojetos credenciados posteriormente no temático. A ferramenta para atingir esses objetivos foi o desenvolvimento e a alimentação contínua de um banco de dados da equipe do projeto e a divulgação dessa equipe nos meios de comunicação (site, grupo de discussão, etc).

Ao ingressar no temático, cada pesquisador recebeu um arquivo eletrônico com a ficha de cadastro para preenchimento e devolução. A ficha cadastral continha as seguintes informações:

- Dados pessoais: Nome completo, endereço eletrônico, data de nascimento, CPF, RG, endereço residencial, telefones (residencial e celular);
- Dados Institucionais: Instituição de Pesquisa (Unidade, Departamento, Seção), telefone e endereço institucional;
- Dados profissionais: Especialidade (de acordo com a Tabela FAPESP);



- Dados referentes ao curso ao qual está vinculado: título do curso/programa, nível (Iniciação Científica, Mestrado, Doutorado ou Pós-Doutorado) e orientador/supervisor;
- Auxílio financeiro (bolsistas): Agência de Fomento, número do Processo;
- Dados referentes ao subprojeto: Título, área de estudo (Unidade de Conservação), data de início, data de término, situação atual (ativo, inativo);
- Categoria de vínculo no projeto (técnico estudante de graduação, mestrando, doutorando, pós-doutorando, pesquisador, coordenador);
- Currículo Lattes (cadastrado ou não)

Ao retornar, a ficha cadastral alimentava o banco de dados desenvolvido no programa Access. A arquitetura do programa foi desenvolvida de modo que cada informação correspondia a uma coluna, facilitando assim o uso das ferramentas de intersecção, de busca de informações e de geração de relatórios e/ou malas-direta. Vale ressaltar que a primeira coluna correspondia à chave identificadora (ID) que era o número de cadastro de cada pesquisador no projeto temático, de caráter pessoal e intransferível. Somente a gerência do projeto tinha acesso ao banco de dados dos pesquisadores, o que garantiu a segurança dos dados e a proteção de seu uso indevido.

Com base nas informações cadastradas no banco de dados dos pesquisadores eram feitas atualizações das informações sobre a equipe do projeto, disponibilizadas nos relatórios científicos e na divulgação via WEB. Com relação à WEB, o cadastro dos pesquisadores facilitou a atualização dos membros do projeto temático no Diretório dos Grupos de Pesquisa do Brasil, alimentado via portal do CNPq (<http://lattes.cnpq.br/diretorio>). O cadastro ou a retirada de um pesquisador nesse Grupo era efetuado pelo líder do grupo que, no caso de projeto temático, usualmente corresponde ao coordenador geral. Para a inclusão de um novo pesquisador no Grupo de Pesquisa era necessário que o mesmo tenha fornecido a data de nascimento e o CPF na ficha cadastral e que já tenha o seu currículo pessoal disponibilizado na plataforma “Lattes”.

Atenção e orientação especial foi dada aos alunos de iniciação científica que, normalmente, desconhecem o processo e são inexperientes na elaboração do currículo, principalmente àquele da plataforma “Lattes”. Assim, quando o aluno enviava a ficha cadastral e informava que não dispunha de currículo na plataforma “Lattes”, o orientador do mesmo era avisado para que instrísse esse aluno a cadastrar o seu currículo “Lattes” com sucesso.



## 2. Gerenciamento das atividades de pesquisa do projeto temático

Com a definição da equipe de trabalho do projeto temático, tornou-se necessário estabelecer as relações de interdependência entre os pesquisadores do projeto e a necessidade ou não do estabelecimento de uma organização hierárquica. Os vínculos existentes deveriam ser expressos claramente num organograma do projeto, organograma esse exaustivamente discutido e aprovado pelo conjunto de pesquisadores do temático, que permitisse uma visão geral da estruturas de decisão do projeto, a fim de definir os limites e as responsabilidades de cada pesquisador, favorecendo assim a cooperação e o trabalho em equipe e, conseqüentemente, reduzindo as possibilidades de conflito.

Novamente, a experiência e as particularidades de cada equipe devem ser levadas em consideração na elaboração desse organograma. Para o Projeto Parcelas Permanentes, foi definido o organograma apresentado na Figura 1. Nota-se a existência de três grandes grupos: I. planejamento, II. administrativo e III. executivo.

O Grupo de Planejamento (I) foi formado pelos pesquisadores principais do projeto, sendo esse o grupo responsável pela definição de políticas e protocolos de pesquisa. Preside esse grupo o Coordenador Geral (1), a quem é atribuído legalmente o êxito ou fracasso do projeto e, portanto, tem autoridade e responsabilidade sobre seus resultados. Cabia ao Coordenador Geral aferir se as discussões e conclusões das publicações científicas dos diversos subprojetos credenciados estavam coerentes com os demais temas e, em concordância com as hipóteses e objetivos do Temático, validar a prestação de contas daquele tema e do projeto como um todo. Nessa atividade, o Coordenador Geral recebia apoio dos Coordenadores Temáticos (2), dos Coordenadores das Unidades Amostrais (3) e do Coordenador do Banco de Dados (4), quando necessário.

Os Coordenadores Temáticos (2) foram os responsáveis pela coordenação dos procedimentos de pesquisa em cada um dos temas (ex. solos, clima, vegetação, entre outros), garantindo assim a qualidade dos dados coletados, evitando sobreposições, favorecendo as complementações dos dados dos subprojetos reunidos sob sua tutela e, principalmente, garantindo e facilitando a integração dos resultados desse tema com aqueles gerados pelos demais, cada qual com seus respectivos coordenadores temáticos. Assumiu importância, nesse nível de coordenação, a definição de um protocolo mínimo para coleta de dados, que é disponibilizado na página do projeto e que facilita o estabelecimento de futuras integrações com os demais temas e a organização da estrutura do banco de dados relacional. Os Coordenadores Temáticos também foram os responsáveis pela validação da produção científica do tema sob sua responsabilidade, sendo atribuído a estes a produção do relatório científico anual.



Os Coordenadores de cada Unidade Amostral (3) foram os responsáveis pela organização geral dos subprojetos de pesquisa desenvolvidos em cada uma das Parcelas Permanentes alocadas nas Unidades de Conservação. Esses coordenadores zelaram pelo cumprimento dos protocolos e procedimentos gerais acordados por toda a equipe para a realização das atividades nas parcelas permanentes e, principalmente, pelo mapeamento das pesquisas realizadas naquela referida Parcela. Dessa maneira estabeleceram, junto com a coordenação geral, estratégias para o preenchimento de lacunas do conhecimento e para a integração dos resultados das pesquisas geradas na unidade, a fim de entender os fatores mantenedores da diversidade daquele tipo florestal. Em síntese, os Coordenadores de Área Amostral foram os responsáveis pela validação da produção científica gerada nas Unidades de Conservação e da sua aplicabilidade para o cumprimento dos objetivos do temático.

A Coordenação do Banco de Dados (4) foi a responsável pelo desenvolvimento do sistema de informação de dados gerados no projeto e gerenciamento desse banco. Auxiliada pela coordenação geral, temática e de área amostral, essa coordenação de banco de dados definia, desenvolvia e avaliava a melhor estrutura de armazenamento, de integração e de disponibilização dos dados gerados, tanto para a própria equipe como para a comunidade externa, garantindo o cumprimento dos objetivos do projeto. Trata-se de um componente vital para o sucesso de um projeto temático pois permite a integração dos diversos temas. A eficiência desse banco de dados está diretamente relacionada à estratégia permanente de discussão e troca de informações com toda a equipe interna e até mesmo com a comunidade externa, permitindo assim a qualidade e a auditoria permanente dos dados, a garantia de alimentação continuada e a possibilidade de integração dos dados.

O Grupo Administrativo (II) foi formado pela gerência do projeto. Presidiu o grupo a Gerência Geral (5), que foi a responsável pela execução das políticas definidas pelo Grupo de Planejamento (II) e pelo atendimento às demandas geradas pelo Grupo Executivo (III). Nesse contexto, foi atribuída à Gerência Geral a administração do pessoal, dos equipamentos e dos recursos financeiros do projeto temático. Para cumprir satisfatoriamente essa função, a gerência do projeto dispôs de um local adequado de trabalho para atendimento aos pesquisadores e de uma equipe treinada para cumprir essas funções.

Compunha a gerência do projeto a gerência geral, os gerentes de cada unidade amostral (6) e o gerente do Banco de Dados (7). Cada gerente de unidade estava diretamente em contato com o coordenador da respectiva área amostral, a fim de auxiliar na implementação das políticas de pesquisa e de gestão definidas e aprovadas pelos pesquisadores do temático para aquela referida parcela que gerenciava. Na mesma lógica, o gerente de banco de dados estava em contato direto com a Coordenação de Banco de Dados, sendo responsável pela implantação das políticas de alimentação e administração do sistema de informações do projeto temático.

O último Grupo é o Executivo (III), composto pelos pesquisadores (8) que desenvolveram os seus projetos individuais no contexto do temático. A atuação desses pesquisadores norteou a



formulação das políticas do projeto pelo Grupo de Planejamento e os componentes desse grupo (grupo executivo) eram os efetivos usuários dos serviços prestados pelo Grupo de Administração.

Cabe salientar que não houve uma estrutura hierárquica entre os três grandes grupos: todos foram interdependentes e visaram a máxima eficiência e agilidade na sua operação. O funcionamento inadequado de qualquer um dos grupos interferia diretamente nos demais grupos e resultava na desorganização das atividades previstas no projeto, interferindo diretamente na motivação dos seus componentes, em função da sobrecarga de trabalho e da ineficiência de suas ações.

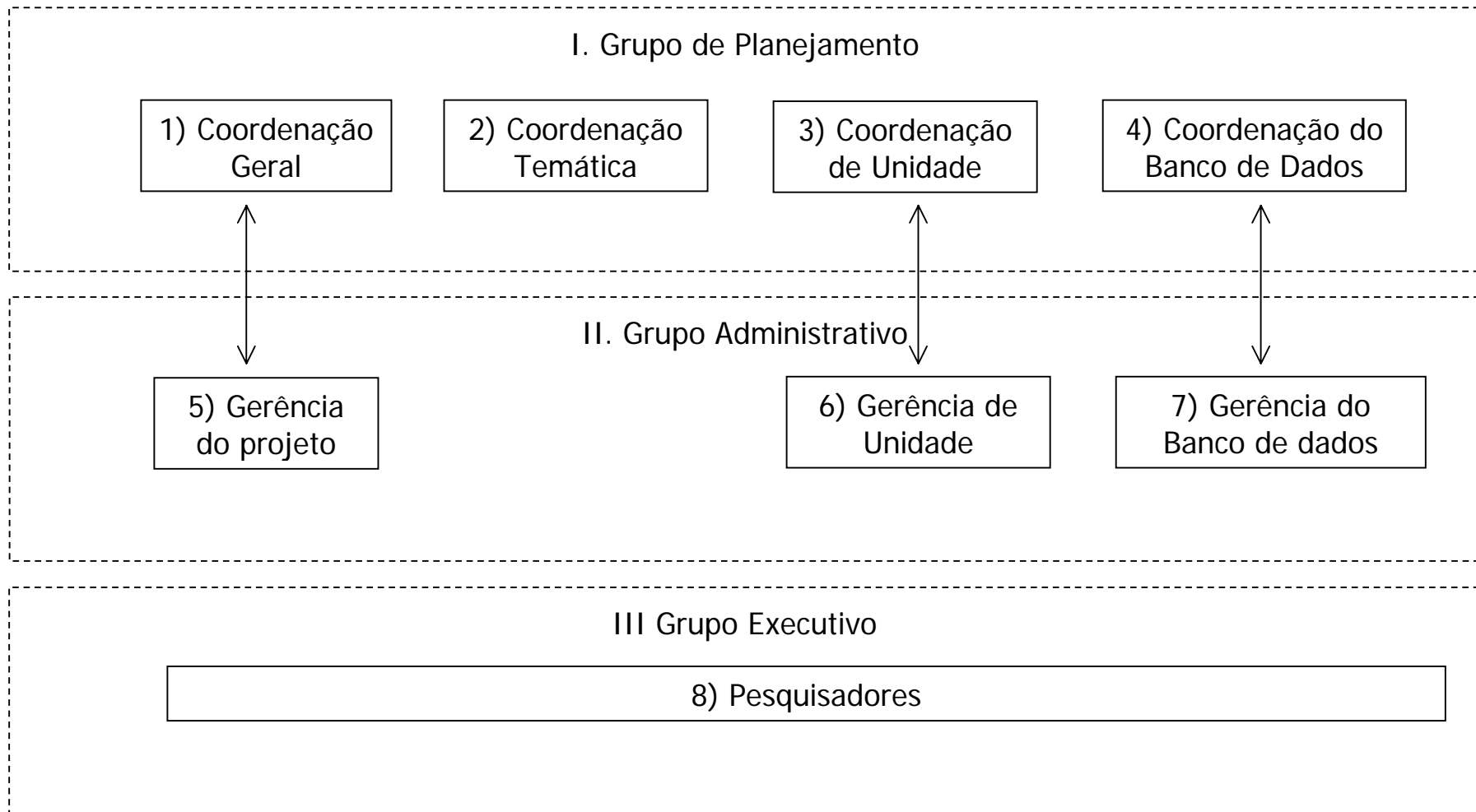


Figura 1. Organograma da equipe do projeto temático Parcelas Permanentes



## 3. Comunicação e divulgação do projeto

### 3.1. Comunicação interna

A equipe técnica do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes” foi constituída, nesses primeiros quatro anos de projeto, de aproximadamente 85 pesquisadores, com mais de 60 subprojetos, vinculados a diferentes instituições de pesquisa e residentes em várias localidades do estado de São Paulo e de outras localidades. Embora tenha sido praticamente inviável a participação regular de todos os membros da equipe, foram essenciais o estabelecimento e cumprimento de um calendário de reuniões presenciais periódicas, com cerca de duas horas de duração, para a tomada de decisões do projeto de maneira democrática. Esse efetivo entrosamento entre a equipe de pesquisadores, a gerência e a coordenação e o estabelecimento de canais democráticos de comunicação entre esses diferentes níveis de participantes do projeto é que possibilitou o bom andamento do mesmo, com a integração entre os trabalhos e a otimização do uso dos recursos obtidos.

Procurou-se intercalar reuniões mensais temáticas e administrativas. As reuniões temáticas visaram fomentar a discussão e integração científica entre pesquisadores que desenvolviam pesquisas dentro de um mesmo tema ou trabalhavam na mesma área amostral. Nas reuniões administrativas era apresentada a situação financeira do projeto, discutidos e equacionados os aspectos logísticos, aprovados os subprojetos novos e discutido o planejamento dos investimentos futuros. Ao final de cada reunião, sendo esta temática ou administrativa, eram apresentados os informes, o cronograma de viagens a campo daquele mês e discutida uma agenda de eventos para o mês seguinte.

As reuniões presenciais mensais, tanto pelo espaço de tempo entre elas como pela dificuldade de participação dos pesquisadores em todas as reuniões, mostraram-se insuficientes para atingir a necessidade de comunicação ágil e eficiente entre os pesquisadores do projeto. Nesse contexto, a WEB mostrou-se uma ferramenta essencial tanto para a comunicação e integração dos pesquisadores (comunicação interna) como para a divulgação das atividades e dos resultados de pesquisa para o público usuário (comunicação externa).

A comunicação interna foi implementada por meio do dispositivo do “Yahoo!Groups”, o qual simplificou o envio de mensagens via correio eletrônico para toda a equipe, o agendamento de compromissos e a transferência de arquivos de pequeno porte entre os membros da equipe do projeto.

Para a troca de grandes arquivos grandes entre os usuários do projeto, principalmente aqueles responsáveis pelo abastecimento, gerenciamento e integração do banco de dados, foi disponibilizada uma conta FTP (<ftp://canjerana.esalq.usp.br>) para uso do projeto, o que facilitou a





comunicação do projeto, disponibilizando grandes arquivos que podiam ser operados por pesquisadores de diferentes unidades ou instituições. Para acesso ao banco de dados foi criada uma interface para os usuários (<http://lmq.esalq.usp.br/biotapp/>), acessível por meio de “login” e senha, disponibilizada pela gerência do projeto aos pesquisadores credenciados, após consulta e checagem da necessidade de uso efetivo, de acordo com objetivos do referido subprojeto.

Além das reuniões mensais e da comunicação via Internet, a gerência do projeto e a coordenação geral organizaram anualmente o “Simpósio Interno do Projeto 40ha de Parcelas Permanentes”, com cerca de três dias de duração, a fim de promover a integração entre os pesquisadores credenciados no projeto temático, nos diversos níveis, visando a definição de protocolos de campo ou de laboratório e as estratégias de gerenciamento dos dados coletados. Durante o evento, os pesquisadores eram divididos em grupos que reuniam os pesquisadores que trabalhavam na mesma Unidade de Conservação, nos diversos temas, para a discussão dos projetos e problemas enfrentados em cada área amostral. Após o término dessa etapa, ocorria nova redistribuição dos pesquisadores em grupos, desta vez organizados por áreas temáticas, a fim de promover a síntese da situação atual do tema proposto no âmbito do projeto e indicar possíveis lacunas e/ou objetivos a serem alcançados para o próximo ano. Entre essas reuniões, foram organizadas apresentações orais dos novos subprojetos credenciados no temático naquele ano e apresentações de painéis dos subprojetos já em andamento. O simpósio era encerrado com a plenária geral, quando eram apresentados os resultados alcançados em cada reunião, discutidos e deliberados pelo conjunto de pesquisadores.

A realização desses Simpósios Internos Anuais foi fundamental para o alinhamento e re-direcionamento científico do projeto, pois promoveu maior percepção das relações entre os subprojetos desenvolvidos e estes no contexto geral do temático. Também foi uma oportunidade para a realização de cursos (pré ou pós-evento), visando o aperfeiçoamento e a integração dos pesquisadores, principalmente entre os novos ingressantes e a comunidade sênior participante. Por fim, os resultados do Simpósio foram organizados num documento com formato de livro, disponibilizado na página do projeto na WEB.

### **3.2. Comunicação externa**

A principal ferramenta usada para a comunicação externa do projeto, além é claro das publicações científicas, foi via WEB, por meio da página do projeto hospedada no site do Programa Biota ([www.biota.org.br](http://www.biota.org.br)). Ao acessar a página do Programa Biota, o usuário é redirecionado para a página do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - LERF, vinculado ao Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP ([www..esalq.usp.br/lerf](http://www..esalq.usp.br/lerf)). Na página do projeto o usuário dispõe de informações sobre os objetivos do temático, acesso aos subprojetos já realizados ou em andamento, aos relatórios anuais e simpósios científicos e à lista de



publicações, tudo disponível em pdf, de forma totalmente democrática. Os interessados na composição atual da equipe do projeto encontram um link que os direciona para a página do Diretório dos Grupos de Pesquisa do Brasil, via portal do CNPq (<http://lattes.cnpq.br/diretorio>).

A eficiência e agilidade da comunicação com o público externo via WEB demandam a freqüente revisão e atualização das informações disponibilizadas no site. No âmbito do referido projeto temático, a página foi atualizada pelo menos uma vez ao ano, usualmente no período de elaboração do relatório científico.

### **3.3. Política de Publicações**

Num projeto temático com elevado número de pesquisadores participantes (85 aproximadamente) e com característica multidisciplinar (65 subprojetos de diferentes áreas do conhecimento), onde cada subprojeto dependia dos dados coletados por outros subprojetos, foi vital a definição de uma política de autoria e co-autoria dos trabalhos científicos e de divulgação. Essa política resultou de intensa discussão entre os pesquisadores do projeto, orientada pelo grupo de planejamento, num processo de construção coletiva de um protocolo de publicações do projeto, o qual foi avaliado, discutido e modificado por meio de críticas e sugestões, até a definição de um formato consensual desse protocolo, passível de melhorias contínuas com a experiência adquirida ao longo do tempo.

No caso do projeto temático “40ha de Parcelas Permanentes”, foi de grande auxílio o texto de Montenegro & Alves (1997), que serviu de modelo para as discussões e formulação do protocolo aplicado nesses primeiros quatro anos de projeto temático. O texto do protocolo é parcialmente reproduzido abaixo, com transcrições autorizadas pelos autores.

Partiu-se do pressuposto inicial de que os dados coletados nas unidades amostrais do projeto, usando o apoio financeiro e logístico do projeto, pertencem ao próprio Projeto Temático e não a qualquer um pesquisadores em particular. Entretanto, é prática comum que aqueles que coletam e analisam os dados tenham prioridade de uso e da publicação desses dados, ao menos dentro de um certo espaço de tempo. Nesse contexto, considerou-se o autor principal, o indivíduo que idealizou e definiu os objetivos do trabalho, que decidiu qual o objeto de estudo e qual o método a ser empregado sendo, em geral, também o responsável pela análise final dos resultados obtidos. Esta pessoa nem sempre dominou tecnicamente muitos ou todos os métodos utilizados no trabalho, porém, foi a autora principal e seu nome foi o primeiro da lista de autores.

A inclusão como co-autor de um artigo pressupõe envolvimento importante na geração dos dados, na análise dos mesmos, na sustentação das questões teórica propostas, na adequação da redação do trabalho ou pelo seu formato final. Todos os elementos citados devem ser atribuíveis a pelo menos um autor. Em outras palavras, o co-autor é responsável pelo trabalho e assume publicamente o seu conteúdo. No âmbito do projeto Parcelas Permanentes, os coordenadores de



temas e os coordenadores das áreas amostrais do projeto Parcelas Permanentes foram os responsáveis pela consistência e validação dos dados nos referidos temas e, portanto, de sua qualidade e confiabilidade. O coordenador geral foi o responsável pela consistência e coerência das discussões e conclusões daquela publicação com o referencial teórico e os objetivos do projeto temático como um todo, além da coerência com as demais publicações do temático. O coordenador do banco de dados foi o responsável pela disponibilização e verificação do uso correto desse banco de dados por aquela referida publicação. Assim, é natural que um ou mais membros dessas coordenações tenham sido indicados para participar como co-autores do trabalho ou, pelo menos, que tenham indicado ou aprovado os co-autores sugeridos pelo primeiro autor. É importante lembrar que a efetiva inclusão de um co-autor foi feita com a anuência dos mesmos. Outro aspecto considerado foi o de se evitar ao máximo a tendência à inflação do número de autores de uma publicação.

O autor de um trabalho científico obriga-se a fazer referência expressa a qualquer auxílio financeiro ou executivo que tenha recebido de Instituição pública ou privada. No caso do Projeto Parcelas Permanentes, além da referência ao próprio projeto, foi reconhecido o auxílio financeiro da FAPESP, dentro do Programa Biota, e o apoio logístico e executivo do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF/LCB/ESALQ/USP) e do Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF). Já em um lugar apropriado do trabalho, sugeriu-se que uma ou mais declarações especificassem: a) contribuições que merecem reconhecimento, mas não justifiquem autoria; b) reconhecimento de auxílio técnico. Dessa forma, pessoas que tenham contribuído para os artigos, mas cuja participação não justifique autoria, foram referidas e sua colaboração descrita como, por exemplo, "orientação", "revisão crítica", "coleta de dados". Estas pessoas deram a sua permissão antes de ser assim citadas.

O primeiro autor manteve contato com a coordenação geral do temático, informando-a sobre qualquer alteração ocorrida durante a edição do trabalho (cancelamento, substituição por outro tipo de publicação, alteração do título, autoria etc.). Após a publicação, o primeiro autor enviou o link do endereço eletrônico onde o artigo encontra-se disponível para download, a fim de que o mesmo fosse disponibilizado na página do projeto.



## **4. Viagens de campo**

Os tópicos a seguir foram descritos a partir da experiência dos pesquisadores e da equipe de gerência do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes” tendo como objetivo partilhar informações que possam facilitar a condução de outros projetos com essas mesmas características. As figuras e os exemplos utilizados refletem esta particularidade e resultam de um longo processo de tentativas e erros nesses quatro anos de projeto que, certamente, ainda devem ser objetos de ajustes e melhorias. Embora algumas informações já sejam de conhecimento da maioria dos pesquisadores, optamos por incluí-las e detalhá-las a fim de reforçar sua importância na condução de projetos com grande número de pesquisadores trabalhando nas mesmas áreas amostrais em diferentes disciplinas do conhecimento.

### **4.1. Planejamento**

O planejamento de viagens de campo iniciava-se com a definição de datas, locais e pessoas envolvidas e sempre foi feito com antecedência mínima de quinze dias. Em seguida era preciso verificar a disponibilidade de vagas para pernoite no local de destino e efetivar a reserva da hospedagem.

No início do projeto esta atividade era realizada pela equipe de gerência, mas, em função do grande aumento de subprojetos credenciados ao longo dos anos, tornou-se inviável controlar as viagens de todos os pesquisadores, principalmente devido aos imprevistos e cancelamentos que se tornaram cada vez mais frequentes. Assim, optou-se pela divisão de tarefas, na qual cada pesquisador ou equipe tornou-se responsável por sua própria reserva de hospedagem e a secretaria do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP, onde estava hospedado o referido projeto temático e Instituição de origem do coordenador geral, ficou incumbida do armazenamento e empréstimo de materiais permanentes aos pesquisadores. Já o herbário ESA foi o responsável pelo armazenamento e empréstimo de materiais para a coleta botânica.

### **4.2. Agendamento**

Confirmada a reserva de hospedagem, o interessado enviava uma ficha de agendamento à gerência do projeto, onde constavam o local de destino, o período, os nomes dos participantes e do responsável pela equipe, a necessidade de utilização do carro do projeto e de motorista, a previsão de gastos e a reserva de material permanente e de consumo (Fig. 1). Esta ficha poderia ser obtida nas páginas do grupo na WEB (“Yahoo!Groups” e no site do projeto).



A partir das informações contidas nas fichas de agendamento, a gerência elaborava o cronograma de viagens (Fig. 2), que era disponibilizado mensalmente através da página do grupo na WEB ("Yahoo!Groups"). Uma versão impressa também era afixada ao mural de avisos do laboratório.

<b>FICHA DE AGENDAMENTO</b>	
<b>Enviar para a equipe de gerência e aguardar a confirmação de recebimento</b>	
NOME DO RESPONSÁVEL	
NOMES DOS OUTROS PARTICIPANTES (caso não saiba, coloque estagiário 1 ou auxiliar)	
DESTINO (PEIC, EEA, EEC ou PECB)	
PERÍODO (dia/mês a dia/mês)	
CARRO (vai precisar de carro? sim ou não)	
PREVISÃO DE DIÁRIAS (1 diária = 120,00)	
<b>RESERVA DE MATERIAL PERMANENTE</b> (preencher as quantidades a serem reservadas e/ou acrescentar o que for necessário)	
<b>MATERIAL</b>	<b>QUANTIDADE</b>
BINÓCULO	
GRAVADOR DE CD	
MAQUINA DIGITAL	
TRIPÉ	
MINI-TRIPÉ	
DESCARREGADOR DE DISQUETE DE MAQ. DIGITAL	
NOTEBOOK	
ZIP DRIVE- 250	
CARREGADOR PILHA	
GARRAÇÃO DE ÁGUA	
TESOURA DE PODA MANUAL	
CAIXA DE PRIMEIROS SOCORROS	
<b>RESERVA DE MATERIAL DE CONSUMO</b> (preencher as quantidades a serem reservadas e/ou acrescentar o que for necessário)	
<b>MATERIAL</b>	<b>QUANTIDADE</b>
PAPELÃO	
JORNAL	
BARBANTE	
SACO DE COLETA GRANDE	
SACO DE COLETA PEQUENO	
FITA ADESIVA	
TRENA	
FITA MÉTRICA	

Figura 1: Ficha de agendamento utilizada pelos pesquisadores vinculados ao projeto Parcelas Permanentes.



CRONOGRAMA DE AGENDAMENTO DOS PESQUISADORES				
	PE Ilha do Cardoso	PE Carlos Botelho	EE Caetetus	EE Assis
JUNHO	07-08 Elaine (5P) - IO	06-07 Elaine (5P)	14-20 Adriana (3P)	
	18-20 Jaime (4P)	25-27 Jaime (4P)		
	13-14 Miguel (3P) - IO	13-19 Renato (2P)		
	21-25 Mariana (4P)	15 Débora (2P)		
JULHO	4-5 Miguel (4P)		18-20 Jaime (3P)	25-27 Jaime (3P)
	25-26 Miguel (4P)			
	PE Ilha do Cardoso Dona Adélia 13-38511108 I.O. Heloísa 13-38511137 I.O. Letícia 11-30916524	PE Carlos Botelho Maia 15-33799544 Tânia 15-32791233 Ademar 13-38221714	EE Caetetus Wilson/Célia 14-96513494 Cido 14-34741388	EE Assis Mariza 18-33256425 (fax) 18-33251066/ 1045

Figura 2: Cronograma de viagens disponibilizado mensalmente aos pesquisadores. PE = Parque Estadual, EE = Estação Ecológica, IO = Instituto Oceanográfico, P = pessoas.

### 4.3. Reserva de carro e material

Havendo disponibilidade, a reserva de material permanente e de consumo era efetivada anotando-se em um caderno de empréstimo o nome do material, sua especificação técnica, o número de patrimônio da instituição, o nome do responsável pelo empréstimo, bem como as datas de retirada e de devolução. Os materiais eram armazenados em local seguro, livre de fatores que poderiam colocar sua integridade em risco, tais como luz solar, umidade, calor, queda ou roubo.

Em áreas de estudo onde não havia disponibilidade de farmácia, supermercado ou restaurante, era necessário providenciar antecipadamente a compra de alimentos e medicamentos, bem como a reserva de um veículo de tamanho adequado para transportar, além destes itens, os pesquisadores e toda a bagagem. A equipe sempre se comunicava previamente para combinar o número de malas que cada um poderia levar de acordo com o espaço disponível, evitando assim surpresas de última hora.

O projeto dispunha de dois carros para transporte dos pesquisadores às áreas de coleta. Considerando-se que esses carros costumavam ser usados com grande frequência, por pessoas diferentes e em áreas nem sempre muito adequadas e seguras, as revisões periódicas dos veículos foram essenciais na prevenção de acidentes. Por estas mesmas razões, foi realizada a contratação de seguro total contra acidentes e roubo.

Apenas um dos carros tinha capacidade para acomodar um número maior de pessoas, além de ser tracionado (característica necessária em algumas áreas, principalmente no período de chuvas). Em função do grande número de pesquisadores do projeto estipulou-se que, a cada



semana do mês, o veículo tracionado seria reservado para uma das quatro unidades de conservação (ex.: a primeira semana do mês para o Parque Estadual da Ilha do Cardoso, a segunda para o Parque Estadual de Carlos Botelho, e assim sucessivamente), já o outro carro seria reservado para viagens de coleta que não se enquadrassem no referido padrão (ex.: pesquisadores que precisassem visitar as quatro áreas em uma mesma semana) ou para grupos pequenos (Fig. 3).

CRONOGRAMA DE AGENDAMENTO DOS CARROS								
Novembro		Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab
semana 30-05	PARATI	PEIC	PEIC	PEIC	PEIC	PEIC	PEIC	
	LAND ROVER							
semana 06-12	PARATI							
	LAND ROVER						PECB	PEIC
semana 13-19	PARATI							
	LAND ROVER		EEC	EEC	EEC	EEC	EEC	
semana 20-26	PARATI						EEA	EEA
	LAND ROVER							
semana 27-03	PARATI	EEA	PEIC	PEIC	PEIC	PEIC	PEIC	
	LAND ROVER							

Figura 3. Ficha mensal de agendamento dos carros do Projeto Parcelas Permanentes. PEIC = Parque Estadual da Ilha do Cardoso, PECB = Parque Estadual de Carlos Botelho, EEC = Estação Ecológica de Caetetus, EEA = Estação Ecológica de Assis.

#### 4.4. A viagem propriamente dita

Como o projeto envolveu grande número de pesquisadores, contou-se com o auxílio de um ou mais funcionários responsáveis pela manutenção do veículo e transporte dos pesquisadores. Os mesmos eram também encarregados em informar à gerência o período de licenciamento e de vencimento do seguro, bem como agendar as datas de revisão.

A cada viagem, o motorista verificava antecipadamente as condições das estradas e do veículo. Também era recomendada a consulta prévia aos *sites* de previsão do tempo, para evitar interferências ou atrasos na agenda programada para o campo. O horário de saída sempre foi planejado de acordo com a previsão de chegada no alojamento, principalmente quando os pesquisadores se hospedavam nas unidades de conservação, a fim de respeitar as normas locais.

Ao retornarem, os pesquisadores se responsabilizavam por:

- Entregar o carro nas mesmas condições em que foram retirados, ou seja, lavados e abastecidos. Para fins de controle, o motorista preenchia uma ficha deixada dentro do



veículo, descrevendo a quilometragem inicial e final da viagem, bem como as condições gerais do carro.

- Devolver o material permanente devidamente limpo e dentro do prazo estipulado. Qualquer alteração nas condições do material deveria ser informada imediatamente após o retorno da viagem.
- Entregar a ficha de prestação de contas (Fig. 4) e as respectivas notas fiscais para posterior reembolso.

Todas as correspondências e recibos emitidos ou recebidos pelo projeto eram arquivados de acordo com a ordem cronológica, em pastas separadas por assuntos.





## 5. Os recursos financeiros

A administração de projetos envolvendo grande número de pesquisadores e de recursos pressupõe um enorme senso de responsabilidade, organização e comedimento no uso e distribuição da verba, a fim de garantir a disponibilidade de recursos até a conclusão das pesquisas. Dessa forma, é fundamental que todos os envolvidos estejam imbuídos do sentido de coletividade e da necessidade de cooperação entre os pesquisadores para que o uso dos recursos seja otimizado e não só atenda as necessidades ou interesses particulares de um ou poucos subprojetos, mas principalmente os objetivos do projeto como um todo. Apesar de todas as reuniões realizadas pelo projeto, encontramos séria resistência por parte de algumas pessoas para a compreensão deste sentido.

Para a gerência dos recursos financeiros recomendamos especial atenção às seguintes etapas:

### 5.1 Nota fiscal

Toda compra de material ou gastos com transporte e diárias deveria ser acompanhada de sua respectiva nota fiscal, a fim de que o pesquisador fosse ressarcido. Para serem válidas, as notas fiscais deveriam ser preenchidas corretamente, especificando os dados do coordenador do projeto e do bem ou material adquirido, além de apresentarem o carimbo de quitação, conforme instruções do órgão financiador.

### 5.2 Prestação de contas pelos pesquisadores

Ao regressarem do trabalho de campo, os pesquisadores deveriam entregar à gerência uma ficha de prestação de contas, disponível na página do grupo na internet (Fig. 4), e as respectivas notas fiscais, coladas em papel sulfite e anexadas.



<b>FICHA DE PRESTAÇÃO DE CONTAS</b>						
<b>Período de Viagem:</b> 20 e 21/03/2004						
<b>Destino:</b> Parque Estadual da Ilha do Cardoso						
<b>Responsável:</b> Fulano <b>Outros Participantes:</b>						
<b>1. Diárias:</b>						
Despesas			Reembolso:			
Passagens:	Cananéia-Petropen	R\$ 5,50	Item	Cheque	Valor	Data
	Petropen-Registro	R\$ 1,35	DIP23	662	R\$ 120,00	22/3/2004
	Registro-S.Paulo	R\$ 17,50				
	S.Paulo - Piracicaba	R\$ 16,20				
Pedágio:	—	R\$ 0,00				
Alojamento:	pernoite PEIC	R\$ 5,00				
	Pernoite Registro	R\$ 30,00				
Alimentação:	Jantar	R\$ 6,20				
	Despesas extras	R\$ 15,90				
Total:		R\$ 97,65				
Saldo de Diárias:			<b>R\$ 22,35</b>			
	( X ) devolvido ao caixa		( ) crédito para a próxima viagem			
<b>2. Despesas de transporte</b>						
Despesas			Reembolso:			
Diesel		R\$ 11,55	Item	Cheque	Valor	Data
Diesel		R\$ 34,89	DET7	661	R\$ 106,81	21/3/2004
Diesel		R\$ 11,37				
Diesel		R\$ 49,00				
Total:		R\$ 106,81				
<b>3. Material de consumo</b>						
Despesas			Reembolso:			
Filme de slides		R\$ 19,00	caixa do projeto		R\$ 19,00	21/3/2004
<b>4. Serviço de Terceiros</b>						
Despesas			Item	Cheque	Valor	Data
Transporte de pesquisadores até Cananéia		R\$ 30,00	STB13	660	R\$ 30,00	21/3/2004

Figura 4: Ficha de Prestação de Contas do Projeto Parcelas Permanentes. STB = Serviço de Terceiros no Brasil, DET = Despesas de Transporte, DIP = Despesas com diárias.



### **5.3 Reembolso**

O cheque de reembolso apenas era emitido após a verificação das notas fiscais entregues pelo pesquisador e comparação com os valores mencionados na ficha de prestação de contas. Para cada cheque de reembolso entregue aos pesquisadores, era exigida a entrega de um recibo assinado à gerência, constando o nome e os dados do destinatário, o valor recebido, o período e o roteiro de viagem (no caso de recibo de diárias), ou o serviço prestado (no caso do recibo de serviço de terceiros). Cheques de reembolso de diárias e serviços de terceiros eram sempre nominais à pessoa que usufruiu das diárias ou que prestou o serviço, respectivamente. O mesmo aplicava-se aos recibos. Já no caso de combustível, as notas fiscais e os cheques de reembolso eram emitidos em nome do coordenador do projeto. Os recibos ou notas fiscais de cada modalidade (diárias, serviço de terceiros, transporte, material de consumo, material permanente, reserva técnica etc.) recebiam numeração seqüencial e eram armazenados em pastas distintas de acordo com a ordem cronológica.

O modelo de recibo pode variar, de acordo com as exigências do órgão financiador em questão, mas qualquer que seja o padrão adotado, é importante que seja anotado em cada recibo seu respectivo número de cheque, a fim de possibilitar verificações posteriores e facilitar a organização da prestação de contas final.

### **5.4 Controle de saldo**

O gasto total de cada pesquisador com diárias, transporte ou serviço de terceiros era anotado em fichas individuais (Fig. 5), elaboradas inicialmente em papel e, posteriormente transferidas para planilhas do programa Excel.

Nem sempre o valor de diárias estipulado pelo órgão financiador correspondia exatamente ao valor gasto pelo pesquisador (comprovado pelas notas fiscais de gastos com hospedagem e alimentação), podendo haver saldo positivo ou negativo. Nesses casos, o saldo era compensado ou debitado na próxima viagem a ser realizada pelo mesmo pesquisador. Vale destacar que esse procedimento resultou no melhor uso dos recursos do projeto, compensando desequilíbrios nos custos de viagem entre as diferentes áreas amostrais.

Em uma outra planilha do programa Excell (Fig. 6) eram arquivados os pedidos de liberação de verba e os gastos de todos os pesquisadores para controle geral do saldo do projeto.



NOME DO PESQUISADOR (Fulano)							
Reembolso de Diárias				Prestação de contas			
Data	Nº cheque	Valor	Visto	Data	Valor	Saldo	Observações
22/03/2004	662	R\$120,00		22/03/2004	R\$97,65	R\$22,35	Devolvido ao caixa
Reembolso de Transporte							
Data	Nº cheque	Valor	Visto	Observações			
21/03/2004	661	R\$106,81					
Serviço de Terceiros*							
Data	Nº cheque	Valor	Visto	Observações			
21/03/2004	660	30,00		Transporte de pesquisadores até Cananéia			

Figura 5. Planilha de controle de saldo dos pesquisadores do Projeto Parcelas Permanentes. \*Nesta parte deve constar o nome do servidor.

ITEM	Nº	DESCRIÇÃO	Nº CHEQUE	DATA EMISSÃO	VALOR DEBITADO	CRÉDITO (+)	SALDO
LVP	LVP 2	Liberação de Verba do Projeto	17058	21-mar-04		R\$ 300,00	R\$ 300,00
STB	STB 13	Transporte até Cananéia	660	21-mar-04	R\$ 30,00		R\$ 270,00
DET	DET 7	Combustível	661	21-mar-04	R\$106,81		R\$ 163,19
DIP	DIP 23	Fulano	662	22-mar-04	R\$120,00		R\$ 43,19

Figura 6. Planilha de controle geral de saldo do Projeto Parcelas Permanentes. STB = Serviço de terceiros no Brasil, DET = Despesas de transporte, DIP = Despesas com diárias.



## 5.5 Aquisições complementares

A solicitação de novos recursos, bem como sua concessão e uso, requeriam grande controle por parte dos pesquisadores e da gerência, pois nem sempre os bens concedidos e seus solicitantes eram claramente especificados no termo de outorga da FAPESP. Assim, todo o processo foi acompanhado e descrito em uma planilha (Fig. 4), atualizada periodicamente.

SOLICITANTE	ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)	CONCEDIDO (DATA)	DATA DE USO OU COMPRA
Projeto geral	DIP	Estadia dos pesquisadores	57.750,00	05-fev-2004	Vide planilha geral
Projeto geral	DET	Transporte dos pesquisadores	12.750,00	Não	-
Pesquisador1	STB	Análise de nutrientes em folhas	1.000,00	05-fev-2004	15-mar-2004
Pesquisador2	MCN	Cloreto de potássio	1.043,00	Não	-
Pesquisador3	MPN	Balança semi-analítica p/ campo	6.500,00	10-mar-2005	06-ago-2005
TOTAL			79.043,00		

Figura 7. Planilha de controle dos bens e serviços solicitados e adquiridos no decorrer do projeto. DIP = despesas com diárias, STB = serviço de terceiros no Brasil, DET = Despesas de transporte, MCN = material de consumo nacional, MPN = material permanente nacional.

## 5.6 Prestação de contas do projeto

Do rigor na organização dos gastos de cada pesquisador dependia a qualidade da prestação de contas do projeto como um todo. Para tanto, as informações e os valores contidos nas planilhas de controle de saldo eram mensalmente verificados e comparados com os extratos bancários e com os recibos e notas fiscais.

Para entrega do relatório de prestação de contas ao órgão financiador eram necessários:

- Notas fiscais e recibos dispostos em ordem cronológica, numerados seqüencialmente e separados por modalidade;
- Tabelas demonstrativas dos gastos de cada modalidade, onde eram apresentados, para cada número de cheque, o número da nota fiscal, o valor gasto e a respectiva página onde se encontrava a nota fiscal ou recibo.

Todas as notas fiscais e recibos, bem como as tabelas geradas a partir deles, eram fotocopiados antes de serem enviados ao órgão financiador.

A prestação de contas desse projeto seria facilitada pelo estabelecimento de uma pessoa responsável apenas para essa atividade e que, preferencialmente, permanecesse durante todos os anos de vigência do projeto.



## Referências Bibliográficas

Montenegro, M.R. & Alves, V.A.F. Critérios de autoria e co-autoria em trabalhos científicos. Acta Bot. Bras. 11(2): 1997.



## **PARTE X – O BANCO DE DADOS DO PROJETO TEMÁTICO**

<b>1. DESENVOLVIMENTO INICIAL DO BANCO DE DADOS .....</b>	<b>2</b>
1.1. CONTEÚDO E FUNCIONALIDADE .....	3
<b>2. LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DAS PARCELAS E SUB-PARCELAS PERMANENTES....</b>	<b>5</b>
2.1. ÁREAS DE ESTUDO - PARCELAS E SUB-PARCELAS .....	5
<b>3. PLAQUEAMENTO .....</b>	<b>7</b>
3.1. CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO .....	7
3.2. CONTROLE E REGISTRO NO BANCO DE DADOS .....	8
<b>4. LOCALIZAÇÃO DAS ÁRVORES NA SUB-PARCELAS E PARCELAS .....</b>	<b>8</b>
4.1. REGISTRO DAS MEDIDAS LOCAIS .....	8
4.2. CONVERSÃO PARA COORDENADAS GEOGRÁFICAS .....	9
<b>5. MEDIÇÃO DAS ÁRVORES .....</b>	<b>10</b>
5.1. LOCALIZAÇÃO DENTRO DAS PARCELAS E REVISÃO DOS REGISTROS ANTERIORES .....	10
5.2. MEDIÇÃO E POSIÇÃO RELATIVA DOS INDIVÍDUOS .....	11
<b>6. IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DOS INDIVÍDUOS NAS SUB-PARCELAS.....</b>	<b>11</b>
6.1. MATERIAL DE APOIO DE CAMPO E CORREÇÃO DAS ETAPAS ANTERIORES .....	11
6.2. DICIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO .....	11



## X. O BANCO DE DADOS DO PROJETO TEMÁTICO

Gerd Sparoveck

Mariana Gianotti

João Luiz Ferreira Batista

Num projeto com a geração de um grande volume de dados, produzidos num horizonte temporal longo e por fontes múltiplas é necessário cuidado especial na elaboração do Banco de Dados que irá apoiar os pesquisadores. Este Banco deve ser customizado em relação à rotina de coleta dos dados e facilitar o registro dos dados, de forma a aproveitar a seqüência de trabalhos de campo para realizar as análises críticas e de consistências dos registros armazenados na Base. Além da escolha adequada da linguagem de desenvolvimento do Banco de Dados, é necessário elaborar protocolos de alimentação e utilização compatíveis com a dinâmica e necessidades de implementação das pesquisas de campo.

Neste capítulo, elaborado com base nos acertos e erros da experiência do projeto “40ha de Parcelas Permanentes”, iremos apresentar uma sugestão de organização de Banco de Dados para projetos com características semelhantes, mesmo que estes não tenham sido adotados exatamente com essa metodologia no projeto em questão, mas como fruto do aprendizado gerado nesse projeto.

### 1. Desenvolvimento inicial do banco de dados

Os módulos do Banco de Dados devem ser desenvolvidos e estarem disponíveis à medida que os seus registros forem coletados no campo. No projeto 40ha de Parcelas Permanentes podemos dividir a coleta de dados nas seguintes etapas:

- Localização das parcelas e sub-parcelas nas áreas amostrais
- Plaqueamento das árvores nas parcelas e sub-parcelas
- Medição das árvores
- Identificação botânica das árvores
- Re-medições temporais das árvores e do ambiente

Para cada etapa há módulos específicos do Banco de Dados que devem estar desenvolvidos para receber os registros bem como através do uso de ferramentas para a análise dos dados.





## **1.1. Conteúdo e funcionalidade**

Todas as informações inseridas no Banco de Dados devem ser associadas a uma identificação pessoal (cadastro da pessoa que fez a alimentação do registro no Banco) e de uma data. Estas informações permitem tirar dúvidas sobre os registros, controlar a alimentação dos dados e identificar a versão a que os registros se referem. A descrição resumida do conteúdo e da funcionalidade do Banco de Dados para atender a cada uma das etapas está apresentada na Tabela 1.



Tabela 1. Conteúdo e da funcionalidade do Banco de Dados para atender o projeto de Parcelas Permanentes

Etapa	Conteúdo	Funcionalidade
Localização das parcelas e sub-parcelas	Coordenadas Geográficas das extremidades das sub-parcelas	Relatório com a identificação das parcelas registradas
Plaqueamento das árvores	Número da placa (Chave principal)	Relatório com a relação de placas em cada sub-parcela
Localização das árvores	Coordenadas locais das árvores	Conversor de coordenadas locais das sub-parcelas em coordenadas geográficas Relatório com croqui da sub-parcela indicando número e localização das árvores
Medição das árvores	Registro de: número de fustes; diâmetro dos fustes, altura do indivíduo, posição no dossel, posição em relação à clareira	Relatório com as medidas e registros de cada árvore por sub-parcela
Identificação botânica das árvores	Espécie do indivíduo Cadastro que associa espécie com gênero, família e autor	Relatório com gênero, espécie, família, autor da espécie elaborado a partir de cadastro das espécies
Re-medições temporais	Registro de: número de fustes; diâmetro dos fustes, altura do indivíduo Registro integral de novos indivíduos Eliminação de indivíduos	Relatório com gênero, espécie, família, autor da espécie elaborado a partir de cadastro das espécies Relatório dos indivíduos incluídos e eliminados Relatório das alterações das medidas

## 2. Localização espacial das parcelas e sub-parcelas permanentes

### 2.1. Áreas de estudo - parcelas e sub-parcelas

A localização da área de estudo deve ser referenciada ou amarrada à localização de um marco topográfico. Com isto, é possível relacionar as coordenadas a um Datum e a um sistema de referência conhecido, facilitando a sua localização geográfica precisa.

O transporte deste marco, dependendo da distância, pode ser feito por caminhamento (localização próxima) ou por DGPS topográfico. Uma vez transportado para próximo da parcela, e identificado por um marco de concreto local, as coordenadas das sub-parcelas podem ser obtidas em referência local por caminhamento com Estação Total. Um dos vértices de todas as parcelas e sub-parcelas (p.e. superior esquerdo) deve ser marcado com estaca (de PVC, madeira tratada, alumínio ou concreto) e assinalado com a posição da linha e da coluna de cada parcela (p.e. coluna A linha 5), como na Figura 1.

A representação esquemática dos procedimentos topográficos para a localização da parcela e das sub-parcelas está apresentada na Figura 1.

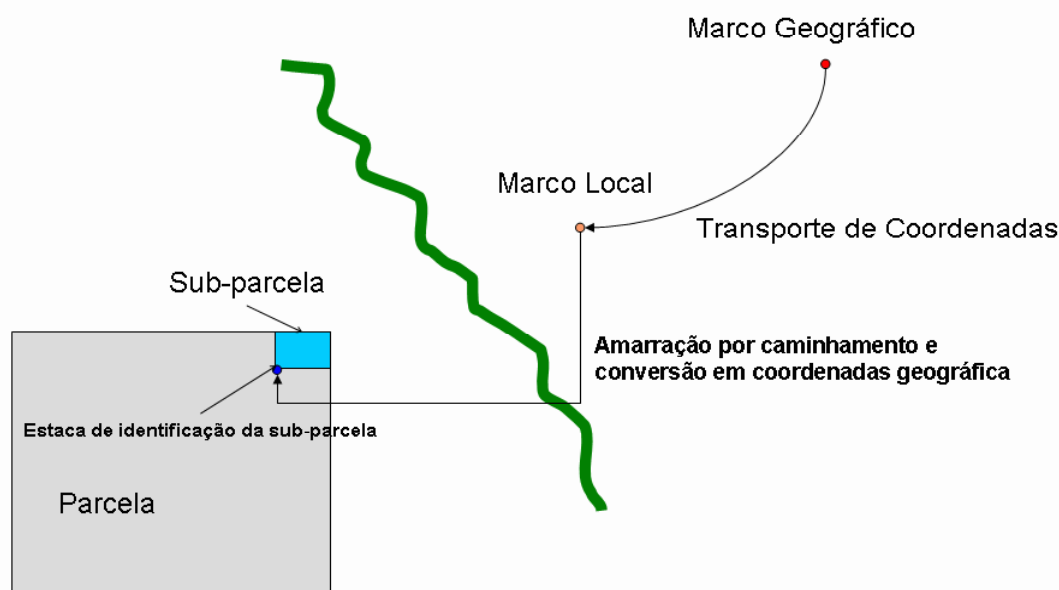


Figura 1. Procedimentos topográficos para a localização da parcela e das sub-parcelas

Através deste procedimento é possível realizar as medições topográficas no interior da parcela ou das sub-parcelas com equipamentos que não dependam de sinal de GPS como as Estações Totais, Altimetro Ótico ou trena apoiada por bússola. A possibilidade de utilização destes equipamentos é essencial, visando reduzir o impacto sobre a área, pois evita a



necessidade de abertura excessiva para obter sinal de satélite ou de visadas para proceder leitura em réguas.

As coordenadas geográficas extremas de cada sub-parcela bem como as dos marcos (marco local e geográfico) são armazenadas no banco de dados a fim de orientar uma ferramenta que irá criar coordenadas locais (com base no vértice de referência das sub-parcelas, p.e.: inferior, esquerdo) para cada sub-parcela. Com isto cria-se a possibilidade de conversão de medidas de posição que utilizam como referência as coordenadas geográficas (imagens de satélite, modelos de elevação, mapas, posições determinadas com GPS) para um plano de referência local. O plano local pode facilmente ser determinado medindo-se com uma trena, a distância nos eixos X e Y a partir do marco de referência das sub-parcelas, determinando-se o ponto de intersecção das diagonais. A conversão para coordenadas geográficas de objetos identificados a partir do plano local pode também ser realizada pelo processo inverso, medindo-se a posição em relação aos eixos de referência local convertidos, através da ferramenta de conversão, para coordenadas geográficas (Figura 2).

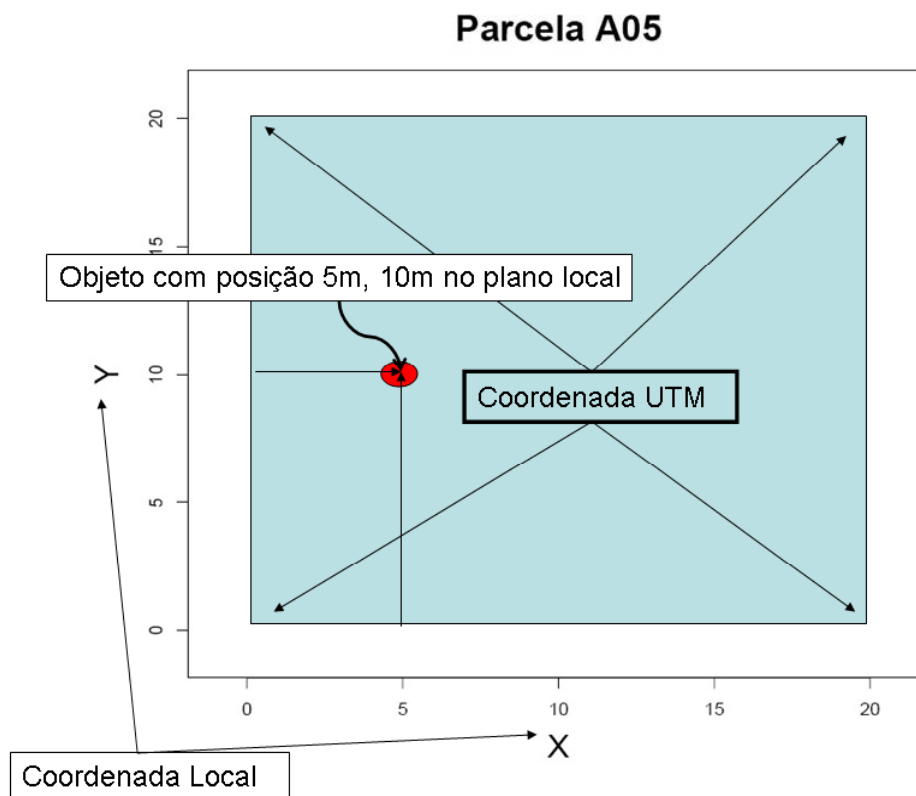


Figura 2. Posição de objeto nos planos de referência local e geográfico das sub-parcelas dentro das parcelas do Projeto “40ha de Parcelas Permanentes”.

Com esta ferramenta operando no Banco de Dados, associada a um relatório contendo um croqui de cada sub-parcela contendo as coordenadas nos planos local e geográfico é possível localizar qualquer objeto, seja ele determinado em coordenadas locais ou geográficas, e converter



as posições entre um e outro sistema. Exemplos de aplicação desta ferramenta são: i) um determinado padrão observado numa imagem de satélite de alta resolução pode ser identificado na sub-parcela, sem recorrer à leitura de coordenadas com GPS (que inclusive são muito difíceis de serem obtidas sob o dossel da floresta), apenas utilizando a conversão das coordenadas para o plano local (que podem ser medidas com uma trena a partir do marco de referência da sub-parcela); ii) qualquer objeto localizado a partir de coordenadas locais pode ser convertido para coordenadas geográficas, permitindo assim seu processamento em Sistemas de Informação Geográficos e ampliando as possibilidades de análises espaciais.

### 3. Plaqueamento

Após a localização das parcelas e sub-parcelas é feito o plaqueamento de cada árvore na sub-parcelas, usando plaqueta de alumínio, geralmente de 5-10cm x 4-8cm, fixadas às árvores, com um prego de aço inoxidável de 6-10cm de comprimento, sempre deixando uma sobra de 3-5cm sem penetrar no tronco. Alguns projetos propõem o uso de fitas envolvendo o tronco, na qual está presa a plaqueta, o que, apesar de custo bem superior, pode ser interessante pelo fato de não provocar injúria ao tronco, considerando que vão ser periodicamente remedidos e principalmente para os indivíduos menores. Deve-se dar atenção especial ao formato do código de identificação das árvores ao seu registro no Banco de Dados.

#### 3.1. Código de identificação

A numeração utilizada deve ser compatível com uma chave primária de um Banco de Dados e ao mesmo tempo ser de fácil anotação no campo. Um número seqüencial (fixado de árvores com uma placa) antecedido da identificação da linha e da coluna da sub-parcela (fixado de árvores com uma placa) bem como um código de identificação da parcela permanente parece ser uma sugestão adequada. Um exemplo de código de identificação dos indivíduos está representado na Figura 3.



Figura 3. Placa de identificação do indivíduo 12, das sub-parcela A, 5 pertencente a parcela permanente C e seu código no banco de dados.

### **3.2. Controle e registro no banco de dados**

Nesta fase é feito o registro de todos os indivíduos associados às suas respectivas sub-parcelas e parcelas. Para cada parcela permanente é feito o vínculo entre as placas fixadas nos indivíduos, as sub-parcelas com seus planos de coordenadas local e geográfico. O Banco de Dados emite um relatório impresso de indivíduos por sub-parcela, com espaço para preenchimento da localização das árvores.

## **4. Localização das árvores na sub-parcelas e parcelas**

### **4.1. Registro das medidas locais**

O registro da localização das árvores nas sub-parcelas é feito através do plano de referência local diretamente no relatório impresso do Banco de Dados para cada sub-parcela. Com isto, além da coleta dos dados no campo para registro das posições, é feita, nessa atividade de campo, uma verificação de erros de inclusão e omissão de indivíduos tanto no plano físico (árvores que



receberam duas ou mais placas ou árvores que não receberam placas), como nos registros do Banco de Dados (placas que não foram digitadas, erros de digitação ou inclusão indevida de códigos). A equipe que fará a localização das árvores deve anotar estes erros no relatório de campo (impresso na fase anterior), que serão corrigidos no Banco de Dados junto com a digitação das coordenadas de localização das árvores. Na fase de localização das árvores também são corrigidos os erros de plaqueamento, com a remoção das placas dos indivíduos que receberam mais de uma identificação e com o plaqueamento de indivíduos que indevidamente não receberam nenhuma placa. Por isso essa etapa de localização não deverá ser muito espaçada no tempo da anterior, para não permitir que indivíduos que não atingiram os critérios de inclusão na primeira etapa possam atingi-los na segunda etapa.

As coordenadas X e Y do plano de referência local são feitas com medições diretas com trena ou corrente topográfica a fim de evitar a abertura de visadas para leitura de prismas, réguas ou antenas de GPS. Com isto, é possível reduzir a perturbação do sub-bosque da floresta e podas excessivas das árvores. A localização é registrada diretamente no relatório (listagem por sub-parcela) impresso pelo Banco de Dados a fim de evitar anotações paralelas que podem aumentar os erros de exclusão no Banco ou inviabilizar a identificação de erros de exclusão ou digitação de dados na base.

#### **4.2. Conversão para coordenadas geográficas**

Após a digitação da localização das árvores, as coordenadas locais são convertidas em coordenadas geográficas e o Banco de Dados emite um relatório impresso com a localização dos indivíduos em relação ao plano local de coordenadas (Figura 4)

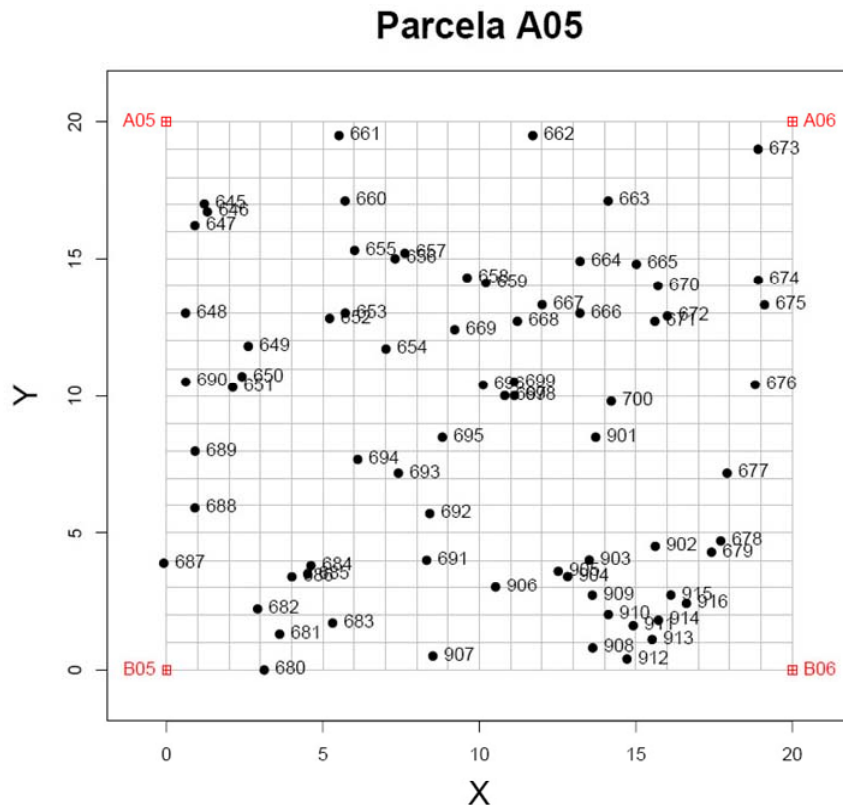


Figura 4. Relatório impresso com croqui de uma das sub-parcelas do projeto 40ha de Parcelas Permanentes, mostrando o número de identificação dos indivíduos e sua localização em relação ao plano de referência local.

Além dos relatórios com a relação dos indivíduos por sub-parcela (agora revisados) e do croqui de sua localização, o Banco de Dados emite um relatório impresso com campos para o registro das medidas e campos categóricos (posições relativas), que deverão ser coletados dos indivíduos amostrados, na terceira etapa de campo, de medição dos indivíduos de cada sub-parcela da parcela maior.

## 5. Medição das árvores

### 5.1. Localização dentro das parcelas e revisão dos registros anteriores

A equipe de medição pode agora se orientar e localizar os indivíduos no campo apenas usando o croqui de localização dos indivíduos nas sub-parcelas e checando as placas de identificação desses indivíduos. Nessa terceira etapa de campo, de medição dos indivíduos, possíveis erros nas etapas anteriores são novamente verificados, checados e corrigidos. Com isso, considerando que seria uma segunda re-verificação do plaqueamento, já que a primeira foi feita na localização dos indivíduos, espera-se que os erros de plaqueamento dos indivíduos sejam reduzidos.





Os erros de localização (segunda etapa dos trabalhos de campo) também serão verificados, checados e corrigidos e podem ser corrigidos de duas formas: i) novo registro de medidas com trena a partir do marco de referência da sub-parcela ou ii) marcação da nova posição diretamente no croqui. Neste caso, uma interface gráfica do banco de dados irá fazer a leitura das novas coordenadas (local e geográfica) do indivíduo pelo seu deslocamento na tela do computador para a posição correspondente marcada no croqui.

## **5.2. Medição e posição relativa dos indivíduos**

As medições (número de fustes; diâmetro dos fustes, altura do indivíduo) e posições relativas dos indivíduos (posição no dossel, posição em relação à clareira) serão registradas no campo usando diretamente o relatório impresso de cada sub-parcela, emitido pelo Banco de Dados, a fim de evitar erros de omissão e possibilitar a auditoria e correção das etapas anteriores. Na fase de digitação são aplicadas rotinas de validação e verificação dos dados através da definição de valores máximos e mínimos para as variáveis numéricas e da pré-definição dos descritores das variáveis categóricas (de posição relativa). Após a digitação, além dos relatórios anteriores, o Banco de Dados emite um relatório impresso com todas as medições e espaço para o preenchimento da identificação dos indivíduos.

## **6. Identificação botânica dos indivíduos nas sub-parcelas**

### **6.1. Material de apoio de campo e correção das etapas anteriores**

Na etapa de identificação botânica dos indivíduos das sub-parcelas, como quarta etapa de campo, novamente são verificados todos os registros feitos nas etapas anteriores, dos dados já coletados e digitados de cada indivíduo no campo. Medidas ou registros inconsistentes novamente são corrigidos. Erros de localização e plaqueamento já não são esperados nesta etapa, por terem sido checados e re-checados nas etapas anteriores, mas de qualquer forma, uma nova verificação é feita.

### **6.2. Dicionário de identificação**

As espécies identificadas recebem uma designação provisória, na forma de uma variável texto que registra o nome definitivo (gênero e o epíteto específico) ou provisório da espécie (morfo-espécie) de cada um dos indivíduos amostrados. Os registros definitivos e provisórios são analisados por taxonomistas, confirmados ou modificados, corrigidos e revisados quanto à grafia, e acrescidos de família e autor da espécie. Cada espécie fica identificada por um conjunto único de variáveis (gênero, espécie, família e autor) armazenada no Banco de Dados na forma de um dicionário. O conteúdo deste dicionário é convertido em variável categórica que é vinculada às



variáveis texto provisórias, substituindo-as. Com isto, sempre que for necessária alguma correção de grafia, autor ou família, esta precisa ser feita apenas no dicionário para ser refletida em todos os indivíduos identificados como sendo desta espécie. Evita-se também erros de grafia, de identificação correta da família ou do autor das espécies que poderiam ocorrer com múltiplos registros, no caso de cada indivíduo ser registrado separadamente. Esse normalmente é o erro mais comum de bancos de dados com nomes de espécies, onde os erros de grafia geram muitas inconsistências do banco.

Após esta fase, o Banco de Dados estará completo e revisado em relação ao plaqueamento, localização dos indivíduos e medições. O único registro não revisado será o da identificação que poderá adotar procedimentos estatísticos de validação aplicados de maneira independente da criação do Banco de Dados.



## **XI. CONSERVAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES**

<b>1. SISTEMA DE TRILHAS .....</b>	<b>2</b>
1.1. TRILHAS DA PARCELA PERMANENTE ALOCADA NA FLORESTA DE RESTINGA DO PARQUE ESTADUAL DA ILHA DO CARDOSO.....	3
1.2. TRILHAS DA PARCELA PERMANENTE ALOCADA NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUB-MONTANA DO PARQUE ESTADUAL CARLOS BOTELHO .....	3
1.3. TRILHAS DA PARCELA PERMANENTE ALOCADA NO CERRADÃO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ASSIS .....	4
1.4. TRILHAS DA PARCELA PERMANENTE ALOCADA NA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DOS CAETETÚS .....	4
<b>2. PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DAS TRILHAS.....</b>	<b>6</b>
<b>3. SISTEMA DE SINALIZAÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>4. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DOS IMPACTOS .....</b>	<b>8</b>
<b>5. CAPACITAÇÃO DOS PESQUISADORES DO PROJETO PARCELAS PERMANENTES PARA UMA CONDUTA MAIS CONSCIENTE EM ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS ....</b>	<b>9</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>10</b>



## 11. CONSERVAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES

Anna Júlia Passold

A presença de impactos negativos sobre o solo, a vegetação, a fauna e a água são uma consequência inevitável do uso público, seja para fins de pesquisa, educacionais ou de recreação ao ar livre. Depois que os pesquisadores do projeto Parcelas Permanentes iniciaram seus estudos no campo, em função do grande número de pesquisadores envolvidos, foram observados impactos biofísicos que se tornaram cada vez mais inaceitáveis ao projeto, dada a sua característica de parcela permanente de estudo.

No entanto, esses impactos podem ser evitados ou diminuídos através da implementação de estratégias de manejo e monitoramento. Nesse contexto, surgiu então o projeto “Construção de trilhas para 40 ha de parcelas permanentes” que tem como objetivos controlar ou minimizar os impactos gerados pelo grande número de pesquisadores, mantendo o valor funcional das parcelas e diminuindo os efeitos do uso. O projeto vem desenvolvendo as seguintes ações de manejo nas quatro unidades de conservação selecionadas:

- Sistema de trilhas com a implementação de estruturas como escadas, canais de drenagem, barreiras de desvio d’água, passarelas e ponte;
- Programa de manutenção das trilhas;
- Sistema de sinalização;
- Programa de monitoramento dos impactos;
- Capacitação dos pesquisadores, através de mini-cursos, para uma conduta mais consciente nas áreas naturais protegidas, baseados nos princípios de mínimo impacto do Programa Leave No Trace.

### 1. Sistema de trilhas

Foi criado um sistema de trilhas, onde se utilizou diferentes níveis de intervenção na implementação dos três tipos de trilhas identificados: (1) Trilha principal, de acesso à parcela, com intervenção intensiva; (2) Trilha perimetral, contornando a parcela e funcionando como acesso principal às subparcelas, com intervenção moderada e (3) Trilhas internas, de acesso às subparcelas, com baixa intervenção.

Na intervenção intensiva foram incluídas atividades como a construção de escadas, passarelas, pontes, canais de drenagem, barreiras de desvio d’água, endurecimento do leito da trilha com adição de material, muro de contenção, definição da área de pisoteio com correção da



inclinação perpendicular e largura do leito, corte de barranco, remoção de arbustos e galhos e remoção de raízes e tocos. Nas demais trilhas, principalmente nas internas, que dão acesso às subparcelas, a intervenção é mais restritiva devido à fragilidade da área para fins de coleta de dados.

### **1.1. Trilhas da Parcela Permanente alocada na Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso**

Dentre as quatro formações florestais selecionadas no Projeto Parcelas Permanentes, a Restinga foi a que apresentou as maiores limitações para definição de um sistema de trilhas. A parcela no PE da Ilha do Cardoso está localizada em área plana, com variações de altitude entre 2,5 e 7,0m e solos freqüentemente alagados, com alto teor de matéria orgânica e influência de efluxos e influxos de marés. A presença dos chamados “cordões litorâneos”, elevações de sedimentos flúvio-marinhos, indicaram uma alternativa para a implementação das trilhas internas, assim como da trilha perimetral.

Devido à complexidade do microrelevo observado, a metodologia de planejamento das trilhas consistiu do levantamento total das subparcelas onde, esgotando todas as possibilidades de passagem por áreas resistentes, partiu-se então para o planejamento de locais que requerem estruturas de apoio. Essas estruturas especiais foram evitadas devido aos altos custos de implantação e principalmente de manutenção.

Com a abertura da trilha perimetral os pesquisadores foram orientados a planejar seus acessos às sub-parcelas, e como resultado foi verificada a diminuição do pisoteio na parcela.

### **1.2. Trilhas da Parcela Permanente alocada na Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana do Parque Estadual Carlos Botelho**

No P.E. Carlos Botelho, as condições locais mais limitantes para a construção de trilhas é o elevado índice pluviométrico, a topografia altamente acidentada, e as características de solo com muitos afloramentos rochosos. Essas condições tornam o ambiente muito susceptível à compactação (Hammit & Cole, 1998) e compõem um ambiente de difícil implantação de trilhas.

Mesmo assim a criação de trilhas nos locais mais adequados ainda é a melhor solução para diminuir os impactos. Desta forma está sendo implantado um amplo sistema de trilhas internas com escadas que facilitam o caminhar pelas subparcelas e concentram o uso, evitando assim o pisoteamento de novas áreas dentro da parcela.

As trilhas internas foram definidas levando-se em consideração os locais já utilizados pelos pesquisadores, pois na maioria dos casos são as únicas opções possíveis de passagem. Essas linhas internas estão bem marcadas e são utilizadas principalmente devido a grande quantidade de bambus, que impedem a passagem.



### **1.3. Trilhas da Parcela Permanente alocada no Cerradão da Estação Ecológica de Assis**

Em 2003 foi realizada a mudança total no traçado da trilha de acesso à parcela na EE de Assis. Inicialmente o percurso era realizado em aproximadamente 40 minutos de caminhada, passando por trechos permanentemente alagados e com lama, sendo que atualmente o acesso pode ser feito em não mais do que cinco minutos em área plana e seca. Também na ocasião foi aberta a trilha perimetral e realizada a limpeza de uma antiga estrada que dá acesso à nova trilha para a parcela.

### **1.4. Trilhas da Parcela Permanente alocada na Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetús**

Dentre as quatro unidades de conservação que abrangem o projeto Parcelas Permanentes, o percurso mais longo da trilha de acesso encontra-se na E.E. dos Caetetús. Ao todo são 1.933m de percurso de ida até a parcela, passando pelo Córrego Barreiro, distante 870m do início da trilha que parte da estrada.

O traçado original, que durante anos já vinha sendo utilizado por pesquisadores, é bem adequado às condições ideais que uma trilha bem planejada deve apresentar. Assim, foi necessário apenas mudar um trecho do traçado, evitando uma área alagada e construir uma passarela e uma ponte para pedestres.

No final do mês de fevereiro de 2003 foram retiradas quatro toras de *Pinus Elliottii* nos talhões da EE de Assis, para compor o tabuleiro da ponte, pois não foram encontradas no mercado peças adequadas. As toras foram desdobradas em uma serraria no município de Cândido Mota e tratadas em uma empresa no município de Assis, onde foram adquiridas as outras peças de eucalipto tratado no método CCA. Em outubro do mesmo ano a ponte foi pré-montada num galpão da EE de Assis, e em seguida desmontada e transportada com um veículo cedido pela Estação para a EE de Caetetús. A outra etapa da construção da ponte ocorreu em dezembro de 2003, e contou com o auxílio de sete homens que trabalharam arduamente no transporte do material que se encontrava na Sede da EE de Caetetús, até o início da trilha e depois os 870m até o local de instalação da ponte. As Figuras 11.1.4.1 e 11.1.4.2 mostram dois diferentes ângulos da ponte para pedestres, sobre o Córrego Barreiro na EE dos Caetetús.



Figura 11.1.4.1. Ponte para pedestres, sobre o Córrego Barreiro na trilha para a parcela permanente, na Estação Ecológica dos Caetetus.



Figura 11.1.4.2 – Vista da ponte para pedestres, em direção à parcela na trilha para a parcela permanente, na EE dos Caetetés.

Em outra área alagada próxima ao rio não foi encontrada uma alternativa de traçado e, portanto foi construída uma passarela de aproximadamente 20 m de comprimento, conforme apresentado na Figura 11.1.4.3.



Figura 11.1.4.3 – Passarela em área úmida na trilha de acesso à parcela permanente na EE dos Caetetés.

## 2. Programa de manutenção das trilhas

O Programa de manutenção das trilhas nas parcelas permanentes encontra-se em fase de elaboração e tem como objetivos garantir o adequado uso das trilhas nas quatro parcelas, viabilizar a diminuição dos impactos através do uso de técnicas corretas para a manutenção das trilhas, e proporcionar maior segurança aos usuários, melhorando a qualidade do trabalho realizado por pesquisadores e auxiliares de campo.

Para alcançar esses objetivos estão previstas as seguintes atividades:

- Capacitar os funcionários, estagiários e voluntários para a manutenção das trilhas
- Diminuir ou erradicar os impactos causados pela atividade de pesquisa e os riscos de acidente aos usuários
- Sistematizar a manutenção das trilhas, baseando-se em critérios meteorológicos, visando diminuir os custos de manutenção
- Auxiliar as unidades de conservação na organização e aquisição de equipamentos e ferramentas necessárias à manutenção das trilhas





- Auxiliar as unidades de conservação na organização de um almoxarifado para o correto armazenamento dos equipamentos, ferramentas e materiais utilizados na manutenção das trilhas.

### 3. Sistema de sinalização

No PE Carlos Botelho e na EE dos Caetetús, algumas estacas com aproximadamente um ano e meio após sua instalação, já apresentam sinais de degradação da madeira por organismos xilófagos. Outro problema relacionado à sinalização diz respeito a visibilidade das plaquetas nas subparcelas. Devido ao pequeno tamanho e porte da vegetação que ultrapassa o campo visual das estacas, para identificar ou mesmo confirmar a localização das subparcelas é necessário que o pesquisador dirija-se às mesmas podendo então verificar a letra e o número indicados na plaqueta metálica afixada na estaca.

Os usuários das parcelas sempre escolherão os locais onde a passagem é mais fácil e, portanto quando não há caminhos planejados, ou mesmo quando não é realizada a manutenção, a tendência é que se criem sempre novos caminhos e então novas áreas pisoteadas surgirão. Assim, foi verificado que a difícil visualização das plaquetas de identificação das subparcelas é uma das causas de impactos na área, como os danos à vegetação pisoteada e a compactação e erosão do solo.

Optou-se pela substituição de estacas de eucalipto tratado, que tem uma durabilidade média de 30 anos, com aproximadamente 0,7 m de altura a partir da superfície do solo. Os mourões de eucalipto tratado tem 1,10 m de comprimento e serão enterrados à aproximadamente 0,40 m de profundidade, dependendo da estabilidade do solo no local, como apresentado na Figura 11.3.1.

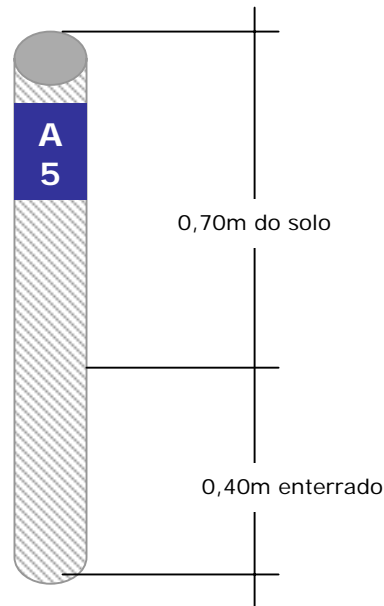


Figura 11.3.1. Nova proposta para sinalização das subparcelas, com estacas de eucalipto tratado, enterrado a 0,40 m de profundidade.

Para a numeração das estacas será utilizado o adesivo para recorte tipo “Gold”, indicado para confecção de placas devido a suas qualidades de resistência às intempéries. Foi escolhido o material plástico devido às facilidades no preparo do material, a durabilidade e a praticidade no caso de substituição. O serviço de corte em plotter das letras e números será realizado na Seção de pintura da Sinfesalq, sem custos de mão-de-obra, apenas com o fornecimento do material. Será aplicado um adesivo em tonalidade marcante, mas ao mesmo tempo neutra, para evitar impactos principalmente na avifauna, que são atraídos pelas fitas coloridas de identificação em campo, fazendo com que gastem energia incluindo em sua rota de visitação esses pontos.

Assim, tonalidades mais neutras, como o azul, serão utilizadas em campo para serem utilizadas como base da sinalização, envolvendo como uma faixa a estaca roliça e sobre ela os números e as letras recortadas em branco. As letras e números na cor branca destacam-se fortemente pelo contraste que faz com a cor de fundo, podendo ser rapidamente percebidas na composição da vegetação.

## 4. Programa de monitoramento dos impactos

No âmbito de um projeto com compromisso a longo prazo, informações coletadas continuamente, como parte de um programa de monitoramento, podem auxiliar na identificação de mudanç as antes do impacto tornar-se muito severo ou irreversível, prevendo tendências e avaliando a efetividade das estratégias de manejo (Leung & Marion 1999).



O Programa de monitoramento de impactos periódico será realizado de duas formas: uma através de um caderno de registro que estará disponível aos usuários das parcelas em cada unidade de conservação, com base no trabalho de Passold & Magro (2001), e outra realizada em campo, utilizando-se fichas com indicadores de impacto sendo coletados através de técnicas de censo, amostragem ou ambos (Passold, 2002).

O levantamento dos impactos em campo faz parte das metodologias de planejamento e manejo de áreas naturais protegidas, comumente citados por suas siglas: ROS – Recreation Opportunity Spectrum, LAC - Limits of Acceptable Change, VIM – Visitor Impact Management, VAMP – Visitor Activities Management Process e VERP – Visitor Experience and Resource Protection. Esses métodos transformam os diferentes instrumentos legais em objetivos claros, que podem ser implementados e avaliados com padrões, definindo limites de mudança aceitáveis para os indicadores biofísicos e sociais selecionados.

A seleção final dos indicadores será discutida com a equipe no III Simpósio Interno do Projeto Parcelas Permanentes, assim como a definição das formas de coleta e análise dos dados. Devido à subjetividade de muitos indicadores, Passold et al. (2004) recomendam incluir nos processos de seleção final o teste com diversos indivíduos, para verificar se diferentes observadores coletam a mesma informação.

## **5. Capacitação dos Pesquisadores do Projeto Parcelas Permanentes para uma conduta mais consciente em áreas naturais protegidas**

Princípios são necessários para manter o mútuo entendimento entre a comunidade e as necessidades e os objetivos dos pesquisadores para assegurar que haja pesquisa com o menor atrito e ruptura social e a maior cooperação e apoio.

Dentro desse princípio, o projeto Parcelas Permanentes promove anualmente o mini-curso de capacitação de seus pesquisadores, cujo objetivo tem sido de estabelecer a prática de princípios de conduta consciente nas quatro unidades de conservação que abrangem o projeto. Os tópicos abordados durante o curso incluem: normas específicas do projeto e das áreas naturais protegidas, técnicas de mínimo impactos baseados no programa “Leave no trace” e o registro de ocorrências.

Este curso foi planejado para aqueles que já atuam nas áreas de pesquisa ou que pretendem iniciar seus projetos, como uma forma de trazer à discussão algumas das principais questões que envolvem necessidades, regulamentação, conflitos e limites para a realização de pesquisas nestas unidades de conservação.



Esses cursos são pré-requisito para um pesquisador continuar ou ingressar no corpo de pesquisadores do projeto Parcelas Permanentes. Após a maioria dos pesquisadores do projeto terem cursado esse programa de capacitação, geralmente realizados no Simpósio internos ou periodicamente, com número mínimo de participantes, tivemos uma significativa redução dos problemas nas atividades de campo das várias áreas do conhecimento, inclusive problemas pessoais entre pesquisadores e temas, destes com os membros das Unidades etc. Num âmbito maior, espera-se que esse aprendizado esteja contribuindo para uma formação ética ambiental e profissional desses pesquisadores, principalmente os iniciantes da carreira científica.

Com essa oportunidade de observar os impactos do uso nas parcelas permanentes e propor estratégias que visam melhorar as atividades realizadas em campo, o novo tema de trabalho, "Manejo e monitoramento dos impactos nas parcelas permanentes" tornou-se uma possibilidade concreta de estabelecer o cumprimento de interesses em torno de um objetivo comum.

## Referências Bibliográficas

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2000. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000: Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza Brasília: MMA; IBAMA; Funatura; 32p.
- CLARK, R.; STANKEY, G. H. 1979. The recreation opportunity spectrum: a framework for planning, management, and research. Washington: USDA, Forest Service, Pacific North Forest and Range Experiment, 32p. (General Technical Report PNW,98)
- COLE, D. N. 1993. Minimizing conflict between recreation and nature conservation. In: SMITH, D. S.; HELLMUND, P. C. Ecology of greenways. Minneapolis: University of Minnesota, cap.5, p.105-122.
- DEMROW, C; SALISBURY, D. 1998. The complete guide to trail building and maintenance. 3.ed. Boston: Appalachian Mountain Club, 246p
- GRAEFE, A. R.; KUSS, F. R.; VASKE, J. J. Visitor impact management: the planning framework. Washington: National Park and Conservation Association, 1990. 105p.
- HAMMIT, W. ; Cole, D. N. 1998. Wildland recreation: ecology and management. 2.ed. New York: John Wiley, 361p.
- KUSS, F.R.; GRAEFE, A. R.; VASKE, J. J. 1990. Visitor impact management: a review of research. Washington: National Park and Conservation Association, 256p.
- LEUNG, Y-F. ; MARION, J.L. 1999. The influence of sampling interval on the accuracy of trail impact assessment. Journal of Landscape and Urban Planning, v.43, 167-179.
- NATIONAL PARK SERVICE. 1997. The visitor experience and resource protection (VERP) framework: a handbook for planners and managers. Denver: US Department of Interior, National Park Service, 103p.
- PASSOLD, A. J.; MAGRO, T. C.; COUTO, H. T. Z. Comparing Indicator Effectiveness for Monitoring Visitor Impact in Intervalos State Park, Brazil: Park Ranger-Measured Versus Specialist-Measured Experience. In: Sievänen, T., Erkkonen, J., Jokimäki, J. et al. (eds.) *Proceedings of the Second International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*, Rovaniemi, Finland, Jun. 16-20, 2004. p.51-56.



PASSOLD, A. J. 2003. Impactos da atividade de pesquisa científica em campo: a experiência de manejo e monitoramento do Projeto Parcelas Permanentes (compact disc). In IV Simpósio e IV Reunião de Avaliação do Programa Biota/Fapesp (R.R.Rodrigues, coord.). Águas de Lindóia.

PASSOLD, A. J.; MAGRO, T. C. 2001. Registro de ocorrências em áreas naturais protegidas. Piracicaba: O autor,. 1v.

STANKEY, G.H.; COLE,N.; LUCAS, R.C. et al. 1985. The limit of acceptable change (LAC) system for wilderness planning. Ogden: USDA Forest Service, 37p. (General Technical Report INT, 176)