

**ELIANE DE PAULA CLEMENTE**

**AMBIENTES TERRESTRES DA ILHA DA TRINDADE, ATLÂNTICO SUL:  
CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DO MEIO FÍSICO COMO SUBSÍDIO PARA  
CRIAÇÃO DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C626a  
2006

Clemente, Eliane de Paula, 1974-  
Ambientes terrestres da ilha da Trindade, Atlântico  
Sul : caracterização do solo e do meio físico como sub-  
sídio para criação de uma unidade de conservação / Eliane  
de Paula Clemente. – Viçosa : UFV, 2006.  
x, 167f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynald  
Schaefer.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 136-148.

1. Solos - Análise. 2. Física do solo. 3. Química do solo.  
4. Mineralogia do solo. 5. Mapeamento do solo. 6. Zonea-  
mento. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

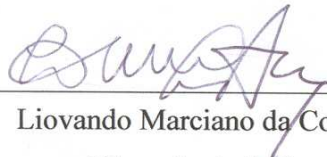
CDD 22.ed. 631.4

ELIANE DE PAULA CLEMENTE

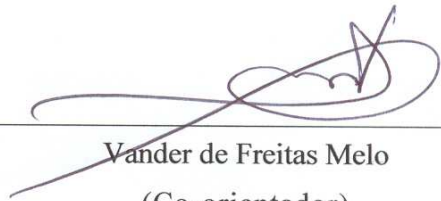
**AMBIENTES TERRESTRES DA ILHA DA TRINDADE, ATLÂNTICO SUL:  
CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DO MEIO FÍSICO COMO SUBSÍDIO PARA  
CRIAÇÃO DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de  
*Doctor Scientiae*.

APROVADA: 11 de setembro de 2006



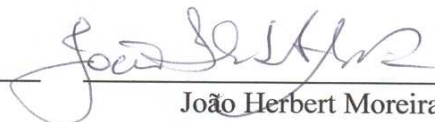
Liovano Marciano da Costa  
(Co-orientador)



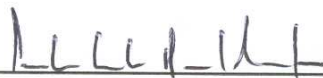
Vander de Freitas Melo  
(Co-orientador)



Elpídio Inácio Fernandes Filho



João Herbert Moreira Viana



Carlos Ernesto G.R. Schaefer  
(Orientador)

*A meus queridos pais João Dumont  
Clemente e Dalgiza Nogueira Rios Clemente,  
meus irmãos Alexandre, Alan e Alisson e meus  
amados sobrinhos.*

*A vocês, minha eterna gratidão.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

A Deus que me guiou durante toda minha vida e nos momentos mais difíceis esteve sempre comigo. A Nossa Senhora da Abadia, onde sempre procurei forças para vencer todos os obstáculos.

A esta conceituada Instituição de Ensino - U.F.V. e aos professores, funcionários e colegas dos Departamentos de Solos, pela oportunidade de conviver e adquirir novos e valiosos conhecimentos.

À Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa.

A Marinha do Brasil, por ter dado o apoio logístico para que fosse possível a coleta do material na ilha da Trindade.

Ao Professor Carlos Ernesto Schaefer pela orientação, amizade e ensinamentos durante todos estes anos, o meu eterno agradecimento.

Ao Professor Liovando Marciano da Costa, pela co-orientação, amizade e apoio, transmito aqui a minha admiração.

Aos professores Elpídio e Vander e ao pesquisador João Herbert pelas sugestões para a finalização deste trabalho.

A Luciana, secretária da Pós graduação pela atenção em todas as horas.

Ao Fábio, Gilberto e Eliana pela colaboração no trabalho e amizade.

A minha família, sempre unida e acreditando no meu potencial, onde sempre encontrei amor e conforto.

A todas pessoas que participaram da minha vida de um modo especial, Igor pelo apoio, companheirismo e amor e meus amigos, que sempre estiveram me dando força, Claudinha, Dilma, Roseli, Danusa, Laura, Flávia, Fernanda, Ana Paula, Edgley, Rafael, Alexandre, Nilson. E todos os outros aqui não citados, o meu mais valioso agradecimento.

## **BIOGRAFIA**

**ELIANE DE PAULA CLEMENTE**, filha de João Dumont Clemente e Dalgiza Nogueira Rios Clemente, nasceu em Belo Horizonte - MG, em 27 de Julho de 1974.

Ingressou na Universidade Federal Viçosa - MG em 1994, graduando-se em Engenharia Florestal em agosto de 1999.

Em agosto de 1999, iniciou o curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa - MG, concluindo-o em dezembro de 2001, sob a orientação do Professor Roberto Ferreira de Novais, desenvolveu a dissertação intitulada “Compactação do Solo provocada por raízes de eucalipto”.

Iniciou o curso de Doutorado em Ciência do Solo em setembro de 2002, na Universidade Federal de Viçosa - MG, sob a orientação do Professor Carlos Ernesto Schaefer, desenvolveu a tese intitulada “Ambientes terrestres da ilha da Trindade, Atlântico Sul: Caracterização do solo e do meio físico como subsídio para a criação de uma Unidade de Conservação”, com aprovação em 11 de setembro de 2006.

## CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. Histórico da ocupação da ilha da Trindade.....	3
2.2. Origem da ilha da Trindade.....	5
2.3. Geologia da ilha da Trindade.....	8
2.4. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento físico e biótico .....	12
2.5. Zoneamento ambiental.....	15
2.6. Gênese e Geoquímica de solos.....	17
2.6.1. Caracterização Geoquímica.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. Coleta e descrição dos solos.....	24
3.2. Geoprocessamento.....	25
3.2.1. Modelo Digital de Elevação (MDE).....	25
3.2.2. Mapa de Solos.....	25
3.2.3. Mapa de Geoambientes.....	26
3.2.4. Mapa do Zoneamento.....	26
3.3. Análises físicas.....	26
3.4. Análises químicas.....	27
3.5. Fracionamento de fósforo .....	27
3.6. Determinação de carbono na matéria orgânica.....	28
3.6.1. Determinação quantitativa de carbono.....	28
3.6.2. Fracionamento das substâncias húmicas e determinação do teor de carbono nas frações.....	29
3.7. Determinação dos elementos traços em solos.....	29
3.7.1. Análise total.....	30
3.7.2. Extração Sequencial.....	30
3.8. Extração de óxidos de ferro e alumínio amorfos e cristalinos.....	32
3.9. Mineralogia.....	32

3.9.1. Preparação das amostras e separação das frações.....	32
3.9.2. Análise termodiferencial (ATD) e análise termogravimétrica (TG).....	33
3.9.3. Mineralogia da fração argila por difratometria de raios-x (DRX).....	34
3.9.4. Mineralogia da fração areia.....	34
3.10. Micromorfologia.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.1. Aspectos geomorfológicos .....	36
4.2. Solos.....	40
4.3. Geoambientes.....	44
4.4. Pré- zoneamento da ilha da Trindade: uma contribuição.....	49
4.5. Relações solos-paisagem e morfologia .....	60
4.6. Caracterização física.....	64
4.7. Caracterização química.....	69
4.8. Fracionamento de fósforo.....	74
4.9. Fracionamento da matéria orgânica.....	82
4.10. Extração seqüencial de metais.....	86
4.11. Metais extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato de amônio.....	104
4.12. Mineralogia da fração argila.....	107
4.12.1. Análise quantitativa de Caulinita e Gibbsita por termogravimetria (TG)	107
4.12.2. Mineralogia da argila por difratometria de raios-x (DRX).....	110
4.13. Mineralogia da fração areia.....	112
4.14. Atributos micromorfológicos.....	123
5. CONCLUSÕES.....	133
6. LITERATURA CITADA.....	136
ANEXOS.....	149



## RESUMO

CLEMENTE, Eliane de Paula, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2006. **Ambientes terrestres da ilha da Trindade, Atlântico Sul: Caracterização do solo e do meio físico como subsídio para criação de uma Unidade de Conservação.** Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynald Schaefer, Co-orientadores: Liovando Marciano da Costa, Vander de Freitas Melo e Ruy José Válka Alves.

As ilhas oceânicas brasileiras possuem grande importância ambiental, tanto do ponto de vista da biodiversidade quanto do interesse científico, em virtude do isolamento geográfico. Dentre estas, a ilha da Trindade destaca-se por ser a mais isolada e úmida do conjunto das ilhas oceânicas brasileiras. Foram estudados os principais solos que ocorreram na ilha da Trindade, com ênfase em suas características químicas, físicas, mineralógicas e micromorfológicas peculiares, nos diferentes estratos ambientais. Realizou-se o mapeamento da ilha, gerando-se mapas temáticos de geologia, solos e geoambientes. A partir desses mapas, foi elaborada uma proposta preliminar de zoneamento para fins de gestão ambiental, que prevê zonas de recuperação nas áreas degradadas e proteção específica nas zonas primitivas, onde ainda existe vegetação contendo espécies endêmicas e de grande importância ecológica e ambiental. Essa proposta de zoneamento virá subsidiar o plano de manejo da Unidade de Conservação ora sugerida. Buscou-se, ainda, um melhor entendimento das relações pedo-geomorfológicas e vegetacionais, que permitiu um esboço preliminar da classificação dos solos ao longo da expressiva variação topográfica reinante na ilha. Foram coletados 10 perfis de solos, que representaram os principais pedoambientes resultantes das variações litológicas, topográficas e da cobertura vegetal, muitas das quais co-variantes. Foram realizadas análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas, assim como o fracionamento de fósforo e da matéria orgânica, além da extração seqüencial de metais de todos os horizontes dos perfis coletados. A diversidade de solos na ilha da Trindade é profundamente relacionada com as variações do material de origem e da posição geomorfológica/altimétrica. De maneira geral, os solos de Trindade apresentam peculiaridades morfogenéticas que sugerem seu caráter “endêmico”. Possuem alta fertilidade natural, grau de intemperismo pouco acentuado e valores muito elevados de fósforo disponível e de cálcio. Na vertente da face sul da ilha, mais fria e úmida, vales

estreitos em encostas íngremes abrigam vegetação exuberante de samambaias gigantes, com acúmulo de matéria orgânica, mesmo em declives acentuados, formando Organossolos ou Cambissolos Hísticos nas partes mais protegidas. Em altitudes superiores a 400 metros, os solos são mais ácidos e lixiviados, com predomínio de Cambissolos e de Nitossolos, mas ainda com teores de fósforo muito elevados. Na face norte e mais seca da ilha, em cotas mais baixas, predominam condições semi-áridas ou tropicais secas, onde os solos são mais rasos, ricos em nutrientes e pobres em matéria orgânica, muito mais erodidos, com predomínio de Neossolos Litólicos e de Neossolos Regolíticos. Os dados da extração sequencial permitiram distinguir dois ambientes pedogenéticos; um de solos jovens e menos intemperizados, aproximadamente até 450 m de altitude e outro de solos formados a partir de materiais de origem mais intemperizados, de 450 a 600 m de altitude. Os metais Cu, K, Mn, Ni e Zn foram superiores na fração ligada à M.O. e na fração ligada aos óxidos de Fe amorfos. Os teores disponíveis foram muito baixos, em relação aos teores totais em todos os metais, por se encontrarem nas estruturas cristalinas dos minerais e nos complexos de M.O. e de Fe, tanto amorfos quanto cristalinos. A análise mineralógica da fração areia permitiu identificar a riqueza em minerais primários existente na ilha. Esses minerais sofreram pouca intemperização, explicando os altos teores de metais ainda encontrados nos solos, mesmo na fração argila. A micromorfologia auxiliou a identificação de feições singulares nos solos da ilha, permitindo a descrição da estrutura e composição dos solos ora estudados. Essa análise identificou minerais primários em processos de alteração, além de características intrínsecas de cada perfil. Existem particularidades nos solos de Trindade que os tornam difíceis de enquadramento no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, exigindo a necessidade da criação de novas classes em diversos níveis categóricos, para o enquadramento de solos das ilhas oceânicas brasileiras.

## ABSTRACT

CLEMENTE, Eliane de Paula, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, september of 2006. **Land environments of the Trindade island, South Atlantic: soil and physical environment characterization as a subsite for creation of a conservation unit.** Adviser: Carlos Ernesto Gonçalves Reynald Schaefer, Co-Advisers: Liovando Marciano da Costa, Vander de Freitas Melo and Ruy José Válka Alves.

Brazilian oceanic islands have great environmental importance, not only for its biodiversity, but also for its scientific value, due to geographical isolation. The Trindade Island stands out for being the most isolated and humid of the group of Brazilian oceanic islands. The main soils in occurrence of Trindade Island were studied, emphasizing their chemical, physical, mineralogical and peculiar micromorphological characteristics, in different environmental strata. Mapping of the island was done, producing thematic maps of geology, soils and geoenvironments. A preliminary proposal of zoning for environmental management was elaborated, based on thematic maps, foreseeing recovery zones in the degraded areas and specific protection in the primitive zones where vegetation still exists, containing endemic species of great ecological and environmental importance. This preliminary zoning proposal aim to subsidize the Conservation Unit management plan, now suggested. Furthermore, a better understanding of the pedogeomorphologic and vegetational relationships was achieved, allowing a preliminary outline of soil identification along the island expressive topographical variation. Ten soil profiles were collected, representing the main pedoenvironments resultant from variation of lithology, topography and vegetation many of them co-variants. Physical, chemical, mineralogical and micromorphological analyses were accomplished, as well as phosphorus fractions, organic matter and sequential extraction of metals of the samples for all the horizons of the collected profiles. The diversity of soils in the Trindade island is strongly related to variations in parent materials and geomorphologic/altimetric position. Generally, Trindade island soils present morphogenetic peculiarities that suggest their “endemic” character. They hold high natural fertility, little degree of natural weathering and very high values of available phosphorus and of calcium. The south face of the island, colder and more humid, has narrow ravines and gullies in steep hillsides that sposses exuberant vegetation of giant ferns, with accumulation of organic matter even in steep slopes,

forming Histosols or Inceptisols, in more protected parts. The soils are more acid and more leached at altitudes higher than 400 meters, prevailing Inceptisols and Nitisols, although with very high phosphorus content. In the north, drier face of the island, lower areas have prevalent semi-arid or dry tropical weather, and the soils are shallower, rich in nutrients and with less organic matter. They are more eroded in the lowlands, prevailing Regolithic and Litholic Neosols. The sequential extraction data allowed two pedogenic environments to be distinguished: one of younger and less weathered soils, up to 450 m high; the second pedogenic environment was formed with soil from weathered parent materials, at altitudes of 450 - 600 m. The metals Cu, K, Mn, Ni and Zn were higher in the organic matter-bonded and to amorphous iron oxides fractions. The available content was very low in comparison with total content for all metals, due to their presence in the mineral crystalline structure, seconded by organic matter and Fe compounds, amorphous or crystalline. The mineralogical analysis of sand fraction allowed the identification of large variety of primary minerals in the island's soils. These minerals show little natural weathering, conferring the high content of metals that are still observed, even in the clay fraction. Micromorphology aided the identification of some singular features in the island's soils, allowing the description of the microstructure and the composition. This analysis identified primary minerals that are still under alteration processes, in addition to intrinsic characteristics of each profile. Trindade's soils has particularities that make them difficult to fit into the Brazilian soil classification system, demanding the creation of new classes at several categorical levels for the correct classification of Brazilian oceanic island's soils.

## 1. INTRODUÇÃO

As ilhas oceânicas brasileiras foram pouco estudadas do ponto de vista de seus ambientes terrestres, e os poucos trabalhos existentes referem-se principalmente a geologia e botânica (Almeida, 1961; Alves, 1998). Os estudos dos solos e do relevo são muito mais recentes, porém restritos à ilha de Fernando de Noronha (Batistella, 1993 e Marques, 2004). Em outros países, estudos pedológicos de ilhas oceânicas têm identificado solos com muitas características peculiares, que refletem a influência do material de origem vulcânica, isolamento geográfico variável e outros fatores ligados ao domínio oceânico, confirmando a necessidade de estudos mais detalhados dos solos (Cardoso, 1958; Faria, 1974; Pissarra et al., 1965). Alguns dos solos identificados em Noronha, por exemplo, não podem ser adequadamente enquadrados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Embrapa, 1999), requerendo adaptações ou inclusão de novas classes em diversos níveis categóricos, como destacaram Ribeiro et al. (2003) e Marques (2004). Sob o ponto de vista da conservação ambiental, grande parte dos solos seria endêmico (Clemente et al., 2006), conforme os preceitos de Bockheim (2005).

O histórico da maioria destas ilhas mostra como a ocupação trouxe graves impactos ambientais, destacando-se a degradação dos solos. Em algumas ilhas, como no arquipélago de Cabo Verde e Fernando de Noronha, vêm sendo realizados trabalhos de recuperação ambiental, e muitas das espécies animais e vegetais que sofreram impacto já estão fora do perigo de extinção. Por outro lado, grande número de espécies da fauna e flora já se encontram extintos.

Segundo Alves (1998) são necessários estudos de solos e um melhor detalhamento dos geoambientes para permitir um planejamento de ações visando à recuperação ambiental da ilha da Trindade, severamente destruída, possuindo imensas áreas completamente erodidas. Além da necessidade desta recuperação para a implantação de uma Unidade de Conservação.

No primeiro workshop sobre Ilhas Oceânicas Brasileiras realizado no Museu Nacional do Rio de Janeiro (2005) com o apoio do MMA, IBAMA e instituições científicas, discutiram-se vários trabalhos científicos que vêm sendo realizados nesta área. Ao longo do evento tornou-se evidente a necessidade da criação de uma unidade de conservação na ilha da Trindade para assegurar a preservação de sua biodiversidade

marinha e terrestre. Desta forma o presente trabalho propôs elaborar, por meio do SIG, mapas temáticos de geoambientes e solos, com o intuito de subsidiar a proposta de criação de uma UC, respeitando as características de potencialidades ambientais e restrições da área, permitindo efetivar um zoneamento da ilha com plano de manejo adequado. Para a elaboração de um plano de manejo para Trindade deve ser levada em conta a necessidade de manutenção da biodiversidade e recuperação das áreas mais severamente degradadas, visando a um controle mais efetivo de recuperação ambiental da ilha.

Neste contexto, os estudos pedológicos envolvendo atributos químicos, físicos, mineralógicos e micromorfológicos, fornecem importantes informações a nível local, permitindo evidenciar fenômenos geoambientais na paisagem. Assim, através dos estudos de solo são identificadas condições ambientais locais específicas, de importância para o conhecimento dos solos, em nível mais amplo (Schaefer et al., 2000).

O trabalho objetivou estudar em detalhes os principais solos de ocorrência da ilha da Trindade enfatizando suas características químicas, físicas, mineralógicas e micromorfológicas. O estudo procurou identificar os solos nos diferentes estratos ambientais, buscando o entendimento das relações pedo-geomorfológicas; com isso torna-se possível um esboço preliminar da ocorrência dos solos ao longo da expressiva variação topográfica reinante na ilha. Com base nas informações e mapas gerados, buscou-se subsidiar o plano de recuperação ambiental e fornecer um pré-zoneamento ambiental, que poderá servir de base para a criação de uma Unidade de Conservação na ilha da Trindade.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. HISTÓRICO GERAL DA OCUPAÇÃO DA ILHA DA TRINDADE**

O descobrimento de Trindade é atribuído ao navegante espanhol João da Nova. Em março de 1501, o navegante partiu de Lisboa com destino a Índia, mas o mau tempo resultou na descoberta de uma nova porção de terra que foi chamada inicialmente de ilha da Assunção. Um ano após a descoberta, o português Estevão da Gama visitou a ilha. Desconhecendo a passagem de João da Nova, Dom Estevão deu o nome de ilha da Trindade, mantido até hoje (Ribeiro, 1951). Da descoberta até os tempos atuais os eventos mais importantes na ilha, de acordo com o Comando do 1º Distrito Naval foram: (<http://www.mar.mil.br/1dn/main/poit/index.htm>)

1700 – Visita pelo astrônomo inglês Edmund Halley.

1775 – Visita pelo naturalista inglês James Cook.

1783 – Ocupada pelo português Capitão-de-Mar-e-Guerra José de Mello Brayner, que expulsou piratas ingleses e estabeleceu uma colônia com cerca de 150 pessoas. Introduziu animais e começou a retirada de madeira de Pau-Tucano, confundida com o "Pau-Brasil", por ser vermelha e duríssima. A ocupação durou 12 anos, e terminou com a desistência dos portugueses em colonizar a ilha.

1839 – Visita pelos botânicos ingleses Dalton Hooker e Sir James Ross;

1876 – Visita pelos cientistas ingleses John Murray, T. H. Tizard. H. Moseley, e M. A. Buchanan.

1882 – Passa a fazer parte do território brasileiro.

1895 – Ocupada pelos ingleses com a justificativa de estabelecerem uma estação de cabo-submarino, para ligação da Inglaterra com a Argentina.

1897 – Após a resistência via diplomática pelo Brasil da ocupação inglesa, o navio "Benjamim Constant" é deslocado para a ilha, onde coloca um marco de soberania, hoje localizado em frente à Casa da Chefia.

1900 – O geólogo Prior, examinando o material coletado pela expedição de James Ross, destacou a natureza vulcânica da ilha e sua semelhança com Fernando de Noronha.

1910 – Visita da Divisão de Cruzadores, composta pelos navios “República” e “Andrada”, que ergueu um monumento de granito, o monumento do Andrada, na praia que recebeu o mesmo nome, com o propósito de afirmação do domínio brasileiro sobre a ilha da Trindade.

1916 – Ocupada por brasileiros pela primeira vez durante a Primeira Guerra Mundial, foi desguarnecida ao término da guerra.

1924 – Ocupada por brasileiros para servir como presídio político até 1928. Nessa época foi colocada a imagem de N. S. de Lourdes na gruta que recebe o mesmo nome.

1941 – Ocupada por brasileiros durante a Segunda Guerra Mundial, ao término da qual foi novamente desguarnecida.

1950 – Visitada pela expedição "João Alberto", com a finalidade de planejar uma colonização, construir uma base aeronaval, e procurar prováveis tesouros de piratas. Dessa expedição, os geólogos Andrade Ramos e Veltheim, e o pedólogo Paul Vageler, registraram as primeiras impressões geológicas e pedológicas da ilha.

1957 – Ocupada por brasileiros da Marinha do Brasil com a criação do Posto Oceanográfico da ilha da Trindade (POIT).

1961 - Almeida estudou em detalhes a geologia da ilha.

1964 - Soares publicou uma síntese dos conhecimentos relativos à geologia e geografia da ilha.

1970 - Cordani divulgou o resultado de 36 datações pelo método K - Ar de rochas que coletou em Trindade dando apoio aos trabalhos de Almeida (1965).

1990 - Weaver realizou um estudo geoquímico de rochas das coleções do Museu Britânico.

1998 – Alves realizou a mais abrangente compilação sobre os estudos dos ecossistemas terrestres de Trindade.

2000 – Trabalhos de Almeida sobre a geologia da ilha.

De modo geral, a despeito da imensa importância estratégica que possui, e do extremo isolamento biogeográfico, Trindade permaneceu um campo aberto aos estudos ambientais. Alves destacou a carência de estudos de solos para subsidiar o programa de recuperação ambiental da ilha.

Atualmente, existe em Trindade uma unidade pertencente à Marinha do Brasil denominada POIT (Posto Oceanográfico da ilha da Trindade), que procura realizar pesquisas meteorológicas e garantir a soberania nacional.



## 2.2. ORIGEM DA ILHA DA TRINDADE

A ilha da Trindade dista 1.100 km da costa no paralelo de Vitória, situada a 20° 30'S e 29° 18'WG. O clima é do tipo tropical oceânico com temperatura média anual de 25,2 °C, sendo o mês de fevereiro o mais quente (30,2 °C) e o de agosto o mais frio (17,3 °C). De abril a outubro a ilha sofre invasão periódica de frentes frias provindas do sul. A precipitação média anual é de 923 mm, mas muito variável. Seu isolamento na superfície oceânica não deixa entrever que é parte de uma extensa cadeia vulcânica submarina orientada leste-oeste, o chamado *lineamento Vitória-Trindade*. A ilha constitui um corpo vulcânico apoiado no assoalho oceânico, a quase 5.500 m de profundidade. Outros edifícios vulcânicos ao longo do lineamento, situados entre Trindade-Martim Vaz e a costa do Espírito Santo, foram inteiramente arrasados pela erosão marinha na última glaciação, nivelados a menos de 100 m de profundidade. Hoje, constituem *guyots*, usualmente chamados bancos; Trindade por ter uma atividade vulcânica mais tardia e ter persistido por mais tempo, ainda se eleva acima da superfície oceânica (Almeida, 2000).

O Lineamento Vitória-Trindade, embora com topografia pronunciada, não mostra, em seção transversal, alternância de picos e depressões, nem variação de nível de embasamento, o que o leva a diagnosticá-lo, segundo o modelo proposto por Gorini e Bryan (1976) como zona de fratura. Logo, a Zona de Fratura de Vitória-Trindade, na área da bacia oceânica, é definida por um alinhamento determinado de montes e bancos de natureza vulcânica, onde, através de perfis sísmicos, realizados por Guazelli e Carvalho (1978), percebemos sua extensão até o flanco oeste da Cadeia Mesoatlântica (19° W). Prolongando dentro do continente, por sua vez, ocorre o arqueamento crustal do eixo Vitória-Minas, feição do embasamento que separa as Bacias mesozóicas/cenozóicas de Campos e do Espírito Santo. Estas são estruturas de direção geral leste-oeste com os corpos graníticos dispostos paralelamente a elas, levando alguns autores (Grazelli e Carvalho, 1978), a sugerirem uma extensão da zona de fratura oceânica para dentro da área emersa adjacente, ou seja, para o continente.

Assim, todas as feições no continente estariam associadas a um profundo lineamento antigo, mascarado pelas estruturas do Pré-Cambriano, na extensão do qual teriam ocorrido reativações ao longo do tempo geológico, à medida que o continente derivava a oeste.

A análise da imagem de radar apresentada pelo projeto REMAC (Figura 1) permite identificar o prolongamento da zona de fratura no continente, ilustrando que o grupo Trindade - Martin Vaz repousa sobre uma soleira que divide a Bacia Brasileira em duas partes (norte e sul), conhecida por ramo da Trindade. Este, com algumas soluções de continuidade, estabeleceria uma conexão entre a base da plataforma continental da América do Sul e a Dorsal Médio Atlântica. A cerca de 800 km a leste de Martin Vaz encontra-se uma fossa de mais de seis mil metros, sendo a maior profundidade conhecida da Bacia Brasileira (Schobbenhaus et al., 1984).

Constituindo a cumeeira de uma enorme construção vulcânica submersa, a ilha, cuja última erupção estima-se ter ocorrido por volta de aproximadamente 5 mil anos, apresenta-se nitidamente descaracterizada em relação ao seu estado original. Seus picos escarpados de quase 600 metros, como as partes visíveis de um “iceberg” rochoso representam apenas a décima parte da altura de uma gigantesca montanha submarina em forma de cone. A base de toda essa formação alcança um diâmetro de 50 quilômetros e repousa na escuridão abissal do Atlântico sobre uma espessa camada de rocha. Foram necessários milhares de anos para que todo aquele edifício submerso ficasse concluído (Almeida, 2000).

A ilha é hoje um amontoado de escombros, revelando uma sucessão temporal de edificações vulcânicas submetidas à intensa desagregação erosiva. Há enorme quantidade de lavas derramadas através de antigos canais condutores, misturando os mais diversos materiais. É provável que a última manifestação vulcânica em Trindade, ocorrida na parte oriental da ilha, formou uma cratera com mais de 200 metros de raio, elevando-se outro tanto sobre o nível do mar (Figura 2a). Com a erosão sofrida resta apenas uma pequena parte do arco daquela cratera (vulcão do Paredão), enquanto a maior parte desabou, criando com as ruínas uma plataforma acidentada de rochas pontiagudas, semi-encobertas pelo mar. A violência dos vagalhões que atingem a ilha pelo sul acabou por abrir uma enorme brecha, um túnel (Figura 2b), que transpassou o imenso paredão de lavas e cinzas da antiga cratera e formou uma pequena praia no interior da mesma. Ondas com mais de 5 metros de altura formam-se dentro do túnel e se desfazem num leque de espuma no outro lado do paredão (Almeida, 2000).

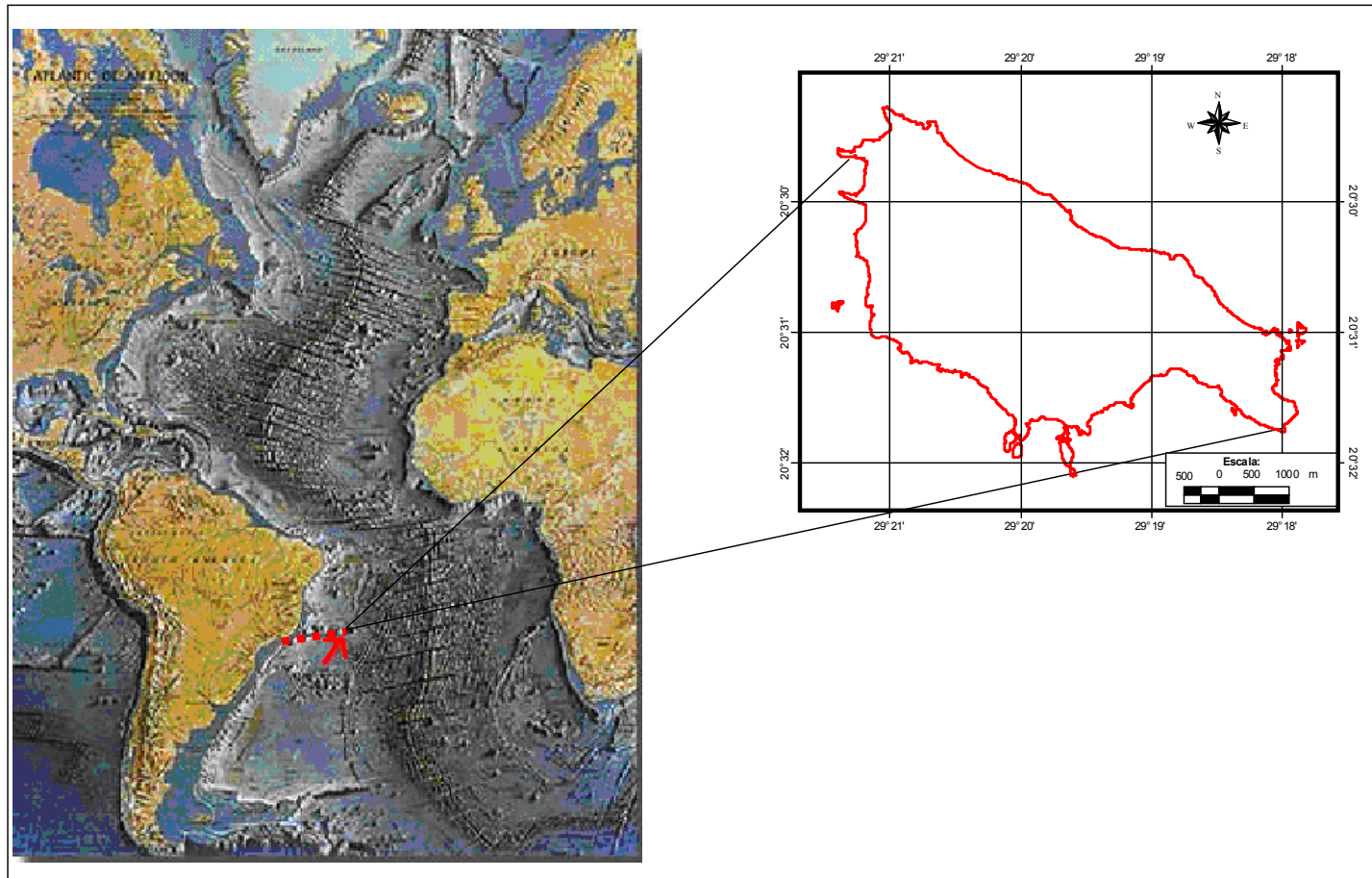


Figura 1 – Localização de Trindade na costa brasileira

Terminando a longa fase de vulcanismo, Trindade passou a receber as primeiras colonizações vegetais, que passaram a recobrir as rochas das encostas com extensos bosques tropicais. A inserção antrópica de animais exóticos à ilha, aliada à extração indiscriminada de algumas espécies vegetais pelos antigos ocupantes nos diferentes momentos de sua história, culminaram no atual estado de degradação ambiental no qual a paisagem se encontra. O relevo atual da ilha, bem diferente do maciço vulcânico original, evidencia a forte atuação dos agentes intempéricos, principalmente dos processos erosivos que se acentuaram com a retirada da cobertura vegetal. O esquema de estágios de formação das ilhas oceânicas de origem vulcânica, apresentado por Wagner et al. (1991), enquadra Trindade no quinto estágio, chamado de estágio erosional. De acordo com Alves (1998), nesta fase os vulcanismos construtivos já cessaram e há forte erosão da topografia vulcânica, formando vales profundos e platôs de acumulação de sedimentos costeiros.

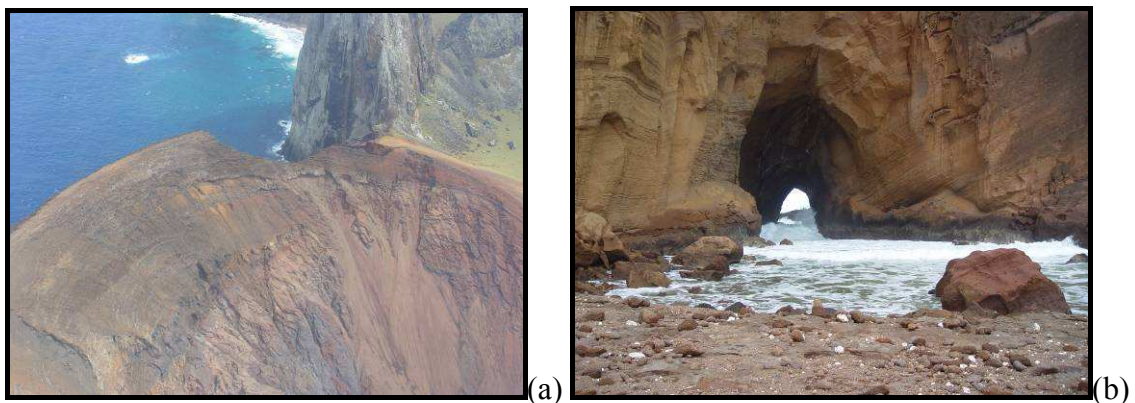


Figura 2 – Ruínas da cratera (a) e túnel (b), formados no vulcão do Paredão.

### 2.3. GEOLOGIA DA ILHA DA TRINDADE

Almeida (1961, 2000) realizou um trabalho muito completo no que se refere à geologia de Trindade, distinguindo cinco episódios vulcânicos na ilha, dos quais quatro são claramente discerníveis, porém o mais antigo é um complexo ao qual se denomina Complexo de Trindade (Vide Mapa Geológico).

Este é constituído de rochas piroclásticas e intrusivas que se expõem nas vertentes da maior parte da ilha, representando a mais antiga manifestação vulcânica visível acima do nível do mar. As rochas mais antigas do complexo acham-se visíveis

nas partes baixas da encosta da enseada da Cachoeira. São tufos lapilíticos com blocos de rocha tannbuschítica (uma variedade de olivina nefelinito constituída largamente de cristais de piroxênio com pequena quantidade de nefelina e olivina). A maior parte do complexo é formada por piroclastos variados associados ao vulcanismo fonolítico, em camadas inclinadas de até 30°. Na região ocidental da ilha o complexo alcança espessura próxima de 400 m (Almeida, 2000).

Recortam os piroclastos numerosos diques, sobretudo de nefelinito e fonólito, mas também de olivina analcítico, analcita basanita, gauteito e outros. Diques de fonólitos da região sudoeste da ilha atingem cerca de 50 m de espessura. Sobressaem no complexo 16 grandes corpos fonolíticos de contornos subcirculares a elípticos representando domos endógenos, *plugs* e *necks* com até 400 m de diâmetro no morro do Pico Branco e outros de mesma origem, como o Pico da Bandeira (Almeida, 2000).

Os pináculos fonolíticos de Trindade aparentam mais de uma origem. Uns correspondem a intrusões monolíticas cilíndricas de lava viscosa, e o Monumento é um deles. Outros são corpos laterais crescidos nos orifícios afunilados dos cones vulcânicos. Tais seriam os dos morros Vigia e Desconhecido. A idade mais antiga obtida por Cordani (1970) para rochas da ilha foi de 3,6 Ma, num dique de rocha ultrabásica em tufos da praia dos Cabritos. As grandes intrusões fonolíticas acusaram idades de 2,3 a 2,9 Ma, sendo assim bem mais recentes que as rochas vulcânicas de Fernando de Noronha (Almeida, 2000).

A Seqüência Desejado constitui-se de derrames de fonólito, nefelinito e grazinito (uma variedade de nefelinito fonolítico contendo analcima, porém não olivina) com intercalações de piroclastos de composição equivalente, alguns deles de nítida deposição subaquosa, mas não marinha. A seqüência representa uma atividade vulcânica mista, com a extrusão explosiva de lavas fonolíticas mais viscosas entremeadas com a efusão de derrames mais fluidos de grazinito e nefelinito. As idades obtidas para os derrames da Formação Desejado compreendem-se entre 1,60 e 2,63 Ma, que, a se confirmarem, não diferem essencialmente das intrusões mais novas do Complexo e a discordância entre este e a formação não seria tão importante quanto as observações de campo assinalaram (Almeida, 1961).



A Formação Morro Vermelho resulta de uma erupção explosiva com derrames de lava ankaratrítica, uma variedade melanocrática de olivina nefelinito contendo biotita. O vulcanismo manifestou-se no alto vale da região central da ilha, que foi preenchido por espessura superior a 200 m de lavas e piroclastos. As lavas escoaram para a plataforma insular do lado norte da ilha e sustentam um baixo planalto inclinado para o litoral. Os piroclastos, de estrutura muito variada, resultaram da emissão do piromagma muito fluido (Almeida, 2000).

As lavas constituem derrames sucessivos de analcita ankaratrítico, sendo vesiculadas e escoriáceas no topo e às vezes na base. Sua espessura individual variando de menos de 0,5 m a 40 m ou 50 m, como vistas no *canyon* do córrego Vermelho. Ali a espessura total da formação ultrapassa 230 m, sendo a maior parte constituída de derrames. O centro de emissão dos produtos vulcânicos localizou-se nas proximidades do Morro Vermelho onde há diques de ankaratrítico, tendo o vulcanismo se realizado quando o nível do mar se achava mais baixo que o atual, expondo a plataforma (Almeida, 2000).

A Formação Morro Vermelho, de acordo com Cordani (1970), não seria mais antiga que 170.000 anos. As lavas teriam extravasado durante uma das regressões marinhas universais que acompanharam os estádios da glaciação Würm, entre 115.000 e 11.000 anos atrás.

Na formação Valado, os depósitos do grande cone aluvial do córrego do Valado existente entre as praias dos Cabritos e dos Portugueses no litoral norte da ilha intercalam piroclastos e derrames de lava tannbuschítica provenientes de um centro emissivo situado vale acima. Nele ocorrem piroclastos constituídos de corpos discóides lembrando emplastos, filamentos de lava, bombas rotacionais e massas de lava caídas ao solo em estado ainda pastoso formando aglutinado, único visto na ilha. A erupção aparentemente se processou a partir de uma fenda situada à meia encosta, paralela à costa atual, em sítio onde existem diversos diques de tannbuschito de estrutura (Almeida, 2000).

## **2.4. GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO FÍSICO E BIÓTICO**

O geoprocessamento constitui a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informação geográfica, influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. Medeiros & Câmara (2002) mencionam que os SIGs, como ferramentas computacionais de geoprocessamento, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados, possibilitando ainda a produção de documentos cartográficos. Armazenam a geometria e os atributos dos dados georreferenciados – localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. Os dados tratados em geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados.

O Sistema de Informações Geográficas - SIG é, segundo Goodchild (1985), um sistema de informação que utiliza uma base de dados espaciais para responder questões de natureza geográfica. Cowen (1988) e Ibama (2005) corroboram, complementando que este conjunto de ferramentas computacionais encontra-se dentro de uma abordagem que dá suporte a decisões, no qual são utilizados dados georreferenciados integrados em um sistema de referência comum. Os dados espaciais utilizados em um SIG podem ser obtidos por diferentes entradas diretamente no campo, através de instrumentos como o GPS, ou indiretamente, através de produtos do sensoriamento remoto (imagens de satélite e fotografias aéreas, por exemplo). Mapas existentes em papel, que podem ter sido produzidos através dos instrumentos citados acima, são a forma mais comum no Brasil para a obtenção de dados cartográficos digitais. Esses mapas são convertidos para meio digital através do processo conhecido como "digitalização", que transforma os componentes do mapa em papel em dados digitais.

Os resultados da análise espacial devem sempre ser analisados no contexto específico dos dados originais. A escala dos mapas utilizados na composição dos arquivos digitais irá determinar a eficiência dos dados finais em representar a realidade. Porém, por mais detalhada que seja a escala, a qualidade da digitalização é fundamental para a obtenção de bons resultados (Ibama, 2005).

O SIG tem sido muito utilizado para diversas finalidades, sendo atualmente, uma ferramenta de grande importância na área ambiental para o planejamento e criação de



unidades de conservação, além de possibilitar um diagnóstico ambiental, fornecendo subsídios para a elaboração de um zoneamento ecológico e plano de manejo, sempre visando à conservação da biodiversidade e dos recursos naturais.

Associação do SIG a técnicas e produtos de sensoriamento remoto vêm sendo utilizados na realização de diversos estudos ambientais em áreas protegidas, nos quais o conhecimento da estrutura, da composição e da dinâmica dos fatores que compõem a paisagem, bem como os mapeamentos dos sistemas naturais e das atividades antrópicas, são imprescindíveis para o desenvolvimento de trabalhos de qualidade. Neste contexto, Ab'Sáber & Clarita (1998) enfatizam que a única maneira de abranger o universo da territorialidade criada por ações e atividades antrópicas reside em uma correta análise do espaço regional total, definido como o arranjo e o perfil adquiridos por uma determinada área em função da organização humana que lhe foi imposta ao longo dos tempos. Os autores mencionam ainda que a gênese do espaço envolve uma análise da estruturação espacial realizada por ações humanas sobre os atributos remanescentes da natureza e, por essa razão, há que conhecer o funcionamento dos fluxos vivos da natureza e toda a história e formas de ocupação dos espaços criados pelos homens. A importância de uma análise mais completa dos sistemas naturais e a compreensão de sua dinâmica em estudos ambientais também é enfatizada por Ross (1997), o qual menciona que as unidades de paisagens naturais se diferenciam pelo relevo, o clima, a cobertura vegetal, os tipos de solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e a litologia ou, ainda por apenas um desses componentes. Devido à interdependência desses componentes na natureza, quando há variações na litologia, por exemplo, são observadas diferenças nas formas do relevo, na tipologia dos solos e na composição florística da cobertura vegetal. A cobertura vegetal interfere no clima ou pelo menos no microclima, na composição e distribuição da fauna e de microrganismos e, assim sucessivamente para os demais componentes.

Como exemplos de aplicação de SIG, Mattos (2002) utilizou técnicas de sensoriamento remoto e de SIG para a geração, atualização, integração e análise de informações georreferenciadas sobre a APA Municipal de Campinas ou APA de Sousas e Joaquim Egídio (SP), aplicando e avaliando procedimentos e ferramentas metodológicas disponíveis de planejamento e gestão ambientais. Foram realizados o levantamento e a compilação dos dados preexistentes sobre a APA e sua complementação e atualização a partir da interpretação de produtos orbitais e suborbitais de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e fotografias aéreas,

respectivamente. Todas as informações georreferenciadas foram inseridas e tratadas numa estrutura de SIG, compondo uma base cartográfica digital na escala 1:25.000, gerando cartas e representação 3-D do relevo.

Pivello et al. (1999) desenvolveram um banco de dados em sistemas de informação geográfica para estudos de ecologia aplicada na Reserva de Cerrado Pé-de-Gigante, em Santa Rita do Passa Quatro, São Paulo. A base de dados digital foi elaborada a partir da análise de imagens do satélite LANDSAT TM, de material cartográfico pré-existente e intensivo trabalho de campo. Para elaboração da base de dados em SIG foram considerados temas como relevo, geologia e vegetação locais, além de perturbações ambientais antropogênicas localizadas. A partir da espacialização, integração e análise das informações foram gerados mapas referentes a temas como topografia, declividade, orientação de vertentes, geomorfologia, fisionomias de vegetação, principais trilhas e perturbações localizadas. Após a composição e análise dos mapas temáticos foram conferidos níveis de fragilidade ambiental à área de estudo. Os autores relatam que a base de dados gerada vem subsidiando diversos estudos na reserva tais como o ZEE e uma classificação detalhada dos solos, possibilitando a elaboração do plano de manejo da reserva.

Stellfeld (2002) desenvolveu um sistema de informações geográficas denominado SIG Veadeiros, disponibilizando informações ambientais sobre o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e do seu entorno, localizado em São Jorge, município de Alto Paraíso de Goiás, Estado de Goiás. Neste SIG, são apresentados trilhas, sítios geoturísticos e diversas informações ambientais sobre a região. O sistema utiliza ferramentas de conexão de arquivos textuais e de imagens com feições geográficas, além de ferramentas para classificação, identificação, consultas, cruzamentos e seleções destas entidades geográficas e de seus atributos contidos em tabelas.

Périco et al. (2002) utilizaram métodos de sensoriamento remoto, para identificação e delimitação de possíveis áreas de proteção ambiental em fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do rio Forqueta, no Rio Grande do Sul. A composição da base cartográfica da área de estudo foi feita a partir da digitalização das Cartas do Exército, escala 1:50.000, do uso das imagens do satélite LANDSAT TM 7, de trabalhos de campo com uso de GPS (*Global Position System*) para validação dos dados e da aplicação de métodos estatísticos de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A partir da classificação das imagens de satélite e das informações levantadas nos

trabalhos de campo, a cobertura vegetal e os recursos naturais foram caracterizados e analisados – quanto ao tamanho das áreas com vegetação nativa, o tipo de formação vegetal, a presença de nascentes e rios e os tipos de ecossistemas adjacentes – permitindo a identificação e a seleção de três áreas com potencial para a implantação de APAs dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta.

Oliveira (2002) utilizou técnicas de interpretação de imagem de satélite e de geoprocessamento para caracterização ambiental e elaboração de proposta de criação da APA de Descalvado, no Estado de São Paulo. Foi desenvolvido um banco de dados georreferenciado, a partir do levantamento de informações atualizadas sobre os aspectos físico, biótico e antrópico. A formação do banco de dados, utilizando SIG, incorporou os mapas existentes de pedologia, geologia, hidrografia e topografia, e envolveu a produção de novas cartas e mapas temáticos (mapa morfopedológico) a partir da interpretação de imagens de satélite. A integração e análise dos elementos que compõem os sistemas naturais, a espacialização da legislação ambiental incidente e a avaliação do estado de conservação das Áreas de Preservação Permanente – APP resultaram na definição dos limites da APA, na identificação de prioridades para conservação e recuperação ambiental e na proposta de ZEE da APA.

## **2.5. ZONEAMENTO AMBIENTAL**

Embora existam várias formas de promover a proteção da biodiversidade, a criação de unidades de conservação corresponde como a mais básica e efetiva para se alcançar esse objetivo. Estudos recentes sugerem que mesmo as unidades de conservação deficientes de implantação e manejo são mais efetivas na conservação do que áreas não protegidas (Machado et al., 2004).

O capítulo I, artigo 2º do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) define que para a gestão de Unidades de Conservação – UC's, faz-se necessário a elaboração do plano de manejo. Este é um documento técnico mediante o qual, com fundamentos nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem definir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (Brasil, 2000b).

O zoneamento representa um instrumento de ordenamento territorial que consiste na definição de setores ou zonas como uma das etapas para a elaboração do plano de manejo. Este tem como meta proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da UC possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz (Ibama, 2005).

Elaborar um zoneamento consiste em dividir uma área em parcelas homogêneas, com características fisiográficas e ecológicas semelhantes, nas quais se autorizam determinados usos e atividades e se interditam outros (Rocha, 1995). Existem diversos tipos de zoneamento, os quais são implantados de acordo com o uso e a finalidade a que se destinam, dentre eles: zoneamento florestal, zoneamento agroecológico, zoneamento em unidades de conservação, zoneamento climático, zoneamento ambiental (Melo, 1997).

Segundo Rocha (1997), o zoneamento ambiental faz parte de um conjunto de projetos ambientais desenvolvidos no sentido de fornecer uma orientação para o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais. Atende as unidades políticas (municípios e propriedades rurais), as unidades naturais (ecossistemas e bacias hidrográficas) e as unidades pontuais e lineares (indústrias, estradas, linhas de transporte e energia). Mata (1981) considera que o zoneamento ambiental procura ordenar o território segundo suas características bióticas e abióticas, com diferentes níveis de usos e atividades. Sua utilização é necessária para evidenciar os problemas ambientais e, sem dúvida, é uma ferramenta importante no planejamento ambiental.

Para Milano (1993), o uso do zoneamento ambiental apresenta as seguintes vantagens: a) permite que se determine limite de possíveis irreversibilidades, devido a conflitos ambientais e pontos de fragilidade biológica, antes que se tomem decisões sobre o uso de cada área, que de outra forma poderiam causar danos irreversíveis; tendo, portanto, caráter preventivo; b) permite a identificação de atividades antrópicas para cada setor da unidade ambiental e seu respectivo manejo, possibilitando a descentralização de comando e decisão; c) pelo fato da metodologia do zoneamento ambiental ser flexível, permite que se adapte a definição e manejo de uma zona, conforme necessidade.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) vem dando especial atenção à criação de unidades de conservação. Entre o início do ano de 2002 e dezembro de 2004, o Governo Federal criou aproximadamente 3,1 milhões de hectares de unidades de conservação, entre parques nacionais, estações ecológicas, reservas extrativistas e

florestas nacionais. A implementação e o efetivo manejo de unidades de conservação constituem um enorme desafio para MMA. Cerca de 5 milhões de hectares, ou 6,5% do território nacional, estão, atualmente, sob responsabilidade do Governo Federal. Esse número é significativo, ainda que bem abaixo do ideal. A curto prazo é esperado atingir uma cobertura, em unidades de conservação, próxima à recomendada pela comunidade científica. Além de criar novas áreas é essencial assegurar o manejo efetivo das unidades existentes (<http://www.mma.gov.br/>).

## **2.6. GÊNESE E GEOQUÍMICA DE SOLOS**

O solo é um componente essencial na busca pela compreensão das dinâmicas ambientais. O estudo de sua gênese em um dado ambiente é uma das melhores formas de ordenar a imensa variabilidade de paisagens naturais, estabelecendo suas ligações com diversas outras disciplinas científicas (Van Breemen e Buurman, 1998).

Por se tratar de um produto do intemperismo de rochas e seus minerais constituintes, o solo é influenciado por sua composição litológica, principalmente no que diz respeito aos seus atributos químicos e físicos. Não se pode entender a composição e características de uma determinada classe de solo sem levar em consideração seu material de origem e suas propriedades em geral, tais como menor ou maior resistência ao intemperismo, composição química, orientação estrutural, planos de fratura, entre outros (Guerra, 2001).

Existe uma conexão entre processos geoquímicos de superfície e contexto geológico local, principalmente no que diz respeito à composição mineral dos solos e intemperismo das rochas (Fonseca, 1999). A distribuição secundária de metais no solo pode ser profundamente influenciada pelos processos pedogenéticos, além da litologia, ressaltando a necessidade de se buscar entender a gênese de solos e composição da rocha em estudos de prospecção geoquímica.

O estudo da mineralogia dos solos, principalmente dos minerais secundários, é utilizado para estabelecer relações entre a pedogênese, ambiente e a geologia, sendo realizada com base na identificação de indicadores mineralógicos. A composição mineralógica da argila torna-se essencial no diagnóstico da presença dos minerais mais susceptíveis ao intemperismo, bem como da presença ou não de situações incomuns, como a existência de amorfos (Fonseca, 1999).

Além da macroestrutura do solo, as características microestruturais devem ser caracterizadas, descrevendo os arranjos microscópicos que definem elementos como porosidade, estrutura de agregados, textura, presença de materiais primários e secundários, dentre outros. A micromorfologia é, neste contexto, um instrumento a ser utilizado nas pesquisas geoquímicas e de gênese de solos.

### **2.6.1. CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA**

A ilha da Trindade é constituída basicamente de rochas vulcânicas, sendo uma série alcalina com predominância de grandes corpos fonolíticos, e outra básica, com derrames de lavas basálticas. Ocorrem também sedimentos marinhos ricos em carbonatos biogênicos, ao longo do litoral.

Feldspatos são os minerais mais comumente encontrados em rochas ígneas. Este fato indica que os feldspatos são minerais físico-quimicamente mais estáveis em cristalização de magma na condição da crosta terrestre. Quando o magma tem teor suficiente de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), os componentes  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  presentes no magma reagem prioritariamente com a sílica,  $\text{SiO}_2$ , para formar os feldspatos. Conforme o teor relativo de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) e de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) presentes no magma, a composição mineralógica da rocha ígnea varia significativamente. Esta relação química - mineralógica é denominada conceito de saturação álcali – sílica (Le Maitre, 1989).

Quando o teor da sílica no magma é suficientemente alto, após a cristalização dos feldspatos, ainda existe  $\text{SiO}_2$  no magma. Esta sílica reage com  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  e  $\text{CaO}$  para cristalizar minerais máficos, tais como olivina, ortopiroxênio e clinopiroxênio, até o esgotamento de  $\text{SiO}_2$  (Krauskopf, 1972). As rochas com esta característica química são chamadas de rochas saturadas em sílica. Tais rochas possuem olivina (forsterita e/ou fayalita), hiperstênio (enstatita e/ou ferrossilita), albita e anortita. Quando o teor da sílica é muito alto, mesmo após a cristalização dos minerais máficos, ainda existe  $\text{SiO}_2$ . Esta sílica se cristaliza como minerais cuja composição química é  $\text{SiO}_2$  puro, tais como quartzo, tridimita, cristobalita, etc. As rochas com esta característica são chamadas de rochas supersaturadas em sílica, e têm quartzo, hiperstênio, albita e anortita. Por outro lado, quando o teor da sílica no magma é muito baixo, cristaliza-se relativamente pequena quantidade dos feldspatos devido à insuficiência de  $\text{SiO}_2$ . Para compensar esta

insuficiência, uma parte do  $K_2O$  ou  $Na_2O$  é utilizada para cristalizar feldspatóides. Os feldspatóides correspondem aos minerais com composição química similares aos feldspatos, porém, com teor de  $SiO_2$  mais baixo, tais como nefelina e leucita. As rochas com esta característica geoquímica são chamadas de rochas subsaturadas em sílica, e contêm olivina (forsterita e/ou fayalita), nefelina, albita. Encontram-se, muito raramente, rochas com muito baixo teor de  $SiO_2$  em relação aos álcalis, que contem leucita ( $KAlSi_2O_6$ ) e kaliofilita ( $KAlSiO_4$ ) (Motoki, 2004).

Feldspatos são subdivididos em dois tipos: feldspato alcalino ( $KAlSi_3O_8$  -  $NaAlSi_3O_8$ ) e plagioclásio ( $NaAlSi_3O_8$  -  $CaAl_2Si_2O_8$ ). No feldspato alcalino, a proporção molecular entre álcalis ( $Na_2O$ ,  $K_2O$ ) e alumina ( $Al_2O_3$ ) é 1:1, tanto no feldspato potássico quanto em albita. Existe a mesma relação molecular em feldspatóides. A maioria das rochas ígneas possui teor de  $Al_2O_3$  suficientemente alto, isto é,  $K_2O+Na_2O < Al_2O_3$  (molecular). Portanto, após a cristalização de feldspato alcalino e/ou feldspatóides, sobra  $Al_2O_3$ . Neste caso, o feldspato alcalino inclui componente de albita do plagioclásio. A alumina que sobra é ligada com o  $CaO$  e  $SiO_2$  para formar anortita e se esgota. O cálcio que ainda permanece é utilizado para cristalizar clinopiroxênio e hornblenda (Le Maitre, 1989).

Praticamente todas as rochas pertencentes à série alcalina são quimicamente subsaturadas em sílica. As rochas altamente subsaturadas possuem nefelina, e são de pouca ocorrência no mundo. Apesar da ausência de nefelina, as rochas basálticas freqüentemente contêm titano-augita e titano-magnetita. Basaltos que contêm nefelina são denominados álcali olivina basaltos, que se encontram freqüentemente nas ilhas vulcânicas das regiões oceânicas (Motoki, 2004, Almeida, 1962).

Na análise geoquímica de álcali olivina basalto da ilha de Guadalupe (Peterman & Hedge, 1971) foram encontradas as seguintes proporções de metais:  $SiO_2$  (50,48%),  $TiO_2$  (2,25%),  $Al_2O_3$  (18,31%),  $Fe_2O_3$  (3,21%),  $FeO$  (6,03%),  $MnO$  (0,21%),  $MgO$  (4,21%),  $CaO$  (7,21%),  $Na_2O$  (4,80%),  $K_2O$  (1,93%) e  $P_2O_5$  (0,74%).

Em geral, os basaltos destacam-se pelo conteúdo de  $SiO_2$  entre 46 e 51% em peso, altos teores de álcalis (4-7%), com razão  $Na_2O/ K_2O$  alta, de  $TiO_2$  (2-4%) e  $P_2O_5$  (0,5-2%).  $CaO$  e  $FeO$  total variam entre 5-8% e 10-14%, respectivamente (Nascimento e Gorayeb, 2004).

Segundo Duddy & Kelly (1999), o zircão é um mineral encontrado nos fonolitos, nefelinitos e várias outras rochas ígneas. O mineral é de elevada resistência aos processos físicos e químicos naturais. É comum encontrar cristais remanescentes de

zircão metamórfico em rochas magmáticas O conteúdo normal de Pb em zircões varia de 2 a 30 mg/kg, sendo os valores abaixo de 1-2 mg/kg típicos de zircões de kimberlitos e de basaltos. As concentrações de Ti são geralmente inferiores a 6 mg/kg em zircões de kimberlitos e rochas máficas; entretanto, nos zircões de granitos e sienitos podem atingir 500 a 700 mg/kg (Belousova *et al.*, 2002).

Cunha et al. (1990) mostraram a composição química de fonolitos nas regiões de Barreiros e Momm (Serra da Farinha Seca), encontrando os seguintes teores de elementos maiores (%): SiO<sub>2</sub> (47,0), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (27,0) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3,50), MnO (0,18), CaO (0,90), Na<sub>2</sub>O (4,20), K<sub>2</sub>O (4,80), TiO<sub>2</sub> (0,37), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,05 ). Entre os elementos menores (mg/kg): Ba (854,0), Ce (350,0), Cu (9,0), Ga (33,0), La (103,0), Nb (389,0), Nd (74,0), Ni (16,0), Pb (72,0), Sr (560,0), Th (48,0), V (39,0), Y (35,0), Zn (189,0) e Zr (586,0).

No vulcão Nyiragongo no Congo africano, foi estudada a composição química de Leucita Nefelinito por Bell & Powell (1969) e encontrada a seguinte proporção de metais: SiO<sub>2</sub> (39,77%), TiO<sub>2</sub> (3,82%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,53%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6,02%), FeO (8,62%), MnO (0,27%), MgO (4,45%), CaO (11,88%), Na<sub>2</sub>O (4,86%), K<sub>2</sub>O (5,35%) e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (1,35%).

Motoki et al. (1987) mostra os elementos principais de um dique de Nefelina fonolito no maciço alcalino da ilha de Vitória, SP. Os elementos maiores (%) foram: SiO<sub>2</sub> (59,8), TiO<sub>2</sub> (<0,13), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (18,7), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3,0), FeO (2,35), MnO (0,20), MgO (0,56), CaO (0,9), Na<sub>2</sub>O (6,7), K<sub>2</sub>O (5,6) e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (2,24). Os elementos menores (mg/kg): Ba (135), Co (< 5), Cr (< 5), Ga (44,0), La (125,0), Nb (91,0), Ni (7,0), Sr (75,0), V (79,0), Y (48,0), e Zr (920,0).

Em ilhas oceânicas são comuns sedimentos nas areias constituídos de carbonatos biogênicos. Os clásticos marinhos podem ser compostos por areias e cascalho litoclásticos (siliciclásticos), areias calcárias (*sables calcaires*) e algas calcárias (*maerl* e *Lithothamnium*). Os grãos bioclásticos marinhos são aqueles de composição carbonática, constituídos por algas calcárias (*maerl* e *Lithothamnium*) ou por fragmentos de conchas (coquinas e areias carbonáticas) (Dias, 2000).

As coralináceas (algas coralinas) são algas vermelhas que precipitam em suas paredes celulares o carbonato de cálcio, sob a forma de cristais de calcita. Os fundos de algas vermelhas calcárias (*maerl*) resultam da acumulação de talos ramificados e livres de algas coralinas, pertencendo a gêneros e espécies diferentes dependendo das regiões de ocorrência nos oceanos. Estas algas podem se desenvolver inicialmente a partir de fragmentos de crostas oriundas da fragmentação de outras algas calcárias e constituir



ramificações (talos), que se destacam e continua seu desenvolvimento no estado livre, não fixos, formando depósitos sedimentares. Estes depósitos podem conter mistura de elementos abióticos (areia litoclástica). As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio contendo ainda mais de 20 elementos menores, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr (Dias, 2000).

Assim como em Fernando de Noronha, também a série vulcânica de Trindade caracteriza-se por ser altamente subsaturada em  $\text{SiO}_2$  e acentuadamente sódico-alcálica. O teor em  $\text{SiO}_2$  em 33 análises apresentadas por Almeida (1961) e Weaver (1990) varia entre 37,12% (analcita ankaratrito) e 52,91% (fonólito). A variação de  $\text{Na}_2\text{O}$  acusou valores entre 2,45% (basanita) e 13,00% (noseana fonólito). São as duas séries vulcânicas oceânicas mais subsaturadas em sílica e mais sódico-alcálicas do Atlântico. Trindade constitui uma das séries oceânicas mais sódicas senão a mais sódica do mundo. Tal como em Fernando de Noronha, as rochas ultrabásicas, frações mais densas dos diferenciados magmáticos, foram expelidas tardiamente, a julgar pelo que está exposto na ilha (Almeida, 2000). A composição química de algumas rochas representativas de toda a ilha estão descritas no Quadro 1 (Almeida, 1962).

**Quadro 1. Teores\* de elementos maiores em rochas da ilha da Trindade**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>SiO<sub>2</sub></b>	37,60	38,60	37,12	38,00	39,00	37,60	37,40	40,08	38,80	40,60	39,60	44,80	45,00	46,80	50,60	51,00	49,40	49,40	51,00
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2,60	2,50	3,20	2,50	3,60	2,50	3,40	2,30	3,60	3,30	3,00	1,60	1,82	2,06	0,88	0,30	0,80	0,80	0,50
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	10,75	15,09	12,22	12,99	11,86	14,41	14,29	15,67	14,53	17,03	15,25	17,76	19,90	19,00	21,30	20,20	20,32	21,16	19,41
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	7,23	5,39	5,47	5,48	6,20	7,47	7,71	6,75	5,88	4,99	6,51	5,55	4,06	4,02	2,94	2,26	3,06	3,29	2,97
<b>FeO</b>	6,61	7,83	7,18	8,33	9,55	6,75	6,25	5,17	7,97	6,03	6,75	3,81	2,61	2,43	1,39	2,58	2,51	1,58	1,58
<b>MnO</b>	0,19	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20	0,25	0,15	0,20	0,20	0,10	0,20	0,20	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
<b>MgO</b>	12,68	9,41	11,36	12,16	12,31	8,39	8,50	4,49	6,44	5,28	6,72	3,47	2,87	2,83	1,56	0,80	1,40	1,52	1,44
<b>CaO</b>	13,00	11,72	12,40	11,60	10,40	12,40	11,60	10,60	11,60	9,80	10,72	7,80	6,54	6,17	3,08	2,12	3,60	3,52	3,40
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	5,24	4,52	6,75	4,47	3,58	3,40	4,06	6,49	5,42	5,23	6,64	6,87	3,58	2,84	9,17	13,00	11,35	8,16	8,00
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1,46	1,56	0,61	2,48	1,80	1,19	0,70	1,35	0,61	0,71	0,54	3,87	6,02	6,26	7,95	5,00	5,30	2,75	5,26
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,90	0,93	1,34	0,79	0,55	1,33	1,42	1,40	1,23	0,67	1,05	0,88	0,33	0,28	0,21	0,18	0,29	0,25	0,22

\* Teores expressos em percentagem

Fonte (Almeida, 1962)

**Legenda:**

- 1 – Tambuschito. Valado
- 2 - Tambuschito. Complexo Trindade
- 3 – Analcita-ankaratrito. Praia da Calheta
- 4 – Ankaratrito. Lava do vulcão do Paredão
- 5 - Ankaratrito. Lava do vulcão do Paredão
- 6 – Olivina-nefelinito. Dique no Vale Verde
- 7 – Nefelinito. Derrame da Seqüência Desejado no planalto Axial
- 8 – Nefelinito do Complexo de Trindade. Costa norte da ilha
- 9 – Olivina-analcitito. Escarpa da costa norte da ilha
- 10 – Analcitito. Dique no planalto Axial
- 11 – Analcita-basanito. Dique no planalto Axial
- 12 – Grazinito. Alto vale do córrego Vermelho
- 13 – Kali-gauteíto. Escarpa atrás dos alojamentos
- 14 - Kali-gauteíto. Dique entre a praia dos Cabritos e a ponta da Crista do Galo
- 15 – Fonolito. Pico Pontudo
- 16- Noseana-fonolito. Dique na escarpa vizinha à praia dos Cabritos
- 17 – Fonolito do morro Desejado
- 18- Analcita-fonolito. Falda ocidental do morro Desejado
- 19 – Tinguaito. Dique entre a praia dos Cabritos e a ponta da Crista do Galo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. COLETA E DESCRIÇÃO DOS SOLOS

A ilha foi visitada no mês de agosto de 2003. Após intenso reconhecimento do local, com grandes dificuldades logísticas, foram selecionados 10 perfis para o estudo dos solos em diferentes pedoambientes, resultantes de variações litológicas, topográficas e de cobertura vegetal. Para facilitar o entendimento sobre a distribuição dos solos nos diferentes compartimentos ambientais da ilha, foram feitos diversos esquemas e bloco-diagrama para ilustrar as relações pedo-geomorfológicas encontradas. Extensas observações de campo sobre aspectos geomorfológicos e vegetacionais foram realizadas e anotadas, sendo posteriormente organizadas e plotadas em base cartográfica apropriada. Em cada pedoambiente, foi descrito e coletado um perfil de solo representativo (Quadro 2), compreendendo todos os horizontes pedogenéticos, como também amostras compostas de superfície e da vegetação para análises comparativas.

**Quadro 2. Amostragem dos perfis selecionados**

Amostras	Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)
1	1	A	0-20
2	1	C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>	20-80
3	2	A1	0-10
4	2	A2	10-25
5	2	C1	25-40
6	2	C2	40-55
7	3	A1	0-10
8	3	A2	10-25 / 40
9	3	C	40-60
10	3	CR	60-80
11	4	A <sub>1</sub>	0-10
12	4	AB	10-20
13	4	Bt <sub>1</sub>	20-50
14	4	BC	50-70
15	4	C <sub>1</sub>	70-100
16	4	C <sub>2</sub>	100-140
17	5	A <sub>1</sub>	0-10
18	5	A <sub>2</sub>	10-30
19	5	C <sub>1</sub>	30-50
20	5	C <sub>2</sub>	50-60
21	5	C <sub>3</sub>	60-70
22	6	A	0-5
23	6	Bi1	5-50
24	6	Bi2	50-120
25	7	A	3-15
26	7	Bi	15-42
27	8	C	50-80+
28	9	O <sub>2</sub>	20-35
29	9	A <sub>1</sub>	35-55
30	9	AC	55-70
31	9	C	70-110+
32	10	A	0-10
33	10	AB	10-20
34	10	B	20-45
35	10	BC	45-65

A descrição de campo foi realizada segundo o manual de descrição e coleta de solos no campo (Lemos e Santos, 1996) e as cores identificadas conforme Munsell (1994).

### **3.2. GEOPROCESSAMENTO**

Utilizou-se de GPS de navegação para a obtenção de dados altimétricos, os quais foram registrados e processados. Fotografias aéreas livres foram tiradas com uso de câmera digital para registrar algumas feições mais proeminentes da ilha, o que foi importante na escolha dos pontos de coleta de solos.

Para a realização do trabalho de mapeamento foram utilizadas ferramentas como mapas já existentes da ilha da Trindade, que serviram pra a confecção dos mapas temáticos propostos.

#### **3.2.1. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE)**

Foi utilizado o mapa geológico feito por Almeida (1965), digitalizado. Com o contorno da base geológica, sobreposto a uma amostra de imagem de satélite IKONOS de baixa resolução, obteve-se o contorno mais correto para o mapeamento pedo-geomorfológico. Após essa etapa, foram digitalizadas, por meio do programa Arc Info®, as curvas de nível utilizando como base a carta planialtimétrica (Marinha do Brasil, 1962) e verificada sua veracidade por meio dos dados altimétricos obtidos por GPS; sendo posteriormente georreferenciado no Arc Map®. A partir daí, foi feito um modelo digital de elevação (MDE) utilizando o programa ArcView®.

#### **3.2.2. MAPA DE SOLOS**

Para a confecção do mapa de solos foi utilizada a mesma base cartográfica do MDE e da descrição dos solos feitas no levantamento realizado em campo. O mapa foi feito na escala de 1:25.000 a partir do programa ArcView®. O uso do mapa de solos no diagnóstico assinala as unidades de solos com as suas características físicas, químicas e biológicas, com nomenclatura atualizada e distribuição espacial definida.

### **3.2.3. MAPA DE GEOAMBIENTES**

Elaborou-se o mapa de geoambientes levando-se em consideração o mapa de vegetação feito por Alves (1998) e pelo levantamento feito em campo, assim como por fotografias digitais de relevo e vegetação, obtidas na ocasião. A base cartográfica e os programas utilizados foram os mesmos utilizados no MDE e no mapa de solos, na mesma escala.

Por meio da cartografia acima foi proposto um zoneamento preliminar das unidades de manejo da ilha da Trindade, tendo como objetivo a criação de uma U.C. na ilha.

### **3.2.4. MAPA DE ZONEAMENTO**

O mapa de zoneamento com as devidas zonas propostas, foi realizado a partir do pré-zoneamento (item 4.4), com base em critérios estabelecidos pelo Ibama (2002) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC – Lei nº 9.985/00), levando-se em consideração os mapas temáticos acima citados. A base cartográfica e a escala foram as mesmas utilizadas nos mapas anteriores, assim como os programas usados para a confecção desse mapa.

## **3.3. ANÁLISES FÍSICAS**

As análises físicas foram realizadas em laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. A granulometria dos solos foi obtida por dispersão de 10 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/L e agitação em alta rotação, durante 15 minutos. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamização em peneiras com malhas de 0,2 mm e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte calculada por diferença. A argila dispersa em água foi obtida por dispersão de 10 g de TFSA com água e determinação do teor de argila pelo método da pipeta (Embrapa, 1997).

Para a realização do equivalente de umidade, amostras de solo foram colocadas em caixas com uma fina tela de arame numa das extremidades, adicionado papel de filtro até recobrir a tela em questão e em seguida cerca de 1 cm de espessura de solo, peneirado (2 mm). As amostras foram, logo após, saturadas por um período mínimo de

6 h e colocadas para centrifugar a 2.440 rpm, por 30 minutos. Cada amostra foi, então, transferida para um recipiente com tampa previamente tarado, com aproximação de 0,01 g (Mr). Esse conjunto pesado (Mr+solo+água) foi levado à estufa a 100-105° C, durante 48h. Foi então transferido para o dessecador até atingir a temperatura ambiente para ser novamente pesado.

### **3.4. ANÁLISES QUÍMICAS**

Assim como as análises físicas, as análises químicas foram realizadas em laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com Embrapa (1997). O pH em água foi determinado potenciométricamente na suspensão solo-solução 1:2,5, com tempo de contato mínimo de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura. Cálcio e magnésio trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol/L, pH 7,0 e dosados através do espectrofotômetro de absorção atômica. Metais pesados selecionados (Pb, Ni, Cr e Cd) e potássio, sódio, ferro, zinco, manganês e cobre trocáveis foram extraídos com solução de HCl 0,05 mol/L e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol/L (Mehlich 1), o Potássio e Sódio dosado pelo espectrofotômetro de emissão de chama, enquanto os demais pela absorção atômica. Alumínio trocável foi extraído com KCl 1 mol/L, determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/L. Acidez extraível (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol/L ajustada a pH 7,0 e determinada por titulação com NaOH 0,06 mol/L. O fósforo foi extraído com Mehlich - 1 e determinado pelo espectrofotômetro de absorção molecular (Colorimetria). O carbono orgânico foi determinado pelo método de Walkley-Black, e a matéria orgânica do solo estimada pela equação: MO = C. Org. x 1,724. Nitrogênio foi extraído pelo método de Kjeldahl por destilação a vapor e determinado por acidimetria.

### **3.5. FRACIONAMENTO DE FÓSFORO**

As frações de P em subamostras de solo foram extraídas, seqüencialmente, usando o método de Hedley modificado. Este método separa o P do solo em quatro frações inorgânicas, duas orgânicas e uma fração residual. Subamostras de 0,5 g de TFSA, em duplicata, foram pesadas em erlenmeyer de 125 mL de capacidade,

adicionando-se 30 mL da solução extratora e agitando-se durante 16 h. As frações de P inorgânico foram determinadas sequencialmente, na seguinte ordem: (1) Pi-resina, extraída com 30 mL de água deionizada e uma tira de resina (1 x 7 cm, ANION 204UZRA); (2) Pi-NaHCO<sub>3</sub>, extraída com 30 mL de NaHCO<sub>3</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>; (3) Pi-NaOH, extraída com 30 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, e (4) Pi-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, extraída com 30 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>. Após as extrações, o sobrenadante foi guardado para posterior leitura e o solo colocado na estufa para a próxima extração. Nos extratos de NaHCO<sub>3</sub> e do NaOH, ainda foi determinado o P orgânico, da seguinte forma: numa outra alíquota, foi feita uma digestão do extrato, adicionando-se 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 24 mol L<sup>-1</sup> e 0,2 g de K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> e autoclavando-se durante 1 h a 127 °C, determinando-se P inorgânico + P orgânico. O P orgânico foi calculado por diferença entre a concentração de P inorgânico + P orgânico e P inorgânico, em cada extrato. As frações orgânicas foram denominadas Po-NaHCO<sub>3</sub> e Po-NaOH. No solo remanescente, após todas as extrações, foi feita uma digestão H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, a 360 °C, determinando-se a fração P-residual. Todas as medidas de P foram feitas pelo método colorimétrico de Murphy & Riley (1962), após o ajuste do pH, usando p-nitrofenol como indicador. O P total foi calculado como a soma de todas as frações determinadas.

### **3.6. DETERMINAÇÃO DE CARBONO NA MATÉRIA ORGÂNICA**

#### **3.6.1. DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE CARBONO**

A determinação de carbono foi analisada em triplicatas. O método empregado foi o método de dicromatometria com uso de fonte externa de calor, conforme descrito por Yoemans e Bremner (1988). Os valores de carbono obtidos por este método foram denominados carbono orgânico total (COT), embora este não seja considerado um método padrão para a determinação de COT (Nelson e Sommers, 1982).



### **3.6.2. FRACIONAMENTO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CARBONO NAS FRAÇÕES**

O fracionamento das substâncias húmicas foi feito em triplicatas nas 35 amostras estudadas, segundo Mendonça e Matos (2005). Pesou-se 0,5 g de TFSA em tubos de centrífuga de 50 mL e pipetaram-se 10 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> em cada tubo. Agitou-se em agitador vertical por 1 hora a 12 rpm. Em seguida, foi colocado para descansar durante 12 horas. Centrifugou-se a 3000 g (FCR *média*) por 20 minutos e transferiu-se o sobrenadante para becker de 100 mL. Pipetou-se novamente 10 mL de NaOH em cada tubo de centrífuga e agitou-se manualmente, ficando em repouso durante 1 hora. Centrifugou-se novamente a 3000 g (FCR *média*) por 20 minutos, adicionando o sobrenadante ao anterior. Repetiu-se o procedimento. O extrato alcalino no becker contém a fração ácidos húmicos (FAH) e fúlvicos (FAF) e teve seu pH aferido para 2,0 ± 0,1 com solução H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (20%). O resíduo remanescente no tubo contém a fração húmica foi levado à estufa a 45 °C. A solução contendo as FAH e FAF, após ajustado o pH, foi transferida para outro tubo de centrífuga, ficando em repouso por 12 horas para total precipitação da fração húmica. Centrifugou-se a seguir a 3000 g (FCR *média*) por 5 minutos e o sobrenadante, que contém a FAF, foi transferido para balão de 50 mL e seu volume aferido com água destilada. No precipitado retido no tubo, FAH, foram adicionados aproximadamente 30 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, rediluído, homogeneizado e transferido para balão de 50 mL, completando-se o volume com solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. A determinação quantitativa do Carbono nos extratos das FAF e FAH e húmica foi realizada segundo método de Yoemans e Bremner (1988).

### **3.7. DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS TRAÇO EM SOLOS**

Para o fracionamento químico de metais pela extração seqüencial e ataque total, foram separadas amostras homogeneizadas da TFSA para a determinação dos elementos traços. Estas amostras foram moídas em almofariz de ágata e passadas em peneira de 0,2 mm de abertura de malha.

### **3.7.1. ANÁLISE TOTAL**

Utilizou-se desta análise apenas visando determinar os teores totais dos elementos, sem se preocupar com as diferentes formas em que eles estão ocorrendo no solo. Utilizou-se uma mistura de 0,2 g de solo, HNO<sub>3</sub> (8 mL), HCl (5 mL) e HF (5 mL) em cadinhos de teflon de 100 mL, com digestão em banho de areia em chapa aquecida a 210<sup>0</sup> C. Os extratos foram lidos em Espectrofotometria de Emissão Óptica com Plasma acoplado por Indução para a determinação dos elementos traços Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, V e Zn, além de Al, Ca e Mg. Os teores de K e Na foram determinados por meio de Fotoespectrometria de Absorção de Chama (Embrapa, 1997; Borges Junior, 2002; Albuquerque Filho, 2005).

### **3.7.2. EXTRAÇÃO SEQUENCIAL**

Esta análise visou à extração e quantificação de diferentes fases em que cada elemento se encontra no solo, utilizando-se o extrator mais adequado (mais seletivo) para cada fase. O maior problema dessa análise diz respeito à seletividade incompleta do extrator, que pode atacar fases distintas daquelas pretendidas, ou ser ineficiente para deslocar completamente a fase para a qual foi empregado (Borges Júnior, 2002; Albuquerque Filho, 2005). Na busca por melhores resultados, diversas metodologias têm sido elaboradas. No presente caso, como no trabalho de Albuquerque Filho (2005), o esquema de extração utilizado foi o proposto por Borges Júnior (2002), baseado nas metodologias já consagradas de Tessier et al. (1979) e Shuman (1985), compreendendo os seguintes passos:

**Quadro 3. Etapas da extração seqüencial de metais**

<b>Fração</b>	<b>Extração</b>
Solúvel	2,0 g de solo; 20 mL de água; 30 min de agitação
Trocável	20 mL da solução $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 1 mol $\text{L}^{-1}$ , pH 7,0; 1 h de agitação
Ligada a carbonato	20 mL da solução $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1 mol $\text{L}^{-1}$ , pH 5,0; 5 h de agitação
Ligada a óxidos amorfos de Fe, Al e Mn	20 mL da solução oxalato de amônio 0,2 mol $\text{L}^{-1}$ e ácido oxálico 0,2 mol $\text{L}^{-1}$ , pH 3,0; 2 h de agitação
Ligada a óxido de Fe cristalino	20 mL da solução $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,2 mol $\text{L}^{-1}$ e $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,2 mol $\text{L}^{-1}$ , pH 3,0, com ácido ascórbico 0,1 mol $\text{L}^{-1}$ ; banho-maria a 100 <sup>o</sup> C por 30 minutos, com agitação periódica.
Ligada à matéria orgânica	10 mL da solução $\text{NaOCl}$ 0,7 mol $\text{L}^{-1}$ , pH 8,5; banho-maria a 100 <sup>o</sup> C por 30 minutos, com agitação ocasional; com repetição do processo

A extração foi feita em tubos de centrífuga de 50 mL e, ao final de cada etapa os tubos foram centrifugados a 3000 rpm por 5 min para obtenção do extrato, e as amostras levadas para estufa de circulação forçada a 25 °C por 16 horas para a perda da umidade residual, antes de cada etapa da extração. As amostras não foram pesadas antes e após cada extração, mesmo existindo perda de material entre cada uma delas. Assim, os teores obtidos representam a extração de forma seqüencial e não a percentagem do teor total. O procedimento de determinação dos elementos em cada fração foi o mesmo dos teores totais. A utilização de  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  1 mol  $\text{L}^{-1}$  para determinação dos teores trocáveis inviabilizou a leitura do elemento Mg nesta fração e nas frações subseqüentes, sendo registrados apenas os teores solúveis em água e totais deste elemento nos solos estudados, o mesmo ocorrendo para o Na, onde foi utilizado hipoclorito de sódio na fração ligada a MO.

### **3.8. EXTRAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO E ALUMÍNIO AMORFOS E CRISTALINOS**

A extração de alumínio e óxidos de ferro amorfos foi realizada em amostras de TFSA utilizando-se apenas uma extração com oxalato de amônio  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ , pH 3,0 (McKeague & Day, 1966)

Foram pesados cerca de 0,5 g de amostra em tubos de centrífuga (peso inicial) revestidos com papel alumínio. Após a adição de 10 mL da solução de oxalato de amônio, os tubos foram agitados, em agitador horizontal, por duas horas. A suspensão foi centrifugada a 2000 rpm por 5 minutos e o sobrenadante coletado, para determinação dos teores de Al, Si, Fe e Mn.

Para a determinação dos óxidos cristalinos foram extraídos com três extrações sucessivas, em banho-maria a  $65^{\circ}\text{C}$ , sob agitação com bastão de vidro, com citrato/ditionito (Coffin, 1963). A determinação quantitativa do Al, Si, Fe e Mn foi efetuada por espectrofotometria de absorção atômica.

### **3.9. MINERALOGIA**

#### **3.9.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E SEPARAÇÃO DAS FRAÇÕES**

Inicialmente, tomaram-se 80 g de cada amostra de solo para remoção de matéria orgânica, utilizando-se hipoclorito de sódio (Jackson, 1979). Foram colocados 10 g de terra fina seca ao ar (TFSA) em tubos de centrífuga e 50 mL de hipoclorito de sódio a 5% de cloro livre, pH 4. Os tubos foram mantidos em banho-maria a  $80^{\circ}\text{C}$  por 30 min. Esta operação foi repetida três vezes, o suficiente para o término da liberação de  $\text{CO}_2$ . Após a remoção da matéria orgânica, adicionaram-se 50 mL de NaOH  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  e agitou-se por 30 minutos em agitador horizontal. O conteúdo foi passado através de peneira com malhas de 0,05 mm, retendo-se a fração areia. Para separar as frações silte e argila, tomou-se como base a velocidade de sedimentação (lei de Stocks) (Jackson, 1979). O material resultante foi recolocado em recipiente próprio, para a limpeza do silte por mais alguns dias. Devido à menor proporção de argila em algumas amostras, tomaram-se mais 80 g de TFSA e procedeu-se à remoção da matéria orgânica e separação das frações, conforme descrito.

### 3.9.2. ANÁLISE TERMODIFERENCIAL (ATD) E ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG)

Amostras das frações argila, após tratamento com Ditionito Citrato Bicarbonato (item 3.8), foram analisadas num derivatógrafo Shimadzu DTG-60, simultâneos ATD-TG Apparatus, com saída simultânea dos diagramas de ATD e ATGD, utilizando-se atmosfera de nitrogênio e taxa de características dos picos endotérmicos e exotérmicos dos minerais (ATD), de massa da amostra, em decorrência da desidroxilação do mineral (TG) (Jackson, 1979; Tan et al., 1986). A análise térmica envolve a observação de uma propriedade física de uma amostra e como essa propriedade física se modifica em resposta à mudança de temperatura (Giese, 1990).

Amostras pulverizadas foram colocadas em cadinho de alumina, com capacidade de 10 a 40 mg e pesadas no próprio analisador térmico. Para as análises padronizou-se o aquecimento das amostras a partir da temperatura ambiente até 1000°C com taxa de aquecimento de 10°C por minuto, atmosfera N<sub>2</sub> gasoso. O termograma gerado possibilitou caracterizar e quantificar as reações no estado sólido, principalmente a perda de água estrutural.

Para os argilo-minerais do grupo da Caulinita (Al<sub>4</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>8</sub>) utilizou-se a porcentagem teórica de 13,95% e para a gibbsita (Al(OH)<sub>3</sub>), o valor teórico utilizado foi de 34,62%.

A quantificação de gibbsita e caulinita foi feita empregando TG. Em seguida, a perda de massa foi obtida nesses intervalos. Os intervalos ficam, geralmente, entre 200-300°C para gibbsita e entre 400 e 600°C para caulinita.

Considerando a quantidade de água nos minerais, as relações utilizadas para a quantificação final são as seguintes:

Teor de Gibbsita = % redução em massa (200-300°C) x 1000/34,62

Teor de Caulinita = % redução em massa (400-600°C) x 1000/13,95

### **3.9.3. MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X (DRX)**

A fração argila foi analisada por DRX, para identificação dos minerais presentes. As amostras foram moídas em almofariz e montadas em placas Koch (amostras não orientadas) (Besoin, 1985) e os difratogramas foram obtidos em goniômetro vertical Philips, controlado por computador. A velocidade do goniômetro foi de  $1^{\circ}2\theta/\text{min}$ , com amplitude de 4 a  $65^{\circ}2\theta$ . O difratômetro, equipado com tubo de cobre e utilizando radiação  $\text{CuK}\alpha$ , foi operado a 25 mA e 35 kV, para todas as análises realizadas.

Foram feitos vários tratamentos para diferenciar os minerais presentes na fração argila (Whittig e Allardice, 1986): a) saturação com Mg e secagem ao ar, para diferenciar minerais do tipo 2:1 expansíveis (vermiculita e montmorilonita) dos não expansíveis (mica); b) saturação com Mg e solvatação com glicerol, para diferenciar vermiculita e esmectita; c) saturação com K e secagem ao ar, para diferenciar clorita, vermiculita e vermiculita com hidróxi entrecamadas (VHE); d) saturação com K e aquecimento a  $300^{\circ}\text{C}$ , para diferenciar clorita e VHE; e e) saturação com K e aquecimento a  $550^{\circ}\text{C}$ , para diferenciar clorita e minerais interestratificados e concentrar minerais do tipo 2:1. Após os tratamentos, as amostras foram montadas em lâminas de vidro, utilizando-se a técnica do esfregaço (amostras orientadas), e analisadas por DRX. A amplitude foi de 3 a  $15^{\circ}2\theta/\text{min}$  e a velocidade angular do goniômetro de  $1^{\circ}2\theta/\text{min}$ .

### **3.9.4. MINERALOGIA DA FRAÇÃO AREIA**

Foi realizada a separação granulométrica da fração areia (2-0,05 mm) e homogeneizada. De cada amostra, uma subamostra foi colocada sobre uma lâmina e levada ao microscópio Olympus DX-40 com máquina digital acoplada, obtendo-se fotografias com aumento de 40 vezes, com 30 fotos por amostra, totalizando 1080 fotografias, para a análise visual dos minerais existentes. O método consistiu na utilização de lentes do microscópio, objetiva de 4 e ocular de 10 vezes de aumento, sem utilizar a iluminação artificial como é normalmente utilizado para outras finalidades. A luz utilizada para as fotografias foi apenas natural. É importante que o ambiente seja claro o suficiente para que as fotos fiquem com uma boa qualidade. Utilizou-se da

análise de calcário para determinação do Ca e Mg nos carbonatos e minerais primários, além do auxílio de imã para a separação e quantificação da fração magnética, conforme Embrapa (1997).

### **3.10. MICROMORFOLOGIA**

Para a micromorfologia, coletaram-se amostras indeformadas de horizontes selecionados dos solos em recipientes próprios, impregnando-as, posteriormente, com resina Revopal T-208. Lâminas polidas (seções-finas) foram confeccionadas nas dimensões de 3 x 6 cm e analisadas em microscópio Olympus DX-40, conforme as recomendações de FitzPatrick (1993), com ênfase na microestrutura, em observações sobre feições micropedológicas, mineralógicas e na atividade biológica.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Do ponto de vista geomorfológico, o modelado atual da ilha da Trindade é fortemente controlado pela ação morfotectônica resultante do vulcanismo que formou as ilhas de Trindade e Martin Vaz nos últimos 3,6 M.A. Após o vulcanismo, houve um ciclo curto e acentuado de intemperismo sobre o maciço vulcânico original, com morfogênese bem mais intensa que a pedogênese, acelerada após a destruição da vegetação original por homens e animais que ocuparam a ilha. Sendo assim, o relevo da ilha apresenta-se bastante acidentado, onde as principais feições geomorfológicas correspondem a vales estreitos e profundos, encostas íngremes, vertentes escarpadas, picos proeminentes e praias estreitas. Platôs e terraços estáveis ocorrem em pequenas porções da ilha, concentrando nos primeiros os solos mais desenvolvidos e profundos. Os afloramentos rochosos e piroclastos dominam a paisagem, com a cobertura pedológica pouco espessa e bastante dissecada, apresentando sulcos e ravinas em quase todos os geoambientes da ilha, com canions profundos nas áreas de dissecação mais avançada. Depósitos em tálus são comuns na base das vertentes formadas pela deposição de materiais transportados da parte mais elevada. Essas feições estão relacionadas com o intemperismo severo que atua sobre as feições de maior porte, e podem ser percebidas em regiões como no Morro da Gruta e no Pico da Bandeira, concordando com as descrições de Almeida (2000).

A porção ocidental da ilha, mais escarpada, apresenta-se menos favorável à pedogênese. Contudo, esta área é mais protegida e úmida, propiciando um ambiente ideal para a floresta nebulosa de samambaias gigantes, cuja evolução levou à gênese dos organossolos mais profundos da ilha. A porção oriental, por outro lado, possui encostas mais suaves, com solos mais desenvolvidos, praias e dunas mais amplas, principalmente na direção do Morro do Paredão, onde se localiza a Praia das Tartarugas, enquanto no litoral nordeste da ilha encontram-se as praias mais estreitas onde, segundo Almeida (2000), também se desenvolvem restritos recifes de algas *Lithothamnium*. Ocorrem no total 10 praias, sendo a maioria influenciada pela erosão acentuada da ilha. A erosão acelerada ocorrente em Trindade tem sido responsável pela formação de muitas ravinas e voçorocas no entorno de toda a ilha, assim como a erosão laminar tem sido responsável pela retirada de grandes porções de massa de solo, interferindo na



estabilidade da paisagem. O resultado da grande quantidade de material de solo transportado nessas formas foi um progressivo assoreamento dos cursos d'água e um aumento significativo da dificuldade de crescimento de vegetais, o que dificulta os projetos de recuperação da ilha.

A região central da ilha, mais elevada, é constituída de derrames fonolíticos, nefeliníticos e graziníticos sub-horizontais e rochas piroclásticas associadas, pertencentes à Seqüência Desejado. Elas formam um platô alto axial de relevo irregular acima de 350 m de altitude, do qual se erguem os picos Desejado, o mais alto da ilha (620 m), São Bonifácio e Trindade, estes últimos entre 570 e 590 m de altitude respectivamente (vide Modelo Digital de Elevação), todos formados em extrusões fonolíticas. Neles têm origem os três córregos principais da ilha e diversas ravinas. As feições erosivas são decorrentes principalmente do fraco desenvolvimento do solo, em função do relevo muito acidentado, conjuntamente com a forte erosão laminar causada pela retirada da cobertura vegetal que antes existia. Abaixo desse platô, segundo Almeida (2000), existem rochas do Complexo de Trindade que chegam à linha de costa. Este complexo vulcânico, por sua vez, é formado por piroclastos e intrusões fonolíticas, além de numerosos diques de rochas variadas. Compõem os taludes rochosos íngremes e escarpas mais ou menos abruptas, das quais sobressaem como pináculos os domos, *necks*, já referenciados, *plugs* e grandes diques fonolíticos expostos pela erosão diferencial e recuo das vertentes.

Dessa forma, os solos da ilha de Trindade se correlacionam não apenas com o material de origem, mas com o geoambiente em que se inserem, sem influência de aportes vulcânicos recentes, exceto nas áreas adjacentes ao Morro Vermelho, constituído de lavas ankaratríticas que sofrem forte intemperismo eólico e pluvial, com grande aporte de sedimentos a outras áreas. O córrego Vermelho, capturado para a praia do Príncipe na costa sul, formou o mais profundo cânion da ilha.

O vulcão do Paredão, no extremo leste da ilha, representa a mais recente manifestação vulcânica, com cerca de 5 mil anos, e por ação dos agentes destrutivos vem sendo intensamente desgastado pelo mar, formando escarpas bastante abruptas, onde ainda podem-se perceber claros restos da superfície de suas vertentes originais, assim como a borda de sua cratera. As vertentes abruptas do Complexo de Trindade e dos picos fonolíticos, que delas sobressaem, têm seu sopé recoberto por cones e aventais de talude, constituídos de blocos rochosos das mais variadas dimensões, que caem das

escarpas. São comuns cones de dejeção, habitualmente secos, das torrentes que descem das escarpas, sobretudo as da costa norte, mais seca.

No Quadro 4 estão descritas as principais feições geomorfológicas encontradas na ilha da Trindade, segundo apontações de campo, e o MDE ilustra as áreas mais proeminentes da ilha.

**Quadro 4. Principais feições geomorfológicas da ilha da Trindade**

Formações Geológicas	Principais feições geomorfológicas	Imagem representativa
Complexo Trindade	Domos vulcânicos residuais nos fonolitos, cristas elípticas salientes em diques de nefelinito; campos de matacões nas saias de elevações com blocos de grandes dimensões, encostas erodidas com rochas expostas; vales estruturais.	
Sequência Desejado	Campos de blocos e cristas estruturais em superfícies pedimentadas erodidas, encostas côncavas fortemente erodidas, vales estruturais.	
Morro Vermelho	Platô estrutural erodidos de lavas e piroclastos; encostas erodidas; pequena superfície de erosão no topo de restos do aparelho vulcânico.	
Valado	Superfícies e planos inclinados de derrames de lava sob controle estrutural, patamares; encostas erodidas.	
Areias Carbonáticas	Praias, patamares marinhos com seixos cimentados com carbonatos; pequenas dunas carbonáticas.	



## 4.2. SOLOS

Foram definidas quatro classes de solos em toda a ilha e mapeadas 14 unidades com suas respectivas associações (vide mapa de Solos), sendo a ordem dos Neossolos a mais representativa. Dentre as associações, a que possui maior área na ilha são os afloramentos de rochas básicas (3,19 km<sup>2</sup>), seguido do Neossolo Litólico eutrófico fragmentário + Cambissolo Háptico Ta eutrófico (2,03 km<sup>2</sup>), como observado no Quadro 5.

**Quadro 5. Área das unidades de solos mapeadas com suas respectivas associações**

Unidades amostradas	Km <sup>2</sup>
Neossolo Regolítico eutrófico léptico + Neossolo Regolítico eutrófico típico	0,16
Nitossolo Vermelho eutrófico típico + Cambissolo Háptico Tb eutrófico	0,19
Neossolo Regolítico psamítico com substrato de dunas calcarenitos	0,28
Praias	0,40
Neossolo Litólico eutrófico chernozêmico + Neossolo Litólico eutrófico fragmentário + Cambissolo Háptico T	0,44
Cambissolo Háptico Tb eutrófico + Nitossolo Háptico eutrófico típico	0,55
Cambissolo Hístico distrófico típico com substrato de rochas alcalinas + Cambissolo Háptico Tb distrófico	0,64
Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico + Neossolo litólico eutrófico fragmentário	0,75
Organossolo Fólico fíbrico distrófico + Cambissolo Hístico distrófico típico	0,99
Neossolo Litólico eutrófico fragmentário em fase de leques aluviais e tálus	1,03
Afloramento de Rocha Alcalina (Fonolitos)	1,37
Neossolo Litólico distrófico fragmentário + Neossolo Litólico eutrófico fragmentário	1,92
Neossolo Litólico eutrófico fragmentário + Cambissolo Háptico Ta eutrófico	2,03
Afloramentos de Rocha Básica (basaltos sódicos tufo básicos)	3,19
Área total	13,92

Os Neossolos são geralmente rasos, mais novos, pouco desenvolvidos e sem horizonte B diagnóstico. Encontram-se nas partes mais baixas e secas do setor norte da ilha, onde predomina microclima semelhante ao semi-árido. São constituídos por material mineral ou orgânico, pouco espesso, com pequena expressão dos processos pedogenéticos.

Grande parte dos Neossolos da ilha são Neossolos Litólicos, que apresentam horizonte A pouco profundo sobre fragmentos de rochas e matacões, revelando características herdadas do material de origem. Apenas próximo às praias arenosas encontra-se o Neossolo Regolítico psamítico, cujo material parental possui natureza bioclástica-carbonática. Ocorrem ainda Neossolos Regolíticos eutróficos, próximos ao Pico Nossa Senhora de Lourdes, diferindo-se dos Neossolos Litólicos por apresentar o horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr de natureza arenosa-cascalhenta, apresentando fragmentos de tufo e escórias semi-intemperizadas, com bolsões de fragmentos de rocha, podendo ter horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura.

A baixa taxa de intemperismo da ilha é revelada pela grande área com afloramentos de rochas alcalinas (fonolitos) nas partes mais altas da ilha, e por rochas básicas (basaltos sódicos e tufos básicos) nas áreas mais secas a baixas altitudes, com solos rasos, apesar da natureza facilmente alterável dessas rochas.

A partir de 400 m de altitude, nas partes mais altas da ilha, (Seqüência Desejado), o clima é mais úmido e condiciona a formação de Cambissolos, que já apresentam um estágio intermediário de intemperismo, constituído por horizonte B incipiente abaixo do horizonte húmico ou hístico. No platô intermediário da ilha, em área mais estável, com solos profundos desenvolvidos de tufos e cinzas vulcânicas, o intemperismo é mais acentuado devido à topografia menos acidentada e material de origem menos resistente, encontrando-se o Cambissolo Háptico, solo com algumas características de estrutura semelhantes ao latossolo, mas com muitos minerais primários presentes.

Abaixo do platô mediano, onde ocorreu o Cambissolo Háptico, nas encostas inferiores do Morro Vermelho, na saia abaixo do Pico do Elefante, ocorrem áreas de tufos e colúvios da Formação do Morro Vermelho, associado aos Nitossolos. Representam os ambientes de maior erosão, onde a remoção da vegetação em processo mais avançado criou imensas voçorocas nos lugares em que havia canais de escoamento concentrados, com grande perda de solo. Parte do material erodido formou grandes leques aluviais de encostas nos terços inferiores do norte da ilha, mas a maior parte chegou ao mar aberto.

Nas partes superiores e aplainadas, nas maiores altitudes, encontram-se os Cambissolos Hísticos, que são aqueles que possuem um horizonte superficial hístico, constituído de restos vegetais (ramos, raízes, cáudex de Pteridófitas e folhas), parcialmente decompostos. Nas encostas voltadas ao sul e sudeste encontram-se Organossolos e Neossolos ou Cambissolos Hísticos, sob floresta nebulosa de *Cyathea delgadii*, com horizonte O com profundidades que alcançam mais de 60 cm, sobre saprolito de fonolito. Estes solos podem ser considerados endêmicos, já que possuem características típicas de Organossolos, mas ocorrem em áreas declivosas excepcionais em tal condição topográfica para essa classe de solo. Não sofrem tipicamente acumulação de água para que seja formado um horizonte superficial hístico. Neste caso, as características do material vegetal, acúmulo e pobreza de decompositores do solo nos ambientes das ilhas oceânicas, (fauna do solo restrita a raras minhocas e caranguejos), não favorecem a decomposição do material orgânico.

Todos os solos das ilhas oceânicas apresentam uma estrutura diferenciada dos solos tropicais continentais, devido à ausência de mecanismos de pedoturbação. A atividade da mesofauna tropical afeta a estrutura do solo pela ingestão seletiva de partículas minerais e orgânicas e a eliminação destas como pelotas fecais, formando agregados organominerais estáveis (Schaefer, 2001). Os processos de digestão podem modificar ainda as propriedades coloidais da matéria orgânica. Em ecossistemas tropicais, os invertebrados maiores criam galerias e câmaras afetando a porosidade do solo, criando macroporos e modificando a microporosidade (Lavelle et al., 1996). Tais efeitos se mostram praticamente ausentes em Trindade.



### 4.3. GEOAMBIENTES

A ilha da Trindade, apesar da pequena área territorial com 13,92 km<sup>2</sup>, possui uma grande diversidade de geoambientes, com solos, vegetação e microclimas variados, dependendo da sua posição topográfica. Estudos detalhados da vegetação de Trindade foram realizados por Alves (1998), contribuindo decisivamente na elaboração do mapa de geoambientes da ilha. Os diversos geoambientes são responsáveis pela abundância de espécies florestais existentes. Atualmente encontra-se bastante degradada, com espécies endêmicas já extintas e com poucos indivíduos remanescentes, dentre eles *Cyperus atlanticus*, *Bulbostylis nesiotis*, *Pityrogramma calomelanos*, *Myrsine floribunda* e *Cyathea delgadii*, sendo os mais representativos.

A flora original de Trindade é aquela anterior à chegada dos primeiros habitantes da ilha, cujos dados são escassos para se reconstituir o perfil original da vegetação. A floresta de *Cyathea delgadii*, que é dominante na face sul da ilha nos tempos atuais, pode não ter sido anteriormente, sendo tal dominância uma decorrência da seleção predatória das cabras (Alves, 1998). O oposto aconteceu com o Pau-Tucano (*Colubrina glandulosa*), totalmente predado. Com base no mapeamento da ocorrência de troncos preservados e de solos orgânicos relictuais, foi possível reconstituir a extensão da floresta ocupada pela espécie em questão. Dentre as espécies viventes, é razoável supor que algumas participaram da antiga composição florestal nos altos dos picos da ilha, como: *Banara brasiliensis*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Pisonia obtusata*, *Myrsine floribunda*, *Myrrhinium atropurpureum* e *Dodonaea viscosa*. Presume-se também que a flora herbácea era bem mais rica, e que as florestas de *Myrrhinium atropurpureum* e *Dodonaea viscosa* cobriam uma área bem maior que a atual (Alves, 1998).

A vegetação remanescente de Trindade mostra uma estreita relação com os solos da ilha (vide mapas de Geoambientes e Solos). Nas partes com clima mais seco (semi-árido) associados a solos rasos e ricos em nutrientes (Cambissolos e Neossolos Regolíticos) predominam coberturas herbáceas de ciperáceas de grande porte (*Cyperus atlanticus*), com alguns grupamentos de *Bulbostylis nesiotis* nos solos mais rasos (Neossolos Litólicos ou Regossólicos). Nos terços médios das encostas e nas partes mais baixas encontram-se *Colubrina glandulosa* jovens, levadas para a ilha no processo de revegetação. Nas dunas atuais e cordões arenosos (Neossolos Regolíticos), há



dominância de *Ipomoea pes-caprae*, gênero comum nas vegetações de restinga do Brasil, cobrindo áreas de pequena extensão da ilha.

Nos Platôs intermediários, nos quais ocorrem os solos mais profundos e desenvolvidos da ilha (Cambissolos Háplicos), é onde se localizavam grandes grupamentos de Pau-Tucano (*Colubrina glandulosa*), existindo hoje uma cobertura herbácea descontínua de *Pityrogramma austroamericana*, uma pteridófita agressiva e adaptada à condições de dessecação temporário. Populações de *Pityrogramma calomelanos* são também comuns nos fundos mais úmidos de canyons de erosão, situados abaixo do platô vulcânico com Cambissolos Háplicos.

No Platô do Desejado, parte mais elevada da ilha, o clima é bem mais úmido, com chuvas orográficas, e nele se encontram Cambissolos Hísticos, predominantemente distróficos, sobre rocha vulcânica alcalina muito alterada. Nas partes mais estáveis, se encontram remanescentes de Mata Nebular (Elfin Forest) com predomínio de *Myrsine floribunda* e *Dodonaea viscosa*, que dão um aspecto peculiar, pela presença de abundantes líquens e epífitas (*Usnea* spp.) e orquídeas epífitas. Essas espécies também são encontradas nas encostas do pico Trindade.

Nas encostas voltadas ao Sul, a partir do Pico do Desejado, encontram-se os Organossolos. Nessas encostas mais úmidas, a camada orgânica superficial é formada em condições de boa drenagem pelo intenso recobrimento dentrítico depositado na superfície do solo. A manta morta de restos orgânicos de pteridófitas não é incorporada ao solo, promovendo seu acúmulo.

Estudos realizados em ilhas oceânicas mostram que existe uma tendência geral de pobreza de mesofauna do solo na maioria delas, em função do isolamento geográfico e natureza jovem do vulcanismo. Da mesma forma que o isolamento geográfico impede que muitos macro-organismos cheguem a essas áreas e se adaptem ao ambiente insular, o mesmo se dá com microrganismos. Assim, a maioria dos solos de ilhas oceânicas, possui propriedades químicas e físicas peculiares, onde o turnover da matéria orgânica e a estruturação pedobiológica dos solos são fortemente reduzidos, afetando a vegetação local.

Os microrganismos participam da estruturação do habitat onde vivem. Nos estádios iniciais de formação do solo, carbono e nitrogênio são elementos deficientes, e espécies fotossintéticas e fixadoras de nitrogênio são importantes colonizadoras primárias de rochas. Além da agregação, estão também envolvidos no intemperismo,

através de participação em reações que liberam prótons, nutrientes inorgânicos e ácidos orgânicos (Moreira e Siqueira, 2002).

Em ilhas oceânicas a fauna do solo é bastante restrita, sendo comum à pobreza de macro e mesofauna, e reduzida microfauna. Em Trindade não foi observada a presença de cupins e formigas quanto na abertura de perfis, somente raras minhocas e abundantes baratas. Segundo Alves (1998), há presença de formigas próximo ao POIT. Os cupins são de grande importância na estruturação dos solos e pedogênese, pois se alimentam de matéria orgânica associada ao material mineral, e sua excreta condiciona uma microestruturação específica (Schaefer, 2001). As formigas e minhocas auxiliam na macroporosidade do solo, devido às galerias criadas, condicionando uma maior aeração. Além disso, a ausência de microrganismos, como bactérias diazotróficas e micorrizas, irão afetar um sistema de regulação biológico, onde todos os organismos e microrganismos do solo interagem entre si em funções específicas. A ausência ou pobreza desta fauna explica a baixa decomposição da serapilheira na floresta de Samambaias Gigantes (*Cyathea*), apesar de ser um ambiente favorável à sobrevivência e atividade de microrganismos (baixa salinidade, altas temperaturas, alta umidade, pH na faixa de 4,0 – 5,0, disponibilidade de nutrientes, entre outros).

A floresta de Samambaias Gigantes caracteriza um geoambiente único e importante na ilha, pois são espécies com características adequadas para recuperação de áreas degradadas e conservação dos solos. Seu sistema de sustentação com rizóides parece ser muito eficiente para estabilizar solos em condições de declive, formando uma manta que protege o solo e retém água. Por outro lado, tal vegetação evita a competição devido ao poder alelopático e baixa herbivoria. Contudo, existe uma grande carência de informações sobre o papel dessas plantas, e estudos foram realizados apenas com alelopatia, tanto no exterior como no Brasil, como relatado por Peres (1997). No entanto, trabalhos referentes à composição química inorgânica do material vegetal de samambaias inexistem. São espécies que se adaptam bem em ambientes variados, crescendo bem em solos pobres, e sua maior limitação é a disponibilidade de água. Um fator importante na competitividade ecológica das samambaias é que muitas delas crescem em habitats marginais, onde outras plantas não podem sobreviver, e esta estratégia auxilia a formação de solos.

Nas praias voltadas ao leste se encontram arrecifes de algas calcárias, sendo as areias constituídas de grãos calcários, subarredondados e pouco trabalhados, provenientes de fragmentos de conchas de moluscos, crustáceos, corais, foraminíferos e

algas carbonáticas. São ambientes exclusivos de Fernando de Noronha e Trindade, não ocorrendo nas praias e cordões arenosos do continente.

Nas proximidades do POIT, existe uma vegetação diferenciada do resto da ilha, devido à ocupação humana ter introduzido diversas espécies de plantas invasoras, algumas das quais foram capazes de colonizar áreas remotas no passado, dentre elas *Verbascum virgatum*, *Plantago trinitatis* e *Psilotum nudum*. A ação combinada do constante vento salgado e da pastagem por caranguejos torna quase todas as tentativas de cultivo de hortaliças inúteis. As plantas que melhor se adaptam incluem: agrião, batata doce, falso boldo, bananeiras e ervas daninhas (Alves, 1998). Indivíduos jovens de *Colubrina glandulosa* encontram-se nesse local, fruto do processo de revegetação iniciado no ano de 1992, propiciando um maior desenvolvimento e diferenciação dos Neossolos Regolíticos nessa área.



#### 4.4. PRÉ-ZONEAMENTO DA ILHA DA TRINDADE: UMA CONTRIBUIÇÃO

Com o objetivo de sugerir e estabelecer diretrizes de manejo diferenciadas para os geoambientes distintos existentes na UC Trindade-Martin Vaz, apresentou-se uma proposta de zoneamento (vide mapa de zoneamento) para a criação de um futuro Parque Nacional Marinho (PARNAM), com base em critérios estabelecidos pelo Ibama (2002) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC – Lei nº 9.985/00).

Os objetivos específicos foram: (1) Proteger os recursos naturais e histórico-culturais, permitindo a prática das atividades humanas; (2) Reservar áreas mais adequadas para os usos mais impactantes; (3) Preservar o estado natural de algumas áreas, possibilitando a pesquisa científica ou educação; (4) Garantir o uso sustentável e ordenado dos recursos ambientais do PARNAM; (5) Propiciar o ecoturismo controlado, no futuro, a médio-longo prazo.

Com base nos critérios estabelecidos, propôs-se a definição de seis zonas descritas a seguir, com detalhes apresentados no Quadro 6.

- **Zona Primitiva**

De acordo com Ibama (2002), é a zona onde ocorreu pequena ou mínima intervenção humana, contendo espécies da flora e da fauna ou fenômenos naturais de grande valor científico. Deve possuir características de transição entre a Zona Intangível e a Zona de Uso Extensivo, se existente. O objetivo principal do manejo é a preservação do ambiente natural, facultando as atividades de pesquisa científica e educação ambiental, permitidas ainda algumas formas de recreação.

Considerando que o ambiente montano na ilha, acima da cota de 500 m, nos Picos Desejado e Trindade, abrigam um mosaico de ecossistemas ricos em endemismos, variando desde bosques de *Cyathea delgadii*, escrubes de *Myrsine floribunda*, Florestas nebulares (ombrófilas) das mesmas espécies, montanas de porte baixo, tais áreas devem ser consideradas primitivas, e para este fim foram identificados pontões de fonolito, platôs e cristas onde os ecossistemas se encontram pouco alterados, sendo essenciais para o repovoamento de novas áreas, como pode ser verificado durante os sobrevôos sobre a ilha. Ocorre uma flora de líquens e algas praticamente desconhecida na ilha.

Nessas áreas isoladas foram identificados solos endêmicos (Organossolos e Cambissolos Hísticos) e uma diversidade fitofisionômica notável. As áreas mostram

fragmentos de extrema fragilidade ao pisoteio, tais como as matas nebulares e bosques de *Cyathea* e *Myrsine*, com a presença de líquens e pteridófitas diversas cobrindo o solo. Há alguns exemplares de *Pisonia obtusata*, *Banara brasiliense*, *Chiococca brachiata*, todas arbóreas. Nas encostas do pico Trindade há predominância de *P. calomelanos* na vegetação herbácea e alguns subarbustos como *Achyrocline disjuncta* e *Diodia dasycephata*.

Áreas de difícil acesso, que ofereçam riscos aos visitantes, também se encontram nessa zona, como o Pico Obelisco, Pico São Bonifácio, Pico das Graziñas, Pico Branco, Monumento e encostas que se erguem abruptamente do mar por paredões verticais, como a crista que separa o litoral NE do N.

Ainda incluem nos limites dessa zona: a praia das tartarugas, por ser o maior local de desova de tartarugas verdes gigantes, deve ser preservado, sendo a visita feita apenas em locais próprios, com trilhas criadas para este fim; as encostas do Pico do Desejado e Trindade, por possuírem coberturas de pteridófitas; as áreas de reflorestamento em estágio inicial de sucessão, onde existiam florestas de pau-tucanos nativas antes da degradação por caprinos; e o Domínio do Planalto Axial, que abriga as maiores elevações da ilha, onde originam todos os cursos d'água importantes e numerosas ravinas, que drenam as escarpadas vertentes (Picos Desejado, Trindade, Verde, São Bonifácio, Graziñas).

- ***Zona de Uso Extensivo***

É aquela constituída em sua maior parte por áreas naturais, podendo apresentar algumas alterações humanas. Caracteriza-se como uma transição entre a Zona Primitiva e a Zona de Uso Intensivo. O objetivo geral é manter um ambiente natural com mínimo impacto humano, oferecendo com restrições, acesso e facilidades ao público para fins educativos e recreativos. Como limites propostos, baseados na definição, considera-se como zona de Uso Extensivo algumas áreas de visita pública atualmente na Ilha, como o Platô do Desejado, Praia das Tartarugas, trilhas do Norte da ilha, Pico Nossa Senhora de Lourdes, Pico do Vigia, Morro Pão de Açúcar, Vulcão do Paredão, túnel do Paredão.

- ***Zona de Uso Intensivo***

É aquela constituída por áreas naturais ou alteradas pelo homem. O ambiente é mantido o mais próximo possível do natural, possuindo centro de visitantes, museus,

facilidades e serviços. Objetivo geral é facilitar a recreação intensiva e educação ambiental em harmonia com o meio. Os limites são as áreas do entorno imediato do POIT, assim incluídas nessa categoria, áreas que devem ser construídas para abrigar os visitantes, como alojamentos, refeitórios, etc. Essas instalações devem ser condizentes com o número de visitantes que será permitido por dia. Inclui todas as praias, mesmo as que não forem próprias para banho, mas que sirvam para áreas recreativas, praias dos Cabritos, Túnel, POIT e Andradas, Enseada do Príncipe e dos Portugueses.

- ***Zona Histórico Cultural***

Características e/ou eventos históricos e/ou arqueológicos e paleontológicos que se relacionam diretamente a algum sítio específico, aparecendo como relíquias físicas, tais como ruínas de construções históricas, sítios arqueológicos, sítios de depósitos de fósseis ou similares. Caso a sensibilidade desses sítios ao contato humano seja incompatível com a visitação, devem ser incluídos, preferencialmente, na zona intangível ou na zona de primitiva. Aqueles locais que possam ser visitados pelo público devem ser integrados à zona de uso extensivo e intensivo. É necessário avaliar casos em que parte dos sítios pode estar contida nas zonas mais restritas e parte possa ficar na zona de visitação, lembrando que o visitante deve ter a oportunidade de entrar em contato com testemunhos relativos aos seus antecedentes históricos, arqueológicos ou paleontológicos. Como objetivo geral, deve-se assegurar a integridade do patrimônio cultural da ilha. Os limites incluem o sítio da Gruta de Lourdes, construída em 1924, e palco de visitação religiosa de caráter local. Outros sítios podem vir a ser incorporados, como a própria sede do POIT, marco da bandeira do Brasil, Estação Meteorológica, Farol na Ponta do Valado, Caverna do Eme e os sítios de troncos fossilizados, recentemente estudados pelo Prof. R.V. Alves podem ser incluídos.

- ***Zona de Recuperação***

É aquela que contém áreas consideravelmente antropizadas. É uma zona provisória, que uma vez restaurada, será incorporada à Zona Primitiva. As espécies exóticas introduzidas deverão ser removidas e a restauração deverá ser natural ou

naturalmente induzida. O objetivo geral de manejo é deter a degradação dos recursos ou restaurar a área. Esta Zona permite uso público somente para a educação. Nos limites desta categoria, inclui-se a subida para o Pico do Desejado, onde existem processos erosivos bastante acentuados sobre os tufos. Neste local, a cobertura florestal atingia pelo menos 85% da ilha. Hoje apresenta um panorama erosivo que envolve áreas consideráveis por toda ilha. Nos arredores das ruínas do cone do vulcão do Paredão, os processos erosivos são acentuados, com muita perda de material dos tufos para o mar.

- ***Zona de Uso Especial***

É aquela que contém as áreas necessárias à administração, manutenção e serviços da Unidade de Conservação, abrangendo habitações, oficinas e outros. Estas áreas serão escolhidas e controladas de forma a não conflitarem com seu caráter natural e devem localizar-se, sempre que possível, na periferia da Unidade de Conservação. O objetivo é minimizar o impacto da implantação das estruturas ou os efeitos das obras no ambiente natural ou cultural da Unidade. Com base neste conceito, os limites incluem-se as áreas atualmente ocupadas com este fim. Para a realização das pesquisas é necessária a criação de sedes, com abrigo para pesquisadores pernovernarem durante pelo menos uma semana, para coletas mensais ou trimestrais.



## Quadro 6. Aspectos a serem contemplados no zoneamento proposto

Zonas	Objetivos Específicos	Resultados Esperados	Normas Gerais
<b>Primitiva</b>	Preservar as florestas de Samambaias Gigantes, visto que são de grande beleza natural, sendo locais de interesse à visitação; proteger os picos fonolíticos e os paredões de esportes radicais, como escaladas e montanhismo fora das trilhas; preservar amostras de qualquer tipo de vegetação, já que a ilha está em processo de revegetação, principalmente as endêmicas, e proteger a fauna própria destes ambientes. Assegurar maior proteção à drenagem da ilha; proteger significativa porção das áreas de encosta da ilha, favorecendo abrigo para a fauna local; proteger a desova de tartarugas Verdes; proteger os ecossistemas ocorrentes junto aos cursos d'água; proteger os afloramentos rochosos; proteger os ecossistemas associados a estes afloramentos; favorecer pesquisa científica em ambientes mais protegidos e propiciar visitação em caráter restrito.	Estado inalterado das florestas nebulares; afloramentos de fonolitos protegidos; ecossistemas e recursos hídricos protegidos e coleta inexistente de fauna nativa. Microbacia protegida, assegurando maior disponibilidade de água; afloramentos de rochas protegidos; visitação atendendo às restrições desta zona e fauna específica destes ambientes protegida.	A fiscalização será feita de acordo com as necessidades, visto serem áreas de mais difícil acesso; somente poderão ser autorizadas pesquisas nesta zona quando não forem possíveis de serem realizadas em outras zonas; quaisquer outras pesquisas nestes ambientes ficarão restritas àquelas necessárias para o manejo da unidade de conservação e as atividades de pesquisa e proteção permitidas não poderão comprometer a integridade dos recursos naturais. Fiscalização controlada; a pesquisa e o monitoramento ambiental serão incentivados nesta zona.
<b>Uso Extensivo</b>	Propiciar um contato mais amplo dos visitantes com os aspectos de paisagens de praias, picos e encostas; propiciar condições de maior controle do Parque, criando trilhas adequadas para constituir uma área funcional da ilha, atravessando todo o corpo principal da unidade de conservação; garantir a proteção e o uso público controlado, proporcionando oportunidades de caminhada, atravessando o Parque; ampliar as oportunidades de recreação e lazer para os visitantes; propiciando atividades de contemplação, banho e escalada com segurança; propiciar aos visitantes uma visão geral do relevo do Parque, incluindo todas as belezas naturais.	Atividades de recreação e lazer compatíveis com os objetivos do PARNAM; visitantes desfrutando com segurança das oportunidades de recreação; visitantes com compreensão sobre a complexidade e importância da preservação do meio ambiente e circulação no Parque melhor controlada.	O projeto de sinalização contemplará as áreas funcionais desta zona; os riachos terão sua vazão monitorada ao longo de sua travessia nesta zona; os visitantes serão orientados quanto à proibição de andar fora das trilhas indicadas e as trilhas desta zona serão interpretadas por folhetos e sinalização.
<b>Uso Intensivo</b>	Propiciar a recreação intensiva através de longas caminhadas, piquenique e banhos de mar; proporcionar ao visitante o acesso aos programas interpretativos dos recursos do Parque, assim como informações sobre o mesmo e outros assuntos relativos à conservação do meio ambiente e proporcionar ao visitante uma vista panorâmica de toda a ilha.	Visitação controlada; visitantes desfrutando do Parque com alto grau de satisfação e Centro de Visitantes implementado.	Esta área será intensamente fiscalizada, dado o seu caráter de uso intensivo; será dada especial atenção à rotina de coleta e destinação do lixo gerado nesta Zona.

Continuação...

...continuação

<b>Zonas</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Resultados Esperados</b>	<b>Normas Gerais</b>
<b>Histórico Cultural</b>		Os poucos monumentos culturais e históricos serão contemplados, mas mantendo sua originalidade, sem a interferência dos visitantes.	A visitação será feita mediante um instrutor do parque, que dará explicações do histórico dessas áreas e sua importância.
<b>Recuperação</b>	Recuperar os ambientes naturais das áreas degradadas, que no passado foram cobertas por <i>Colubrina glandulosa</i> ; conter os intensos processos erosivos nas áreas de tufos vulcânicos.	Espécies exóticas só as que forem propícias à revegetação mais acelerada; ambientes recuperados e técnicas de recuperação estabelecidas.	Esses trabalhos serão orientados por projeto específico.
<b>Uso Especial</b>	Facilitar o deslocamento da fiscalização na ilha; garantir o abastecimento de água para a unidade; garantir a segurança dos visitantes; propiciar maior apoio logístico às pesquisas científicas.	Unidade protegida de ocorrências de qualquer tipo de acidente; fiscalização efetivada; maior conscientização dos visitantes, quanto à educação ambiental e maior número de pesquisas científicas.	Oficinas semanais; controle e fiscalização nas dependências para visitantes e número limite de pessoas.



## **PROGRAMAS DE MANEJO DO PARNAM**

A seguir será indicado o que pode constar no mapeamento de um PARNAM para o seu plano de manejo. Primeiramente, deve ser elaborada uma base cartográfica (mapa-base) e, depois, os mapas temáticos com informações georreferenciadas e descrições dadas na seqüência. A base cartográfica de referência deve conter: rede hidrográfica (rios perenes, rios intermitentes, reservatórios), sistema viário (estradas, aceiros, estradas internas, portos, trilhas e pista de pouso), hipsometria (curvas de nível e pontos altimétricos), limites, infra-estrutura instalada, edificações, rede elétrica.

Os mapas temáticos devem conter informações relativas à vegetação, fauna, geologia, geomorfologia, solos, uso atual da terra (contendo sítios arqueológicos e históricos), suscetibilidade à erosão, impactos ambientais, ocorrência de fogo, distribuição de espécies (fauna e flora), zoneamento, potencialidades e atrativos para a visitação, entre outros.

Nem todos os mapas temáticos foram confeccionados, sendo necessário maior incentivo para a continuidade deste trabalho, pois é de grande importância para a criação da UC e um manejo efetivo.

O Plano de Manejo é um documento técnico com fundamento nos objetivos gerais de uma UC, que estabelece o zoneamento desta unidade e as normas que devem presidir o uso da UC. Os Planos de Manejo devem levar em consideração características físicas, bióticas e sócio-econômicas e também os objetivos pretendidos pela questão da conservação (Dilger et al, 1998).

A seguir foram apresentados alguns indicativos de ações e programas de manejo.

### **AÇÕES DE RECUPERAÇÃO**

Na ilha da Trindade, os maiores problemas são devidos à intensa erosão que se instalou a partir da retirada da vegetação, há alguns séculos atrás. Existem muitas áreas descobertas com voçorocas já em estágio avançado. Para contornar esses problemas, é necessário que se faça um manejo adequado dos solos, para que novas espécies possam revegetar essas áreas e com isso melhorar as características físicas do solo. Apesar dos solos da ilha não possuírem problemas de fertilidade natural, a matéria orgânica é importante e deficiente em muitos ambientes, principalmente nas áreas mais secas e originadas de tufos vulcânicos, onde os processos erosivos são mais acentuados.

Algumas práticas de conservação dos solos devem ser feitas na ilha com objetivo de recuperar os solos degradados, dentre elas se destacam:

- ***Revegetação***

Deve ser utilizada cobertura verde, que é a prática pela qual se cultivam determinadas plantas com a finalidade de incorporá-las ao solo, proporcionando melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e também promovendo o enriquecimento de elementos minerais durante a ciclagem da M.O. As plantas utilizadas neste tipo de adubação impedem o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, evitam o deslocamento ou a lixiviação de nutrientes do solo e também inibem o desenvolvimento de ervas daninhas. Para isso é necessário um estudo prévio de espécies que melhor se adaptem àquelas condições de solos rasos, pouca MO, clima semi-árido e ventos constantes. Apesar de não ser interessante a revegetação da ilha com espécies exóticas, é importante a escolha das espécies mais aptas à revegetação, que sejam de rápido crescimento, adaptadas as condições adversas para o início da recuperação. Logo, quando a vegetação começar a se instalar, espécies nativas devem ser colocadas iniciando o processo de sucessão. As espécies exóticas podem ser retiradas posteriormente, quando a vegetação já estiver instalada. Além da grande importância da revegetação para conter os processos erosivos, a cobertura verde proporciona maior infiltração de água, aumentando a reserva de água doce. A água dos córregos da ilha vem da precipitação, principalmente nos altos picos. Neste caso, os horizontes superficiais absorvem e armazenam água da precipitação, que vai aflorar gradativamente em locais relativamente mais baixos, formando as nascentes.

Outra prática a ser utilizada é o reflorestamento. Vários são os efeitos benéficos como, filtragem de sedimentos; proteção de encostas e beiras de riachos; grande profundidade e volume de raízes favorecendo a macroporosidade do solo; a diminuição do escoamento superficial da água no solo; a criação de refúgios para fauna e, ainda, sendo fonte de energia (lenha). O reflorestamento também pode ser feito em faixas, intercalando-se com culturas de rápido turnover, favorecendo o incremento de matéria orgânica ao solo.

- ***Controle do Escoamento Superficial da Água***

Nas áreas de maior perda de solo por erosão laminar, devem ser construídos terraços, transversalmente à direção do maior declive, sendo construídos basicamente para controlar a erosão e aumentar a umidade do solo. Os objetivos dos terraços são diminuir a velocidade e volume da enxurrada, diminuir as perdas de solo e sementes, aumentar o conteúdo de água no solo, uma vez que propiciam maior infiltração de água. Podem ser construídos, também, sulcos em nível, que são o uso de pequenos canais nivelados, que têm a finalidade de diminuir o escoamento superficial, aumentando a infiltração. Os cordões (de pedra ou de vegetais) são linhas niveladas de obstáculos, com a finalidade de diminuir a velocidade do escoamento superficial. O uso do patamar (de pedra ou vegetal) forma patamares, com a finalidade de reduzir a declividade e o escoamento superficial.

Para a recuperação dos ecossistemas, Alves (1998) sugere ainda as seguintes medidas: eliminação total das cabras (atualmente parecem estar extintas); controle rigoroso de plantas (inclusive frutas e verduras frescas) e animais sendo levados para a ilha; estabelecimento de colônias vegetais nos altos picos, usando plantas devidamente estudadas; plantio de mudas de várias espécies vegetais dentro das voçorocas, para controle efetivo da erosão.

## **PROTEÇÃO DOS RECURSOS DO PARQUE**

Devem ser protegidas a vegetação primitiva e a instalada nos processos de revegetação e os recursos marinhos, com pesca controlada. Deve ser proibida a caça de qualquer tipo de animal terrestre ou aves, a não ser aquelas predadoras da vegetação, como as cabras; deve ser proibido também carregar da ilha qualquer amostra, seja vegetal, animal ou mineral, a não ser para fins científicos. Deve ser feita proteção das praias, contendo os processos de erosão costeira e o meio ambiente como um todo, evitando a adição de lixo no parque e no mar.

## **PROGRAMA DE PESQUISA**

As ações de pesquisa prioritárias são:

- Estudo e monitoramento das intervenções mitigadoras nos solos e águas na ilha associados aos ambientes intangíveis.
- Estudos dos mosaicos de formações montanas de elevado endemismo e disjunção.
- Estudos hídricos e sobre recarga hídrica dos solos.
- Estudos sobre a ciclagem biogeoquímica por meio de técnicas modernas.
- Estudos sobre o potencial de aproveitamento de espécies nativas na recuperação.
- Estudos sobre a ecologia das espécies da fauna da ilha envolvendo: viabilidade do tamanho das populações, dinâmica das populações, hábitos alimentares e reprodutivos, migrações, abundância das espécies, origem das ameaças, efeitos da fragmentação de habitats, endemismos, identificação de espécies indicadoras de qualidade do ambiente. Esses estudos priorizarão as espécies raras, endêmicas, ameaçadas ou espécies chave.
- Estudos sobre a fauna do solo e entomologia.
- Estudos sobre microbiologia do solo.
- Estudo da floresta de Samambaias Gigantes, quanto à sua composição química, florística e poder alelopático.
- Estudos da fauna e flora marinha.

## **APOIO E PARCERIAS PARA A REALIZAÇÃO DE PESQUISAS NA UNIDADE**

- Devem ser contactadas universidades, centros e instituições de pesquisas para desenvolver estudos, teses e pesquisas na ilha, salientando a oportunidade ímpar de estudos de ecossistemas muito diferenciados.
- Deve-se buscar a realização de convênios e/ou termos de cooperação técnica com estas instituições.
- Deve-se procurar dar facilidades e apoio logístico aos pesquisadores.
- A divulgação poderá ser feita através da internet e em publicações das instituições de pesquisa e por estes meios divulgarem as linhas de pesquisas necessárias à Unidade.

- Os pesquisadores que estiverem desenvolvendo pesquisas de interesse da Unidade, previstas neste Plano de Manejo, terão prioridade na ocupação do alojamento do Parque.
- As pesquisas a serem desenvolvidas obedecerão à Instrução Normativa nº 109/97 do IBAMA, que trata do assunto, bem como ao disposto na Lei 9.985/2000.

## **MONITORAMENTO ECOLÓGICO**

Para o monitoramento será necessária uma equipe técnica para o bom funcionamento do parque. Essa equipe deve ser dividida em duas partições. A primeira, mais especializada, acompanharia a evolução dos processos de recuperação da vegetação, solos, fauna e água, e estaria mais ligada aos estudos científicos. A outra, seria responsável pelo ecoturismo, acompanhante nas caminhadas nas trilhas, levando os visitantes aos pontos turísticos, verificando a sinalização e os coletores de lixo, responsabilizando-se pela recreação e, juntamente com a outra equipe, realizando palestras e exposições para educação ambiental.

### **4.5. RELAÇÕES SOLOS-PAISAGEM E MORFOLOGIA**

Foram estudados dez perfis de solos na ilha, constituindo distintos pedoambientes, ao longo de uma topossequência (Figura 3). Embora predominem afloramentos rochosos, os solos encontrados na ilha são bastante representativos de sistemas pedogenéticos sobre rochas vulcânicas, sob condições de regime oceânico, isolamento geográfico e ausência de mesofauna nativa. Dentre os perfis coletados, quatro se enquadraram na ordem dos Neossolos, quatro como Cambissolos, e os dois restantes como Organossolo e Nitossolo. Não há Latossolos na ilha, mesmo nas partes mais elevadas e estáveis da paisagem. No Quadro 7 encontram-se as características morfológicas dos 10 perfis de solos.

Em todos os solos onde foi identificado um grau de erosão maior, observou-se que a vegetação, quando existente, era esparsa e de pequeno porte. Nos perfis 1, 2, 3, 4 e 5, que se encontram em menores altitudes (parte inferior da topossequência)



predominou a espécie endêmica *Cyperus atlanticus* que se caracteriza por ser rasteira, formando touceiras, sem proporcionar ao solo uma cobertura contínua efetiva. Nos perfis 8, 9 e 10, por sua vez, situados em maiores altitudes, a vegetação adquiriu maior densidade e biomassa, configurando, por exemplo, Floresta Nebular de *Myrsine floribunda*, com cobertura herbácea mista de *Pityrogramma*, *Cyperus*, *Bulbostylis* e indivíduos jovens de *Cyathea*, condicionando erosão não aparente. Tais observações evidenciam a importância que o tipo de vegetação e o regime pedoclimático exercem no controle da perda do solo em Trindade. O perfil 6, localizado na cota de 448 m, platô intermediário, situado abaixo do maior pico da ilha, o Pico Desejado (620 m), é um exemplo de uma encosta aplainada severamente erodida em decorrência da retirada da cobertura vegetal nativa, no caso de *Colubrina glandulosa*. Nela podem ser encontrados blocos e matações rochosos de fonolito nas suas bordas, devido à erosão laminar severa ocasionada pelo intenso pastoreio de cabras, hoje extintas. Relatos históricos comprovam que boa parte de Trindade foi ocupada por uma exuberante floresta, dominada pela espécie *Colubrina glandulosa*, que foi posteriormente devastada por animais exóticos que se alimentavam de vegetação, além do pisoteio que realizavam no solo, o que propiciou condições favoráveis à erosão acelerada.

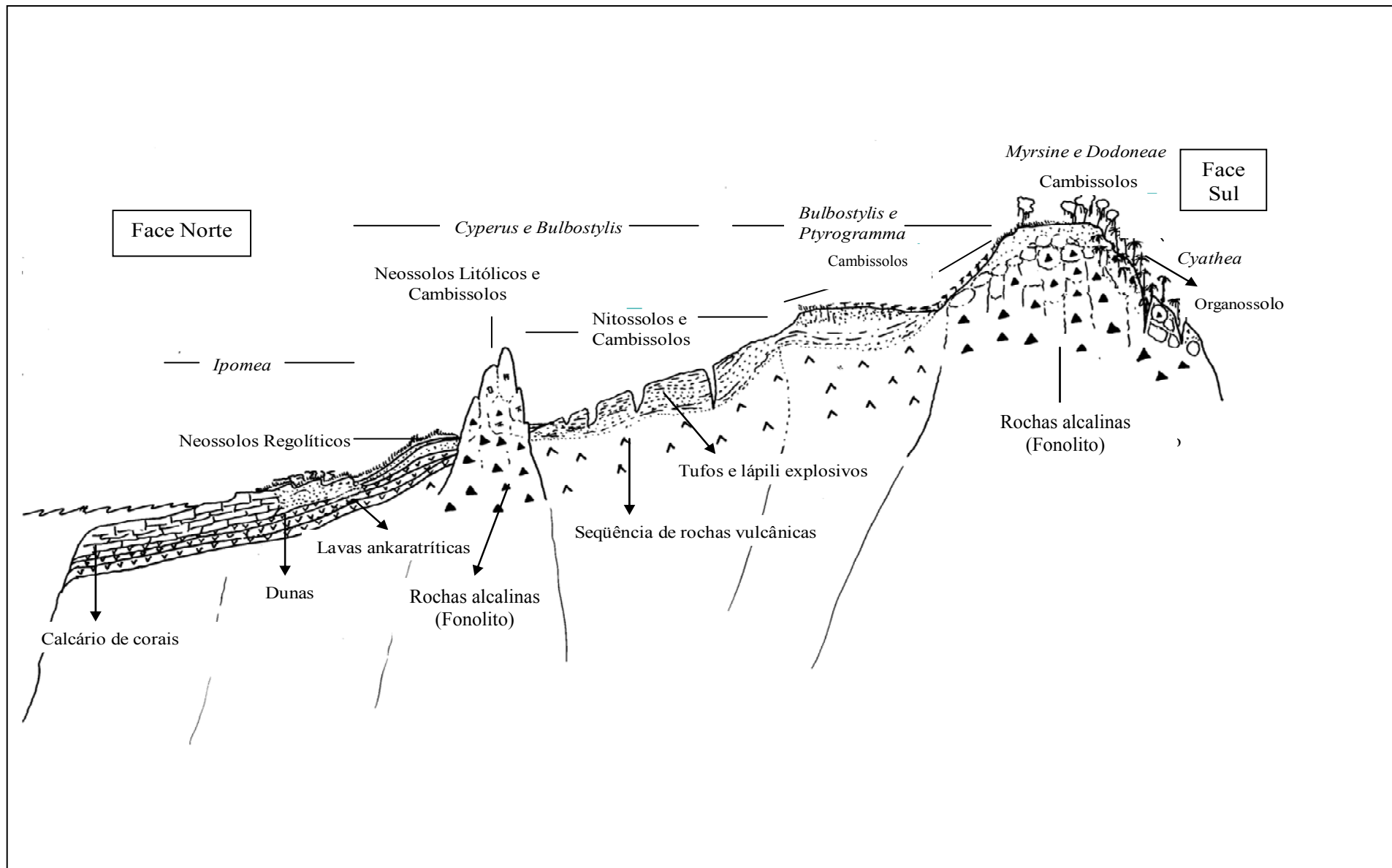


Figura 3 – Corte representando uma topossequência de pedoambientes na ilha da Trindade

**Quadro 7. Localização, características dos perfis de solos estudados e de seus respectivos ambientes**

Perfil	Localização	Alt (m)	Rochosidade	Formação geológica	Erosão
P1 - Neossolo Regolítico Psamítico	20 S; 29 W. Terço superior de Duna vegetada com <i>Cyperus atlanticus</i> , logo abaixo da crista fonolítica e tálus, em relevo ondulado.	26	Não rochoso.	Dunas quaternárias de calcários recifais, com contribuição de sedimentos de rochas vulcânicas, subordinada.	Não aparente.
P2 - Neossolo Regolítico Distrófico	2050813 S; 2931547 W. Área de relevo suave ondulado, em terço inferior de rampa pedimentada com blocos e matacões rochosos. Representa o nível mais baixo de rampas pedimentadas atrás do POIT e da Praia dos Portugueses, recoberta de <i>Cyperus atlanticus</i> e revegetação de <i>Colubrina glandulosa</i> com quatro anos, esparsa.	49	Rochoso com mais de 25% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de lava ankaratrítica e fonolitos.	Depósitos de tálus rochoso de blocos da Formação Trindade e Desejado, com sedimentos inconsolidados de pedimentação.	Em sulcos e ravinas, forte.
P3 - Neossolo Litólico Eutrófico	2051016 S; 2931368 W. Terço superior de rampa logo abaixo da saia de tálus, com vegetação de <i>Cyperus atlanticus</i> , em relevo ondulado, com blocos e matacões rochosos de fonolito do Pico da Bandeira (situado acima).	91	Rochoso com mais de 20% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de fonolitos.	Leque coluvial pedimentado da saia do Pico da Bandeira, com tipos fonolíticos.	Laminar forte e em sulcos severa.
P4 - Nitossolo Vermelho Eutrófico	2051359 S; 2931500 W. Terço inferior da borda do Morro Vermelho, na saia abaixo do Pico do Elefante com <i>Cyperus atlanticus</i> .	196	Tufos e colúvios da Formação do Morro Vermelho (lavas ankaratríticas).	Tufos e colúvios da Formação do Morro Vermelho (lavas ankaratríticas).	Em sulcos, severa, laminar forte com voçorocas de canais de escoamento concentrado.
P5 - Neossolo Regolítico Eutrófico	2051621 S; 2930960 W. Topo aplainado do platô do Príncipe, abaixo da saia de tálus do Morro da Gruta, com vegetação de <i>Cyperus atlanticus</i> , em relevo plano, com poucos blocos e matacões rochosos de lava ankaratrítica.	136	Rochoso com 5-10% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de lava.	Escórias globosas e fibrosas, horizontalmente dispostas no platô.	Laminar forte em sulcos severa.
P6 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico	2051545 S; 2932385 W. Topo aplainado do platô abaixo do Pico do Desejado, vegetação de <i>Bulbostylis nesiotis</i> e alguns <i>Cyperus</i> , em relevo plano, com blocos e matacões rochosos de fonolito nas vizinhanças da borda do platô devido à erosão laminar severa pelo pastoreio de cabras.	448	Rochoso em menos de 5% da área, blocos/matacões de fragmentos de fonolitos.	Tufos básicos em platô, com contribuições colúvias; material mais antigo e conservado da ilha, pela natureza porosa dos tufos.	Laminar forte e em sulcos severa nas bordas.
P7 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico	2051356 S; 2932317 W. Base de rampa na saia do pico do Desejado, na área coberta de <i>Pityrogramma calomelanos</i> onde foram feitas covas para <i>Colubrina glandulosa</i> ; em relevo local suave, geralmente montanhoso, com raros blocos e matacões rochosos de fonolito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa o nível elevado típico de cobertura de <i>Pityrogramma calomelanos</i> abaixo do Desejado.	478	Rochoso com 15-20% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de fonolitos.	Depósito de tálus de pedimentos da Formação Desejado, com tipos fonolíticos.	Laminar moderada, na encosta abaixo em sulcos e ravinas forte encosta abaixo.
P8 - Organossolo Fólico Fibrício	2051241 S; 2932550 W. Topo de anfiteatro ravinado com vegetação de <i>Cyathea delgadii</i> , em relevo montanhoso, em terço superior de vertente, com blocos e matacões rochosos de fonolito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa o nível elevado da Ilha, abaixo do Platô do Desejado, com <i>Myrsine floribunda</i> .	554	Rochoso com mais de 25% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de fonolitos.	Formação Desejado, com tipos fonolíticos.	Local não aparente na encosta abaixo em sulcos e ravinas forte.
P9 - Cambissolo Hístico Distrófico	2050978 S; 2932781 W. Terço superior de vertente de face sul, mais úmida, ravinada, com floresta nebulosa de <i>Cyathea delgadii</i> com comunidade de sub-bosque de <i>Peperomia glabella</i> ., em relevo montanhoso, com poucos blocos e matacões rochosos de fonolito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa o nível mais elevado e antigo de floresta de pteridófitas da ilha, abaixo do Platô do Desejado (trilha Desejado-Fazendinha).	517	Não rochoso, com alguns afloramentos em 20% da área (fragmentos de fonolitos).	Formação Desejado, com tipos fonolíticos.	Local não aparente, na encosta abaixo em sulcos e ravinas forte.
P10 - Cambissolo Háptico Ta Distrófico	2051162 S; 2932533 W. Topo do Platô do Desejado voltado à face sul, mais úmida, com vegetação de Floresta de <i>Myrsine floribunda</i> , em relevo local plano a suave ondulado, com raros blocos e matacões rochosos de fonolito aflorantes.	599	Não rochoso, com menos de 5% da área coberta de fragmento de fonolitos.	Fonolito da formação Desejado.	Não aparente.

#### 4.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Os Neossolos apresentam cores brunadas, pouco variável entre os perfis, mas com textura variando de franco-argilosa a areia-franca, dependendo da pedopaisagem em que se encontram (Quadro 8). São solos que ocupam preferencialmente as partes médias/baixas das encostas, com climas mais sazonais e condições pedoclimáticas acentuadamente secas. A vegetação predominante é de cobertura herbácea de ciperáceas endêmicas (*Cyperus atlanticus*) em todos os perfis de Neossolos. Dos quatro perfis típicos, apenas o Neossolo Regolítico psamítico não possui rochosidade elevada na pedopaisagem, com presença de blocos e matacões, já que é formado do intemperismo de dunas arenosas carbonáticas, misturadas a sedimentos de rochas vulcânicas. Este solo é muito semelhante ao perfil de Neossolo Regolítico bioclástico, descrito por Marques (2004) em Fernando de Noronha, mas possui maior contribuição relativa de minerais máficos na fração areia, provavelmente por aportes vulcânicos mais recentes em Trindade. Os perfis que mostraram maiores problemas de erosão são os que possuem maior porcentagem de silte (Quadro 8), confirmando as observações feitas em campo, o que corrobora com Resende et al. (1985) sobre a erodibilidade de solos ricos em silte, e dos solos de ilhas oceânicas em geral, onde o desenvolvimento da estrutura é sempre menor e os solos menos evoluídos. Apesar da tendência das texturas mais argilosas mostrarem maior equivalente de umidade, os resultados mostraram que esse não é o caso dos solos estudados, o que se deve ao fato do intemperismo do material de origem vulcânica possivelmente produzir muitos minerais amorfos, ou de baixa cristalinidade, que possuem grande capacidade de retenção de água, como reportado por Faria (1974) para outras ilhas vulcânicas atlânticas.

Segundo Ribeiro et al. (2003) e Marques (2004) os Neossolos Regolíticos encontrados em Fernando de Noronha, apresentam seqüência de horizontes A-C, com textura arenosa, estrutura em grãos simples e outras características morfológicas típicas de Neossolos Quartzarênicos, dos quais se diferenciam pela ausência do quartzo nas frações areia e cascalho. Estes resultados mostram a grande semelhança com o perfil P1 estudado na ilha da Trindade, diferenciando-se apenas pela maior contribuição de grãos minerais de origem vulcânica nas frações areia e cascalho, à semelhança de solos correlatos a Neossolos Regolíticos da ilha do Fogo, em Cabo Verde (Faria, 1974). Nesse caso, as dunas de Fernando de Noronha seriam desenvolvidas de sedimentos mais

maduros e erodidos que Trindade, e sobre uma plataforma carbonática de bioclásticos (corais e algas) mais ampla, e provavelmente mais antiga, que Trindade.

Os Neossolos Litólicos são solos pouco evoluídos, sendo até certo ponto atípicos, com horizonte A sobre C, e textura de franco a franco-argilosa (Quadro 8). Contém, em geral, muitos fragmentos de rochas pouco alterados, entremeados de material fino mais intemperizado, sem constituir, porém um contato lítico típico. Parte é desenvolvida de escórias e tufos enquanto a maioria é originada predominantemente do intemperismo de lavas de ankaratritos. Assim, são extremamente semelhantes aos Neossolos Litólicos de lavas basálticas das partes planas mais elevadas de Fernando de Noronha, descritos por Marques (2004).

Nos Neossolos Litólicos a camada R é, geralmente, constituída por matações arredondados de rocha basáltica, perfazendo mais de 90% do volume de sua massa, sendo o restante preenchido por material intemperizado (Cr) ou proveniente de penetrações (bolsões) do solo superficial. Esta camada R, considerada como contato lítico, permite, contudo, a penetração das raízes, e é responsável pela cobertura vegetal contínua das encostas, mesmo nos relevos mais acidentados, onde existe umidade suficiente. O regime hídrico do solo não corresponderia, assim, ao que seria suposto para um contato lítico típico.

A exemplo de Fernando de Noronha, os Neossolos Litólicos em Trindade possuem contatos líticos descontínuos, apesar da total devastação da vegetação e de sua ocorrência nas partes mais baixas. Os Neossolos Litólicos com este tipo de substrato (R) fragmentado têm um comportamento bastante diferente dos Neossolos Litólicos que transicionam para um substrato de rocha consolidada e contínua, pois permitem a penetração das raízes e a infiltração da água, proporcionando condições mais favoráveis ao desenvolvimento da vegetação. Faria (1974), em seu trabalho na ilha de Santiago (arquipélago de Cabo Verde), verificou em solos correlatos que a dominância da fração

## Quadro 8. Propriedades físicas dos solos da ilha da Trindade

Horizonte	Profundidade (cm)	< 2mm				E. Umid. (kg/kg)	Classe Textural	Cor do solo
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			
		dag/kg						
<b>Perfil 1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico</b>								
A	0-20	75	11	5	9	0,146	Areia-Franca	10YR 6/2
C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>	20-80	79	6	6	9	0,131	Areia-Franca	10YR 7/2
<b>Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico</b>								
A1	0-10	17	8	44	31	0,478	Franco -Argilosa	7,5YR 5/2
A2	10-25	14	9	46	31	0,490	Franco -Argilosa	5YR 2,5/2
C1	25-40	58	9	17	16	0,392	Franco -Arenosa	7,5YR 5/3
C2	40-55	63	7	14	16	0,330	Franco -Arenosa	10YR 6/3
<b>Perfil 3 - NEOSSOLO LITOLÍTICO Eutrófico</b>								
A1	0-10	28	7	43	22	0,208	Franco	2,5YR 5/3
A2	10-25 / 40	24	8	45	23	0,255	Franco	10YR 5/2
C	40-60	29	6	34	31	0,357	Franco -Argilosa	10YR 4/4
CR	60-80	27	8	36	29	0,373	Franco - Argilosa	10YR 4/4
<b>Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico</b>								
A <sub>1</sub>	0-10	6	4	42	48	0,336	Argila-Siltosa	2,5YR 3/2
AB	10-20	5	4	37	54	0,337	Argila	2,5YR 3/2
Bt <sub>1</sub>	20-50	4	4	32	60	0,368	Argila	2,5YR 3/3
BC	50-70	4	4	32	60	0,390	Argila	2,5YR 3/4
C <sub>1</sub>	70-100	3	2	34	61	0,387	Muito Argilosa	2,5YR 2,5/4
C <sub>2</sub>	100-140	1	2	40	57	0,396	Argilosa-Siltosa	2,5YR 2,5/3
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico</b>								
A <sub>1</sub>	0-10	31	12	39	18	0,349	Franco	10YR 4/2
A <sub>2</sub>	10-30	53	17	22	8	0,292	Franco-Arenosa	10YR 4/3
C <sub>1</sub>	30-50	77	4	11	8	0,156	Areia-Franca	10YR 3/1
C <sub>2</sub>	50-60	30	14	36	20	0,330	Franco	10YR 3/1
C <sub>3</sub>	60-70	78	6	10	6	0,153	Areia-Franca	10YR 3/1
<b>Perfil 6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>								
A	0-5	7	6	39	48	0,377	Argila	10YR 4/6
Bi1	5-50	5	6	38	51	0,434	Argila	10YR 5/8
Bi2	50-120	6	7	41	46	0,515	Argila-Siltosa	10YR 5/6
<b>Perfil 7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>								
A	3-15	10	9	45	36	0,458	Franco-Argila-Siltosa	10YR 3/4
Bi	15-42	7	7	34	52	0,386	Argila	10YR 4/4
<b>Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fibrício</b>								
C	50-80+	25	6	32	37	0,774	Franco-Argilosa	10YR 8/3
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico</b>								
O <sub>2</sub>	20-35	11	6	39	44	0,567	Argila	10YR 3/3
A <sub>1</sub>	35-55	15	3	39	43	0,592	Argila	10YR 4/2
AC	55-70	16	4	38	42	0,609	Argila	10YR 5/3
C	70-110+	17	3	34	46	0,660	Argila	10YR 7/3
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico</b>								
A	0-10	41	5	30	24	0,628	Franco	10YR 2/2
AB	10-20	19	8	37	36	0,635	Franco-Argilosa	10YR 4/3
B	20-45	21	11	29	39	0,700	Franco-Argilosa	10YR 3/4
BC	45-65	25	7	25	43	0,592	Argila	7,5YR 4/4

areia confere uma grande susceptibilidade à erosão, quando ocorrem em áreas declivosas.

O Neossolo Regolítico psamítico é formado de dunas quaternárias de carbonatos com textura arenosa e cores cinzentas quando secas. Solos semelhantes foram encontrados em Fernando de Noronha (Ribeiro et al., 2003), onde são provenientes da decomposição de arenitos carbonáticos da formação Caracas, ou de sedimentos arenosos marinhos, transportados pelos ventos alísios, sendo assim semelhantes em termos de pedogênese e composição. Apresenta seqüência de horizontes A sobre C,

com textura arenosa, estrutura em grãos simples. Estas frações, ao longo de todo o perfil, são constituídas por grãos carbonáticos de origem biogênica, subarredondados e pouco trabalhados, provenientes de fragmentos de conchas de moluscos, crustáceos, corais, foraminíferos e algas carbonáticas (de 80-87 dag/kg).

A classe dos Cambissolos também apresenta cores brunadas, textura média a argilosa, com teores de argila de 24 a 52 dag/kg (Quadro 8). São derivados de rochas alcalinas, principalmente, sendo solos medianamente profundos, com rochividade variável, tendo o perfil P7 de 15 a 20 dag/kg de área coberta com blocos e matacões. Estão relacionados com posições geomórficas de terço médio a superior das encostas, em áreas declivosas.

Os perfis P10 e P7 foram classificados como Cambissolos Háplicos Ta e Tb distróficos, respectivamente, diferenciando-se do P9, um Cambissolo Hístico distrófico, pela profundidade do perfil e por este apresentar um horizonte O seguido pelo horizonte A profundo. São formados por materiais hísticos ou até turfosos, responsáveis pela formação do horizonte O, atípico para o relevo. Possui cores mais escuras devido à grande quantidade de matéria orgânica que influi na alta retenção de água, o que ocorre em menor proporção também nos outros dois perfis. Não encontram qualquer semelhança com Cambissolos de Fernando de Noronha, pois ocorrem em posições altimétricas e climáticas que não existem naquela ilha. São eles solos exclusivamente endêmicos à Trindade.

Segundo Marques (2004), o Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico de Fernando de Noronha está relacionado com as posições mais altas da ilha, ocorrendo no terço inferior das encostas dos morros fonolíticos, em altitudes em torno de 80 a 100 m e relevo ondulado. São os solos mais profundos e intemperizados da ilha, podendo ser pedregosos ao longo do perfil, principalmente nos horizontes superficiais. Possuem textura média, com teores de argila entre 24 e 37 dag/kg.

O perfil 6, Cambissolo Háplico, com certa morfologia de Latossolo, possui cores brunadas e se encontra num relevo local mais plano, localizado a maiores altitudes (450 m). É bastante profundo e poroso, sendo encontrado o horizonte B até 120 cm. Há presença de muitas locas de caranguejos, mas a atividade biológica aparente atual é reduzida. Mostra-se muito friável e leve na base (80-140 cm), aparentando material alofânico (caráter ândico). Neste solo praticamente não há fragmentos de rochas, alguns minerais primários em evidência, e raros grãos minerais > 2 mm.

Os Latossolos, Andossolos e Cambissolos latossólicos são desenvolvidos em condições climáticas mais úmidas, que não ocorre na maioria das ilhas oceânicas atlânticas, de origem vulcânica, que apresentam climas com tendência mais seca/semi-árida. Podem ser encontrados, contudo, nas áreas mais elevadas, onde a umidade orográfica é superior à das partes mais baixas, como é o caso de Trindade. Além das condições climáticas, o material de origem no qual se desenvolvem estes solos, de uma forma geral, são materiais de escórias (pomíticos) ou tufos que constituem materiais muito porosos, fragmentados e com uma elevada superfície específica, além de ricos em ferro e de fácil e intenso intemperismo (Faria, 1974).

Nunes (1962) também encontrou alguns solos correlatos a “Latossolos” na ilha de São Nicolau, em Cabo Verde, sendo um deles comparável ao perfil descrito em Trindade, e outro menos profundo e com textura franco-argilosa no horizonte A. Faria (1974) comenta que os solos semelhantes a “Latossolos” da ilha de Santiago ocorrem nas zonas mais úmidas, sendo mais ácidos, mais ricos em ferro livre, e que os minerais de argila são constituídos por caulinita e hematita, à semelhança dos solos encontrados em áreas continentais.

No Organossolo sob floresta de pteridófito (*Cyathea sp.*) só foi possível fazer a análise física no horizonte C, devido ao material dos horizontes O e A ser muito fibroso, com grande predominância de material vegetal inalterado. O horizonte O é muito profundo chegando a 50 cm, em contato com o saprolito pouco alterado de fonolito ou andesito sódico, fraturados e penetrados por materiais fibricos, preenchendo fraturas e entremeando blocos menos intemperizados. Como a mesofauna do solo é praticamente nula, não há mistura visível do material fibroso acumulado ao saprolito, originando um Organossolo em condições atípicas de relevo montanhoso e bem drenado. Os Organossolos sob *Cyathea sp.* só ocorrem na vertente sul da ilha, por ser mais fria e úmida, apesar de menos declivosa.

Em Cabo Verde, segundo Faria (1974), “Organossolos” apresentam horizonte A mais espesso e elevado teor de matéria orgânica, que se traduz numa estrutura favorável nos horizontes superficiais. Desenvolvem-se a partir de materiais pomíticos que se apresentam com grau de intemperismo mais ou menos avançado. Apresentam espessuras efetivas que oscilam de 0,60 a 1,00 m e distribuem-se em topografias plana ou ligeiramente inclinada e raramente com acentuados declives. São solos de textura franco-arenosa nas camadas superficiais, passando a franco-siltosa com profundidade. Na descrição dos solos da ilha do Fogo, Faria (1974) reporta que o teor de água retido



pelos materiais amorfos do tipo alofana é considerável, devido à elevada microporosidade, por serem dotados de grande superfície específica. Além desta característica física dos materiais alofânicos, a absorção de água é acrescida ainda pelo fato da presença de grande quantidade de hidroxilas à sua superfície, resultando daí uma grande facilidade de hidratação.

No setor topográfico médio da ilha, o perfil classificado como Nitossolo apresentou cores avermelhadas escuras e textura mais argilosa, com estrutura em blocos forte. Trata-se de um solo profundo e com presença de fragmentos de rochas e matacões, pouca atividade biológica além dos abundantes canais de caranguejos. Sua ocorrência se destaca na paisagem de solos decapitados e intensamente erodidos, cobertos por espécie de Malvaceae, mas cuja vegetação predominante nos solos mais preservados é de *Cyperus atlanticus*. São os solos mais degradados da ilha, com erosão em sulcos severa, com voçorocas desenvolvidas ao longo de canais de escoamento concentrados. Faria (1974) descreveu um perfil correlato ao Nitossolo aqui descrito, na ilha do Fogo (Cabo Verde), sendo um solo também profundo, mas com cores pouco mais claras e textura franco-argilo-siltosa ou argilosa. Nunes (1962) descreveu três perfis muito semelhantes na ilha de São Nicolau (Cabo Verde), onde apresentaram cores mais claras com profundidade e textura semelhante.

#### **4.7. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA**

Os solos da ilha da Trindade apresentam uma estreita relação com as características químicas das rochas que compõem a paisagem, em função da juvenilidade da área e dos processos erosivos, que são favorecidos pelo relevo íngreme, pela pouca profundidade dos solos e ausência de uma cobertura vegetal mais densa. Dessa forma, os solos apresentam, de maneira geral, altos teores de nutrientes em relação aos valores de referência para áreas tropicais (Alvarez et al., 1999), com destaque para o P, cujos teores são médios a altos para os solos mais arenosos, e muito altos para os solos de textura média a argilosa. A ausência de uma relação direta entre os teores de P e o teor de MO dos solos estudados indica uma origem predominantemente inorgânica deste nutriente.

Apesar da ocorrência de diferentes materiais de origem, variando desde tipos básicos até alcalinos (tufos, basaltos, andesitos, fonolitos, entre outros), resultantes de

diferentes fases eruptivas ocorridas na ilha, as concentrações de macro e micronutrientes variam, principalmente, em função da localização do solo na paisagem, já que existe mistura destes materiais no perfil de alteração. A localização na paisagem influencia também o maior grau de desenvolvimento dos solos, que são mais lixiviados nas porções mais estáveis e elevadas da ilha, que apresentam maior umidade. Apesar da pequena extensão de Trindade, a sucessão de derrames e explosões, em diferentes épocas, ocasionou na ilha uma sobreposição de materiais, gerando certa dificuldade na interpretação dos resultados químicos.

Os solos apresentam pH predominantemente neutro a alcalino ou ligeiramente ácido, que se mantém pouco alterado ao longo do perfil (Quadro 9). Os solos mais ácidos (P8 e P9) estão localizados em áreas de fonolitos com pouca influência de sedimentos basálticos, enquanto os mais básicos, Neossolos e Nitossolo, têm grande influência de lavas ankaratríticas e tufos básicos. O pH mais ácido nos Cambissolos é devido a maior perda de bases naquele sistema, gerando maior acidez.

Todos os solos apresentam teores de Fe e Mn disponíveis muito elevados, com teores altos também para os demais microelementos, além de metais pesados com destaque para o Pb, cuja origem pode estar relacionada a minerais potássicos, pela substituição do K pelo Pb em função das semelhanças dos dois elementos, ou a uma possível fonte antrópica, ressaltada pela concentração em superfície observada em alguns perfis (Quadro 9).

Na porção mais baixa da paisagem, na face norte e mais seca, encontram-se solos pouco desenvolvidos classificados como Neossolos (P1, P2 e P3). Destes, o perfil 1, localizado no terço superior de duna, apresentou valores mais baixos em nutrientes, apesar de eutrófico, o que é explicado pelo material de origem, formado de areias carbonáticas com pouca contribuição de sedimentos arenosos de rochas vulcânicas subordinadas. Os demais solos apresentam valores considerados extremamente altos para macronutrientes, especialmente em Neossolos desenvolvidos de lavas ankaratríticas mais ricas em nutrientes, influenciando os solos pouco desenvolvidos *in situ*. Contribui para este fato o clima mais seco da vertente norte da ilha, que retarda os processos químicos de intemperismo. Em cota aproximadamente 100 m mais elevada que P1, encontra-se outro Neossolo (P5), apresentando características distintas dos demais, experimentando uma condição menos sazonal, e formado da decomposição de lavas e escórias. Todos os nutrientes são considerados muito altos em relação aos valores de referência, em especial o K, o Ca e o Mg. Os teores dos metais pesados

analisados são considerados baixos para todos os perfis desta classe e o pH na faixa de neutro reduz o alumínio trocável.

Ribeiro et al. (2003) e Marques (2004) encontraram resultados semelhantes em Neossolo Litólico no Arquipélago de Fernando de Noronha, onde apresentaram elevados valores de CTC e saturação por bases, com predominância de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis no complexo de troca, associados a altos teores de CO, da ordem de 3,46 dag/kg e níveis de P disponível entre 1654 e 2434 mg/dm<sup>3</sup>. Em Trindade, os valores de P (disponível e associado a apatitas) são também elevados, alcançando 660 mg/dm<sup>3</sup> nos Neossolos.

Já Nunes (1962) encontrou baixos valores de P e de MO em Neossolos da ilha de São Nicolau, mas altos valores de K e CTC. Na ilha do Fogo um Neossolo Litólico mostrou teores de Ca e Mg próximos ao encontrados em Trindade, com MO em torno de 1 a 2 dag/kg, enquanto para um Neossolo Regolítico, o teor de MO foi superior (Faria, 1974).

Apesar da baixa a média relação C/N do material orgânico nos solos de Trindade, observa-se que há um grande acúmulo na superfície em alguns solos, denotando pouca pedoturbação biológica. Uma distribuição mais uniforme do CO no perfil é notada apenas nos solos pouco mais desenvolvidos (Cambissolos) sobre tufos, enquanto o maior acúmulo ocorre em áreas protegidas e úmidas da vertente sul, em ambiente mais favorável ao desenvolvimento de *Cyathea delgadii* (Quadro 9).

Esta matéria orgânica acumulada em maiores altitudes (P8, P9 e P10) está, provavelmente, determinando a acidez dos solos que apresentam elevada acidez potencial (H + Al) e baixa saturação por bases (V), mesmo nos perfis com elevado teor de cátions básicos. A acidez da matéria orgânica influencia também a elevada saturação por Al observada nos P9 (állico) e P10 (endoállico); embora o teor de  $\text{Al}^{3+}$  trocável seja elevado nestes solos, a complexação pela matéria orgânica pode reduzir sua fitotoxidez e inviabilizar a formação de oxihidróxidos de Al.

**Quadro 9. Propriedades químicas dos solos da ilha da Trindade**

Hor	Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	P -----mg/dm <sup>3</sup> -----	K	Ca	Mg	Al	H+Al -----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----	SB	t	T	V	m	N	MO -----dag/kg-----	C/N	Prem mg/L	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr	Cd
<b>Perfil 1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico</b>																									
A	0-20	7,78	0,3	73	0,62	0,35	0,00	0,0	1,16	1,16	1,16	100	0,0	0,07	0,75	6,21	28,5	5,25	12,85	0,60	0,00	0,00	2,60	5,15	0,00
C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>	20-80	8,25	49,3	38	0,42	0,33	0,00	0,0	0,85	0,85	0,85	100	0,0	0,05	1,37	15,89	30,2	0,00	7,20	0,00	0,00	1,90	3,70	6,80	0,00
<b>Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico</b>																									
A1	0-10	5,94	262,3	510,0	8,55	4,16	0,00	17,8	14,01	14,01	31,81	44,0	0,0	0,44	8,46	11,15	23,4	875,70	41,45	21,90	2,80	1,25	5,85	8,40	1,45
A2	10-25	6,23	270,2	370,0	9,26	4,15	0,20	19,5	14,36	14,56	33,86	42,4	1,4	0,43	8,21	11,07	18,7	902,70	30,95	21,00	2,25	0,65	4,10	1,45	0,40
C1	25-40	6,36	232,2	260,0	7,77	4,16	0,20	19,5	12,59	12,79	32,09	39,2	1,6	0,16	3,23	11,71	20,2	634,20	4,90	5,55	1,00	1,25	1,45	4,50	0,00
C2	40-55	6,38	229,2	275,0	7,10	4,12	1,40	18,8	11,92	13,32	30,72	38,8	10,5	0,13	1,37	6,11	20,5	651,90	3,75	3,70	0,80	0,00	1,90	4,05	0,00
<b>Perfil 3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico</b>																									
A1	0-10	5,94	444,8	355	6,47	4,36	0,00	6,3	11,74	11,74	18,04	65,1	0,0	0,08	2,61	18,92	32,6	277,20	255,10	11,3	11,40	2,05	1,35	0,00	0,00
A2	10-25 / 40	6,54	660,2	275	8,93	4,42	0,00	7,9	14,05	14,05	21,95	64,0	0,0	0,08	1,87	13,56	23,0	248,70	310,20	0,00	0,00	0,95	2,80	10,40	1,20
C	40-60	6,90	420,1	325	10,90	4,44	0,00	6,3	16,23	16,23	22,53	72,0	0,0	0,05	2,24	25,99	25,7	34,30	64,10	0,30	5,25	0,05	3,55	4,70	0,00
CR	0-10	6,94	544,1	500	11,87	4,43	0,00	6,6	11,74	17,58	24,18	72,7	0,0	0,04	0,37	5,37	19,1	31,15	29,90	1,10	0,70	0,00	3,05	5,85	0,00
<b>Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico</b>																									
A <sub>1</sub>	0-10	6,72	48,2	490	7,99	4,43	0,00	7,9	13,67	15,03	21,57	63,4	0,0	0,14	4,98	20,63	16,1	310,05	650,85	18,85	2,90	1,45	15,30	2,40	0,35
AB	10-20	6,30	42,9	590	9,08	4,43	0,00	5,3	12,87	11,55	20,33	73,9	0,0	0,11	1,99	10,49	11,1	272,25	301,90	12,65	4,45	0,00	14,60	0,00	0,45
Bt <sub>1</sub>	20-50	6,90	35,4	450	7,46	4,44	0,00	4,9	9,96	10,13	17,77	72,4	0,0	0,05	1,24	14,39	5,1	507,75	201,35	18,35	2,70	0,00	11,95	0,00	0,30
BC	50-70	7,08	39,2	415	6,23	4,26	0,00	5,9	13,67	15,03	17,45	66,2	0,0	0,04	1,00	14,50	3,1	503,10	93,85	18,40	3,25	1,15	5,90	0,00	0,65
C <sub>1</sub>	70-100	7,03	54,5	300	4,74	4,26	0,00	8,6	12,87	11,55	18,56	53,7	0,0	0,04	1,00	14,50	3,7	451,50	84,20	6,80	1,90	1,55	5,50	0,00	0,00
C <sub>2</sub>	100-140	7,16	45,7	330	4,99	4,45	0,00	6,9	9,96	10,13	17,03	59,5	0,0	0,04	0,50	7,25	3,1	422,80	30,05	2,65	22,65	0,00	1,40	0,00	0,00
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico</b>																									
A <sub>1</sub>	0-10	6,81	31,7	515	13,59	4,35	0,00	4,9	19,26	19,26	24,16	79,7	0,0	0,23	6,84	17,25	25,1	240,05	177,20	18,05	4,70	7,05	16,80	2,25	0,00
A <sub>2</sub>	10-30	7,47	29,4	990	15,27	4,35	0,00	3,0	22,15	22,15	25,15	88,1	0,0	0,02	0,37	10,73	26,3	530,20	70,50	6,00	9,55	3,70	5,90	4,75	0,00
C <sub>1</sub>	30-50	7,70	71,8	1020	12,57	4,36	0,00	1,3	19,54	19,54	20,84	93,8	0,0	0,00	0,37	0,21	38,4	430,25	74,35	5,55	5,50	1,10	2,75	3,35	0,00
C <sub>2</sub>	50-60	7,45	53,4	700	15,55	4,44	0,00	4,6	21,78	21,78	26,38	82,6	0,0	0,13	3,23	14,41	17,8	186,00	151,70	19,65	22,25	4,30	1,75	4,00	0,00
C <sub>3</sub>	60-70	7,81	46,6	930	15,22	4,26	0,00	1,3	21,89	21,89	23,19	94,4	0,0	0,00	0,37	0,21	39,8	568,55	91,25	9,45	6,95	0,00	0,00	1,45	0,00
<b>Perfil 6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>																									
A	0-5	6,17	24,1	95	2,66	2,95	0,00	11,9	5,85	5,85	17,75	33,0	0,0	0,26	4,73	10,55	4,2	258,95	82,55	2,05	2,55	0,00	8,10	0,65	0,05
Bi	5-50	6,22	31,7	63	2,65	3,06	0,00	10,9	5,87	5,87	16,77	35,0	0,0	0,23	4,35	10,97	2,9	180,65	27,40	0,85	2,25	0,00	3,85	0,00	0,65
Bi1	50-120	6,24	28,7	28	6,87	3,44	0,00	9,9	10,38	10,38	20,28	51,2	0,0	0,24	5,47	13,22	1,4	144,80	28,15	0,30	4,85	0,00	12,80	0,00	0,60
<b>Perfil 7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>																									
A	3-15	5,84	33,0	335	5,24	1,49	0,00	14,5	7,59	7,59	22,09	34,4	0,0	0,43	8,46	11,41	10,0	291,25	242,80	6,05	4,30	2,00	9,10	0,25	0,40
Bi	15-42	5,89	19,3	290	5,83	1,09	0,20	13,2	7,66	7,86	20,86	36,7	2,5	0,27	5,97	12,83	6,3	252,15	155,15	5,15	35,25	1,25	7,45	0,00	0,00
<b>Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fibrício</b>																									
C	50-80	4,52	610,6	140	0,49	0,16	0,00	33,3	1,01	1,01	34,31	2,9	0,0	0,19	1,01	3,08	20,7	1088,5	3,25	1,55	0,00	10,55	2,45	0,00	0,00
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HISTICO Distrófico</b>																									
O <sub>2</sub>	20-35	4,71	567,8	141	0,78	0,79	5,60	39,9	1,93	7,53	41,83	4,6	74,4	0,91	-	-	20,9	448,00	3,55	4,40	0,00	9,15	2,60	0,00	0,00
A <sub>1</sub>	35-55	4,70	586,1	132	0,37	0,29	6,00	40,3	1,00	7,00	41,30	2,4	85,7	0,75	8,46	6,54	18,9	395,75	3,90	5,05	0,00	3,65	5,40	4,70	0,00
C/A	55-70	4,65	886,0	96	0,05	0,09	4,80	37,6	0,39	5,19	37,99	1,01	92,5	0,53	12,19	13,34	17,6	372,60	4,20	2,80	0,00	0,00	0,70	2,10	0,00
C	70-110+	4,36	1049,30	48	1,67	2,87	7,40	28,7	4,66	12,06	33,36	14,0	61,4	0,22	4,73	12,47	23,8	198,60	1,15	7,90	0,00	0,00	9,10	0,00	0,00
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico</b>																									
A	0-10	5,29	186,7	300	4,53	2,42	1,20	37,6	7,72	8,92	45,32	17,0	13,5	0,80	6,59	4,78	21,9	1792,0	60,70	6,60	0,00	12,35	5,55	4,00	0,00
AB	10-20	5,32	239,5	105	1,04	0,62	2,20	32,0	1,93	4,13	36,63	5,3	53,3	0,43	12,19	16,44	14,8	2096,5	29,95	3,20	0,00	0,00	3,30	2,95	0,00
B	20-45	5,14	179,6	52	0,55	0,31	3,80	27,7	0,99	4,79	32,99	3,0	79,3	0,17	6,59	22,49	14,4	2724,5	6,85	0,70	0,00	1,40	3,20	0,90	0,00
BC	45-65	5,07	175,7	60	0,62	0,66	3,20	39,9	1,43	4,63	29,13	4,9	69,1	0,12	4,35	21,03	14,5	3063,5	3,40	0,45	0,00	1,60	9,30	0,80	0,00

Seguindo a topossequência, encontra-se o Nitossolo, originado de tufos e lavas ankaratríticas, possuindo altos teores de nutrientes, em especial  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ . É o perfil que apresentou os maiores teores de Mn e Ni, que indicam influência máfica. Os teores de P disponível, comparados aos demais solos estudados, é mais baixo (35 a 48  $mg/dm^3$ ), enquanto os valores de  $K^+$  são os mais elevados (300 a 590  $mg/dm^3$ ), bem como micronutrientes, como Fe e Mn.

Faria (1974) analisou dois perfis de Nitossolo na ilha do Fogo e encontrou pH que oscila entre 6,9 e 7,2, com CTC média a alta. Os valores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  são muito superiores aos encontrados em Trindade, enquanto o K é quase nulo, com baixo teor de MO, mesmo nos horizontes superficiais. Nunes (1962) reportou quatro Nitossolos na ilha de São Nicolau e achou altos valores de pH (7,4 a 9,3) e CTC alta, todos com argilas de atividade alta, com valor de MO variáveis no horizonte A, até 2 dag/kg.

Em altitude mais elevada (448 m) encontra-se o mais amplo platô estável da ilha, onde há maior umidade e, por isso, maior grau de intemperismo. O Cambissolo com características morfológicas de Latossolo (P6), é originado de tufos porosos e fonolitos, sendo o solo que apresentou os menores teores de nutrientes, ainda que considerados altos comparados aos valores de referência para solos no continente. A acidez trocável e saturação por Al é nula, mas a acidez potencial é considerada muito elevada, o que acontece também com os demais solos, exceto os Cambissolos. Este solo mostra certa semelhança com os Andissolos (FAO, 1998), descritos por Breemen e Buurman (1998) pela baixa densidade do solo, alta retenção de P (P rem), escurecimento superficial e agregação mais forte. Os valores de P rem indicam que apenas os perfis P4, P6 e P7 são solos com alta capacidade de adsorção de P, pois são os mais intemperizados com presença de óxidos de Fe e Al, principalmente nos horizontes subsuperficiais e ainda, a presença de minerais alofânicos comumente encontrado em ilhas vulcânicas.

Na parte superior da ilha, na face voltada ao Sul, encontram-se Cambissolos Háplicos Distróficos (P7 e P10) e Cambissolo Hístico Distrófico (P9) sendo os solos típicos das maiores altitudes da ilha, onde o clima mais úmido e frio faz com que a vegetação predominante seja mais exuberante, apesar dos teores mais baixos de muitos nutrientes. Em função da riqueza em apatitas, anomalia comum em rochas alcalinas, os teores de P são muito elevados (até 1049  $mg/dm^3$ ) e os demais nutrientes, embora bem mais baixos, ainda são considerados altos em relação a valores de referência para solos de altitude no Brasil (Benites, 2002). A matéria orgânica nestes perfis é maior, pois

existe uma vegetação mais fixa, e o teor de nitrogênio é superior que nos demais. Os perfis encontrados nessa altitude apresentam acidez muito alta.

Marques et al. (2003), estudando os Cambissolos de Fernando de Noronha, mostraram um perfil classificado como Cambissolo Háptico Tb Distrófico, que é correlacionável aos P7 e P10 de Trindade. São de baixa fertilidade natural, com baixos valores de soma e saturação por bases e altos níveis de alumínio trocável, apresentando caráter álico nos horizontes subsuperficiais. Possuem altos teores de CO até 90 cm de profundidade, e o P disponível, com valores muito altos nos dois primeiros horizontes, decresce drasticamente em profundidade, sugerindo uma forte ciclagem biológica.

O Organossolo, sobre o qual só foi possível fazer as análises do horizonte C, apresentou pH ácido, com valores altos para P e K e baixos para  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , com elevada acidez potencial. Foi o perfil que apresentou maiores teores de Fe, depois do P10, e menores teores de microelementos, exceto o Pb. Encontra-se numa condição de maior umidade e acúmulo de matéria orgânica na liteira, cujo material ainda se encontra inalterado, sendo proveniente de restos orgânicos da floresta de *Cyathea delgadii* e *Myrsine floribunda*.

Faria (1974) estudou horizontes superficiais de Organossolos na ilha do Fogo (Arquipélago de Cabo Verde), mostrando que os elevados teores de CO sugerem que as condições ambientais não são favoráveis à decomposição da matéria orgânica, sobretudo pela baixa produção da biomassa da vegetação. Estes resultados corroboram com os dados obtidos em Trindade, cujo perfil estudado mostra pH mais ácido, maior teor de CO nos horizontes superficiais, formados quase exclusivamente de materiais fibricos. A acumulação deste material, e sua baixa decomposição, podem ser devidas à menor atividade microbiana, ausência de mesofauna e à formação de complexo estáveis de Al-MO, mais resistente à oxidação, como relatado por Benites (1998), referindo-se a solos tropicais e subtropicais.

#### **4.8. FRACIONAMENTO DE FÓSFORO**

O P contido no material de origem do solo encontra-se na forma mineral, com predomínio dos fosfatos de Ca. Através da intemperização, este nutriente é liberado para a solução do solo. Concomitantemente, ocorrem perdas de bases, sílica e carbonatos, e aumento na atividade de elementos como o Al e o Fe, com a consequente

transformação dos minerais primários em argilas 2:1 e estas em 1:1 e óxidos. A partir daí, formam-se minerais fosfatados mais estáveis termodinamicamente; parte do P é adsorvida na superfície de minerais secundários, e parte é absorvida e incorporada pela biomassa e matéria orgânica do solo (Walker & Syers, 1976; Smeck, 1985). De acordo com este paradigma, ambos os processos, geoquímico e biológico, transformam os fosfatos naturais do solo em formas inorgânicas e orgânicas mais estáveis, o primeiro determinando em longo prazo a disponibilidade de P nos solos, enquanto, em curto prazo, os processos biológicos merecem destaque em virtude da maior utilização desse elemento pelas plantas, via mineralização da matéria orgânica do solo (Cross & Schlesinger, 1995; Chen et al., 2003). Em solos altamente intemperizados, predominam as formas inorgânicas ligadas à fração mineral com alta energia e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente. Isto sugere que os teores de P total e a distribuição nas diferentes frações dependem do grau de intemperização, das características químicas e físicas do solo, da atividade biológica e da vegetação predominante, entre outras (Magid, 1993; Cross & Schlesinger, 1995).

O P inorgânico extraível do solo inclui duas formas lábeis, P-resina e Pi-bicarbonato, uma forma pouco lábil, Pi-hidróxido, e uma forma não-lábil, P-ácido. As formas P-resina (Raij, 1991) e Pi-NaHCO<sub>3</sub> (Tiessen et al., 1992; Rheinheimer et al., 2000) são consideradas disponíveis às plantas e representaram muito pouco do P total. O NaOH remove formas de P inorgânico consideradas como de baixa disponibilidade para as plantas (Roberts & Stewart, 1987), formas associadas a fosfatos amorfos e cristalinos de Fe e de Al (Williams et al., 1980). Entretanto, Tiessen et al. (1992) e Rheinheimer et al. (2000) observaram que, em solos tropicais, o Pi-NaOH é uma fração mais dinâmica do que geralmente tem sido relatado na literatura. De forma geral, a fração de Pi-NaOH representa a forma dominante de P em todos os solos (exceto no perfil 1, com teores próximo ao disponível), indicando a predominância de P ligado a oxi-hidróxidos de Fe e Al, com diferentes graus de labilidade, em função do baixo grau de intemperismo dos solos de Trindade.

A fração extraível por HCl, ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (P-ácido) consiste de formas de P ligadas ao Ca (Walker & Syers, 1976), um reservatório de P relacionado a minerais como apatita ou a fósforo ocluídos nos microagregados em solos mais intemperizados (Williams et al., 1967).

O P<sub>1</sub>, Neossolo Regolítico psamítico, apresentou teores elevados na extração com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (P-Ca), enquanto nas demais frações os valores foram baixos. Este fato é

devido ao solo ser rico em carbonatos de Ca, como pode ser visto nas análises químicas e na sua mineralogia. Esses resultados indicam a alta reatividade do carbonato das conchas.

O Neossolo Regolítico distrófico (P2), assim como o Organossolo (P8), foram os que apresentaram os maiores teores de P dentre todos os perfis, sendo a fração Pi-NaOH a mais expressiva, seguido do  $H_2SO_4$  (Quadro 10). Essas duas frações foram as que praticamente contribuíram para o P total. No P2, o horizonte C1 foi o que apresentou maiores valores em todas as frações, estando nos horizontes superficiais os menores teores. A fração residual foi muito pequena, não só nesse perfil, mas em todos em que foi possível determiná-lo. Em P3 (Neossolo Litólico eutrófico) os teores de P foram mais elevados na fração  $H_2SO_4$ , seguida do Pi-NaOH, sendo as frações mais disponíveis com valores ínfimos em relação às menos disponíveis, como pode ser observado na Figura 4. Neste caso, o P se encontra ligado ao Ca, em minerais como apatita e também ligado aos óxidos Fe e Al. Os maiores teores de P nessas frações foram encontrados nos horizontes superficiais. O P4, Nitossolo Vermelho eutrófico, se comportou de forma semelhante ao P3, ocorrendo maior variação entre os horizontes, sendo os horizontes Bt, C1 e C2 aqueles que tiveram maiores teores de P em todas as frações. O P5, Neossolo Regolítico eutrófico, também foram encontrados valores superiores nas formas menos disponíveis, sendo as frações  $H_2SO_4$  e NaOH as mais elevadas, com maiores valores encontrados nos horizontes A1 e A2 dessa fração. O P6, Cambissolo Háplico distrófico latossólico, a fração Pi-NaOH sobressai, seguido do P- $H_2SO_4$  sendo os maiores teores de P encontrados nos horizontes subsuperficiais, enquanto as formas mais disponíveis os teores de P foram insignificantes, assim como nos demais perfis. O Cambissolo Háplico distrófico (P7) e o Organossolo Fólico fíbrico (P8) apresentaram valores muito altos nas frações Pi-NaOH e  $H_2SO_4$ , principalmente o P8. O comportamento do Cambissolo Hístico distrófico (P9) foi semelhante aos demais, sendo a fração Pi- $H_2SO_4$  no horizonte C/A a que sobressaiu em relação aos demais. Foi o perfil que apresentou a maior proporção relativa de P em todas as frações, inclusive nas mais disponíveis. O maior teor encontrado no Cambissolo Háplico distrófico (P10) foi na fração P- $H_2SO_4$  em todos os horizontes, sendo as demais frações com valores muito baixos, principalmente nas formas menos disponíveis, assim como visto em todos os perfis.



**Quadro 10. Teores de fósforo em diferentes frações**

Horizonte	Resina	NaHCO <sub>3</sub> Inorg.	NaHCO <sub>3</sub> Org.	NaOH Inorg.	NaOH Org.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Residual	Total
-----mg/kg-----								
<b>Perfil 1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico</b>								
A	74,15	165,03	2,52	126,28	60,58	1379,38	-	-
C1+C2	78,93	178,78	2,81	125,42	73,14	1764,51	-	-
<b>Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico</b>								
A1	482,39	766,53	82,53	21196,10	533,40	2425,14	125,78	25611,86
A2	457,30	758,01	86,63	20899,26	87,13	2399,74	158,39	24846,46
C1	632,09	1250,21	217,76	23697,99	272,75	3119,35	3994,25	33184,41
C2	632,09	1497,38	202,69	23061,92	227,89	2831,51	195,01	28648,48
<b>Perfil 3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico</b>								
A1	196,36	219,68	23,57	2874,42	487,36	4753,84	359,59	8914,82
A2	234,00	279,34	27,57	3183,98	427,79	4951,38	405,51	9509,56
C	300,90	310,87	14,60	3034,99	428,53	3917,59	359,61	8367,10
CR	282,50	339,00	21,84	2815,05	555,35	4161,22	256,16	8431,13
<b>Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico</b>								
A1	182,98	186,44	36,48	2118,12	251,74	2429,37	230,45	5435,57
AB	181,31	194,96	28,84	2287,74	82,12	2373,33	463,71	5612,01
Bt	198,87	212,01	14,44	6401,02	5,97	4046,38	253,41	11132,09
BC	161,24	365,99	10,95	4210,10	13,11	2789,18	438,91	7989,47
C1	233,16	258,88	13,54	4284,36	73,84	3672,36	427,89	8964,03
C2	270,80	294,68	15,77	5764,95	38,63	4181,84	298,90	10865,54
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico</b>								
A1	129,96	235,02	27,68	2670,87	163,31	1752,28	245,63	5224,76
A2	193,85	272,52	28,20	2738,72	137,70	1849,64	155,63	5376,26
C1	54,74	64,72	7,59	294,16	201,64	1769,21	127,16	2519,22
C2	98,18	116,71	3,67	697,24	174,61	1235,85	-	-
C3	54,11	67,92	4,61	247,52	14,50	1947,00	-	-
<b>Perfil 6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>								
A	112,95	245,78	27,07	3934,81	741,47	2854,99	-	-
Bi1	134,21	378,92	29,07	5764,20	859,86	3057,01	-	-
Bi2	90,09	311,06	17,95	5401,77	932,54	2907,69	-	-
<b>Perfil 7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>								
A	104,73	116,27	79,29	2139,83	772,09	2201,45	-	-
Bi	29,71	46,20	71,01	2565,36	157,63	1950,33	-	-
<b>Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fábriico</b>								
C	848,71	1122,37	210,77	56773,89	789,89	16972,49	-	-
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico</b>								
O2	878,08	1194,84	128,91	2339,05	268,93	2166,31	-	-
A1	852,30	1141,55	191,12	2038,75	378,24	2797,75	-	-
C/A	800,72	1705,55	140,32	2552,30	76,22	3589,15	-	-
C	969,67	1812,13	122,98	1921,25	598,43	2620,94	-	-
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico</b>								
A	705,19	960,17	97,08	2691,55	743,76	5850,51	-	-
AB	739,37	968,36	13,04	982,30	3,56	7824,01	-	-
B	822,95	955,03	8,33	1177,04	151,64	9726,75	-	-
BC	894,09	999,44	56,56	1216,40	182,10	17837,01	-	-

Os valores de P na fração resina foram superiores no Organossolo e Cambissolos (P9 e P10) seguido de P2 (Figura 4), mostrando que os perfis que apresentaram maiores valores são aqueles que possuem teores de matéria orgânica mais elevados, cujas substâncias húmicas e mesmo ácidos orgânicos de baixa massa molecular podem auxiliar na diminuição dos sítios de adsorção e da energia de ligação fosfato-solo.

O  $\text{NaHCO}_3$  extraiu maiores teores de  $\text{P}_i$  também no Organossolo e Cambissolos, e Neossolos (P2) acompanhando o  $\text{P}_i$ -resina. Embora grande quantidade do P fracamente adsorvido já tivesse sido retirada pela resina, o  $\text{NaHCO}_3$  extraiu ainda maiores quantidades desse nutriente, o qual também é considerável disponível (Schmidt et al., 1996; Guo & Yost, 1998). Segundo Silva et al. (1999) as frações inorgânicas lábeis,  $\text{P}_i$ -Resina e  $\text{P}_i$ -  $\text{NaHCO}_3$  constituíram em seu trabalho as menores frações de P, tendência esperada em solos altamente intemperizados (Wright & Coleman, 1999). O mesmo foi observado nos solos de Trindade, como pode ser visto na Figura 4, apesar de serem solos bem mais jovens, com pouca pedogênese. Neste caso o que pode justificar é o material de origem muito rico em minerais como apatita, possuindo altos teores de Fe e Al, como pode ser visto nas extrações com DBC e oxalato.

Os valores mais altos de  $\text{P}_i$  foram extraídos com NaOH, sendo valores extremamente elevados no P2 e P8, sendo o horizonte C do P8 o que apresentou o maior teor de P nessa extração (Figura 5). Os outros perfis também apresentaram valores elevados, mas de forma mais homogênea. Em solos tropicais, as maiores proporções de P têm sido encontradas em extrações com NaOH (Araújo & Salcedo, 1997; Rheinheimer & Anghinoni, 2001), estando relacionadas com óxidos de ferro e alumínio, caulinita e matéria orgânica. Rocha et al. (2005), estudando solos do Arquipélago de Fernando de Noronha, semelhantes à Trindade, observaram que as frações inorgânicas apresentaram teores elevados de P-Fe, seguidos pelo P-Ca, P- $\text{H}_2\text{O}$  e P-Al, sendo o P-Fe predominante sobre as demais frações, refletindo a influência do material de origem dos solos da ilha.

A formação de compostos de fósforo com ferro, alumínio e cálcio são dependentes do pH, da natureza, quantidade e reatividade dos minerais presentes na fração argila. Em solos ácidos e com predominância de caulinita e óxidos de Fe e Al, típicos de regiões tropicais, os compostos mais importantes são os de fósforo ligados a Fe e Al. Em solos neutros ou calcários predominam os compostos de P com cálcio, como a hidroxiapatita (Parfitt, 1978).

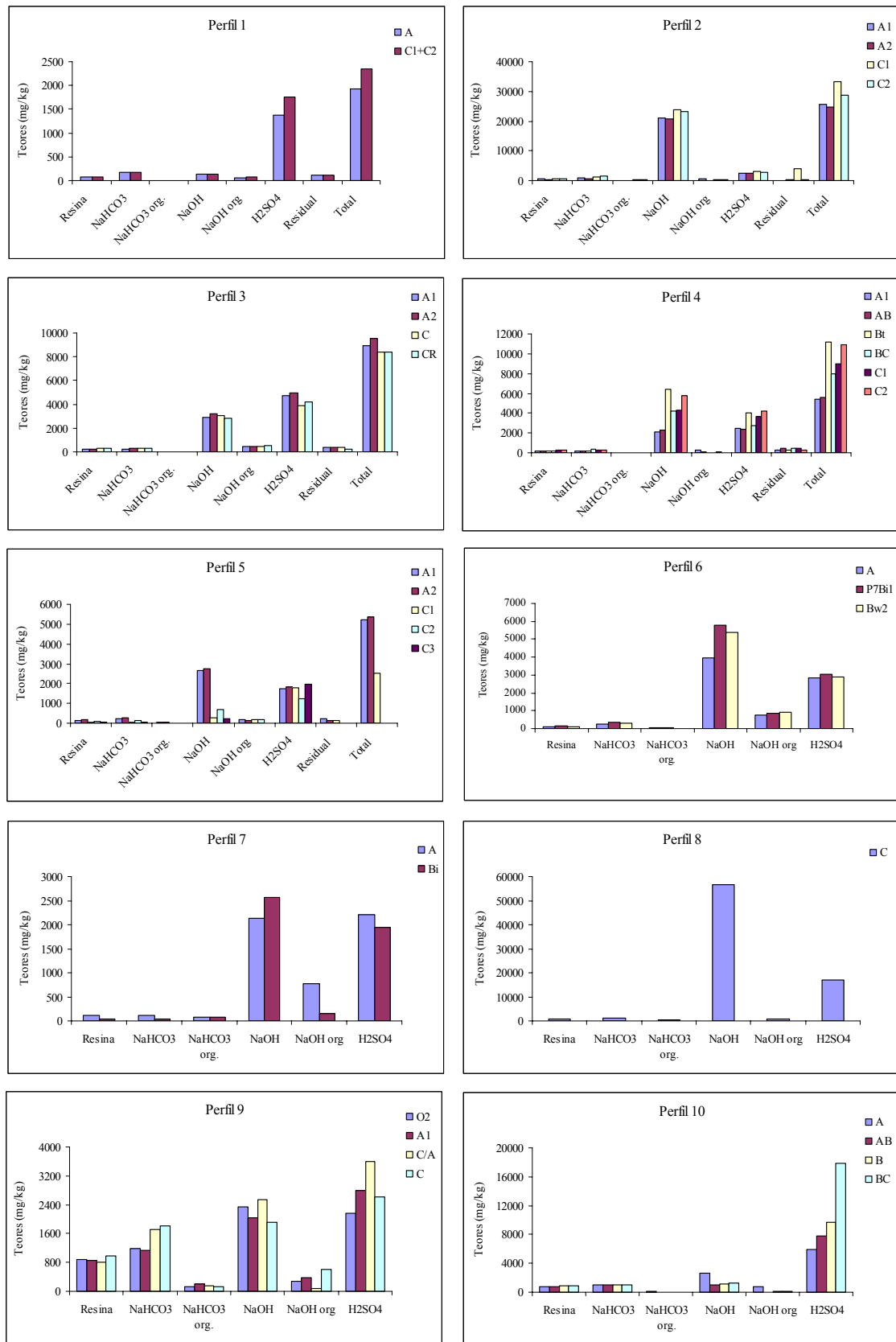


Figura 4 – Fracionamento químico de fósforo em cada perfil de solo estudado

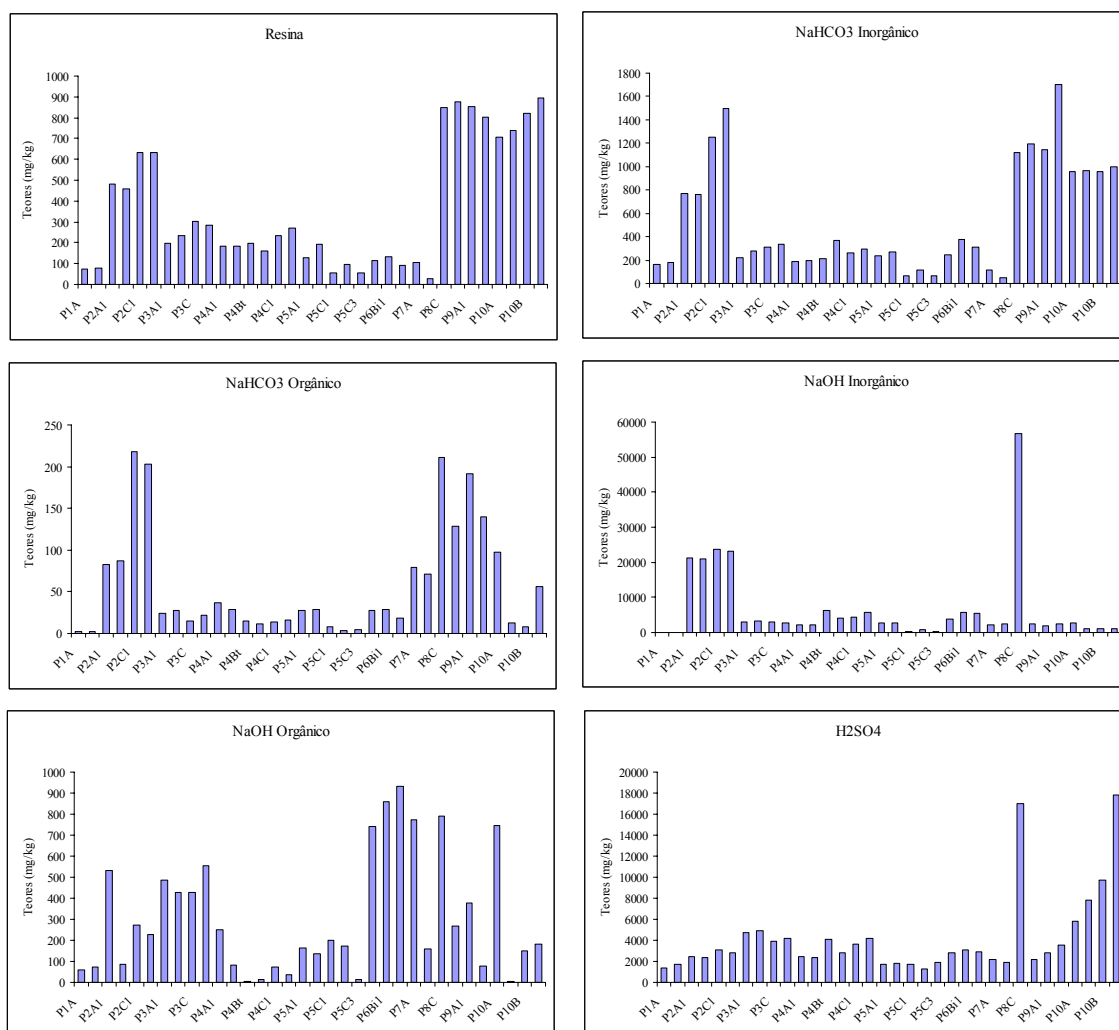


Figura 5 – Frações de extração do P em relação a todos os perfis estudados

Alguns trabalhos têm demonstrado que os óxidos de Al se correlacionam mais com a adsorção do que os óxidos de Fe. Isso também serve para as relações com Fe e Al trocáveis. Uma das justificativas é a de que os compostos de Al são mais ativos na adsorção que os de Fe (Udo & Uzu, 1972).

Compartimentos de P, como o Po, não são quantificados pelas análises de rotina de solos, embora já se tenha demonstrado haver correlação entre os vários compartimentos de fósforo (Tiessen et al., 1984; Beck e Sanchez, 1994). Beck e Sanchez (1994) e Linquist et al (1997) verificaram que em sistemas não fertilizados o Po é a principal fonte de fósforo disponível. Nesse sentido, vários trabalhos têm demonstrado a importância da fração de P orgânico na ciclagem e na nutrição desse elemento às plantas, tanto em solos da região temperada como tropical (Acquaye, 1963; Adeptu & Corey, 1976; Harrison, 1982; Stewart & Tiessen, 1987).

As formas orgânicas de P incluem Po-NaHCO<sub>3</sub> e Po-NaOH. O Po- NaHCO<sub>3</sub> é a fração mais lábil entre as formas orgânicas. O Po- NaOH está associado a formas menos disponíveis de P e que envolvem transformações a longo prazo, conforme constataram Bowman & Cole (1978), em solos de regiões temperadas. Entretanto, os poucos trabalhos disponíveis em relação aos solos tropicais mostram que essa fração parece ser mais dinâmica do que o Po- NaHCO<sub>3</sub> (Tiessen et al., 1992; Motta, 1999). Os níveis de Po no solo são extremamente variáveis, como mostrado no trabalho de Sharpley & Smith (1985). De todos os solos estudados pelos autores, em termos médios, os níveis de Po foram mais altos nos solos mais intemperizados, tanto o extraído por bicarbonato como o por hidróxido de sódio. Em Trindade, os teores de P orgânico foram muito baixos, sendo superiores na fração NaOH, onde foram encontrados teores superiores no Organossolo e Cambissolos, por serem ambientes de maior acúmulo de matéria orgânica. Na fração Po-NaHCO<sub>3</sub> foram encontrados valores pouco expressivos em P2, P8 e P9 tendo os demais perfis teores quase nulos. É possível que o guano depositado por aves marinhas que nidificam ou nidificaram na ilha possa ter influenciado os teores de Po.

A fração P-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> é tradicionalmente considerada pouco disponível as plantas. Segundo Araújo et al. (2004) em áreas secas, onde os solos são menos intemperizados essa fração pode contribuir pra o tamponamento de formas mais lábeis de P no solo. Juntamente com P-NaOH parecem ser as frações que possuem um papel preponderante no processo de manutenção do P disponível, nos solos do semi-árido, fato aparentemente ocorrido nos solos de Trindade. Devido ao material de origem ser de origem vulcânica e muito rica em minerais contendo fósforo, o P-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foi a fração que apresentou maior homogeneidade entre os perfis, sendo os teores superiores também no Organossolo, seguido do horizonte BC do P10. Essa fração está associada principalmente com compostos insolúveis de Ca, tais como hidroxiapatita (Williams et al., 1980).

O P-residual representa o P ocluso, retido por minerais estruturalmente livres de P, como hematita, goethita e gibbsita (Smeck, 1985) e formas estáveis de P orgânico (Stewart et al., 1980). Essa forma foi inicialmente considerada relativamente estável. Entretanto, McLaughlin & Alston (1986) encontraram mudanças substanciais nessa forma com o tempo. Em razão da perda de muitas amostras no processo final do fracionamento, essa fração foi determinada apenas nos perfis 2, 3, 4 e 5. No entanto, os

valores foram quase desprezíveis nessa fração, o que não interfere muito na determinação do P total.

#### **4.9. FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA**

O fracionamento químico da matéria orgânica foi empregado para avaliar os teores de C nas diferentes frações húmicas presentes no solo, já que se baseia na diferença de solubilidade dessas frações em meios ácido e básico. As substâncias húmicas representam mais de 70% do carbono presente no solo e são diferenciadas uma das outras pela cor, massa molecular, presença de grupos funcionais (carboxílicos, fenólicos, etc.) e grau de polimerização.

De modo geral, é aceita a distribuição das frações humificadas em três categorias: as huminas (H) que representam a matéria orgânica intimamente ligada à fração mineral do solo, e por isso insolúvel; os ácidos fúlvicos (AF), que apresentam grande quantidade de grupamentos funcionais oxigenados e são solúveis tanto em meio ácido como básico, e os ácidos húmicos (AH), insolúveis em meio fortemente ácido, pois, com a protonação dos grupamentos funcionais ocorre o colapso da estrutura e floculação das macromoléculas. Os AH representam a fração reativa mais estável da matéria orgânica humificada (Schnitzer, 1991) e o conteúdo relativo de cada fração da matéria orgânica é um indicativo da qualidade do húmus do solo (MacCallister & Chuien, 2000).

Em comparação com as camadas de superfície, em geral, os teores de carbono total em subsolo são menores, pela baixa solubilidade e mobilidade de compostos orgânicos em solo, o que é comum e se explica pela deposição dos resíduos vegetais ser restrita à camada superficial, e sem evidências de podzolização (Stevenson, 1994). Esse menor armazenamento de C em subsolo já foi verificado por outros autores, sendo exemplos os estudos de Silva et al. (1994) e Freixo et al. (2002).

Houve predominância da fração humina em todos os perfis, com valores, muitas vezes, próximos ao carbono total (Quadro 11). Essa fração foi maior nos horizontes superficiais em todos os perfis, exceto no P3, que sobressaiu o horizonte A2. Ocorreu diminuição gradativa dos teores em profundidade, apenas no horizonte A do P4 o valor encontrado foi 10 vezes superior ao horizonte subsuperficial, enquanto no P7 os teores

foram semelhantes em A e Bi. Os maiores teores de humina foram encontrados a partir do P7, que se encontram nas maiores altitudes, clima mais ameno e úmido, com cobertura de pteridófitas. A constante deposição de material orgânico e a associação desta fração com a matriz mineral do solo podem interferir na transformação da MOS e favorecer o acúmulo desta, na forma de frações húmicas mais estáveis, neste caso a humina (Felbeck Junior, 1965; Stevenson, 1982), parte da qual constituída de M.O. leve.

As pteridófitas são praticamente as únicas responsáveis pelo material fibrico encontrado na serapilheira destes solos. A maior parte da matéria orgânica nos solos das partes mais altas da ilha é constituída pela fração não humificada, chamada de matéria orgânica leve. Nos solos com cobertura de pteridófitas (P8 e P9) as amostras com aspecto de xaxim foram separadas do material mineral, mas mesmo assim a abundância de fibras acabou interferindo negativamente na taxa de recuperação do COT. As relações  $H/AH+H+AF$  próximas a 1 indicam a predominância da fração humina em todos os perfis de solos, sendo este material fibroso responsável pelo alto valor encontrado.

O acúmulo de humina no solo possivelmente esteja relacionado à ligação estável que existe entre esse componente e a parte mineral do solo, como também a maior resistência à decomposição (Duchafour, 1970 e Stevenson, 1982). Essa baixa taxa de decomposição está ligada à restrita fauna do solo (meso e microfauna), à maior acidez destes perfis de maiores altitudes e ao clima mais ameno. Estudando o húmus de solos brasileiros, Volkoff e Cerri (1988) concluíram que a acidez, a aeração e a temperatura, nessa ordem de importância, são os principais fatores determinantes da natureza do húmus. Manzatto (1990) mostra a influência da umidade na transformação da MOS, onde em áreas mais úmidas os restos vegetais são rapidamente mineralizados e estabilizados na fração humina.

Na parte superior do relevo se encontram os Cambissolos, onde há predominância de texturas mais argilosas, foram encontrados os maiores percentuais de humina. O conteúdo maior de argila nas posições mais elevadas do relevo pode estabilizar e proteger grande parte do C (Volkoff et al., 1984).

**Quadro 11. Fracionamento da Matéria Orgânica nos perfis de solos estudados**

Horizonte	C Total	Ácidos			AH/AF	H/AH+H+AF
		Huminas (H)	Húmicos (AH)	Ácidos Fúlvicos (AF)		
-----dag/kg-----						
<b>Perfil 1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico</b>						
A	0,83	0,96	0,01	0,04	0,14	0,95
C1+C2	1,02	0,93	0,01	0,06	0,14	0,93
<b>Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico</b>						
A1	5,81	4,13	0,28	0,21	1,33	0,90
A2	5,27	3,60	0,25	0,19	1,26	0,89
C1	2,69	1,50	0,12	0,18	0,69	0,83
C2	2,58	1,48	0,10	0,16	0,62	0,85
<b>Perfil 3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico</b>						
A1	1,52	0,96	0,11	0,09	1,18	0,83
A2	2,25	1,35	0,11	0,06	1,88	0,89
C	0,70	0,36	0,04	0,05	0,95	0,80
CR	0,83	0,57	0,04	0,08	0,47	0,83
<b>Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico</b>						
A1	2,35	6,09	0,11	0,11	0,96	0,97
AB	1,95	0,68	0,05	0,05	0,92	0,87
Bt	0,70	0,32	0,02	0,04	0,60	0,84
BC	1,08	0,46	0,02	0,04	0,57	0,88
C1	0,56	0,39	0,02	0,03	0,80	0,87
C2	2,68	0,46	0,04	0,02	2,30	0,90
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico</b>						
A1	3,64	3,10	0,12	0,15	0,80	0,92
A2	2,36	1,74	0,06	0,08	0,70	0,92
C1	0,61	0,50	0,01	0,03	0,22	0,93
C2	0,79	0,53	0,00	0,03	0,11	0,95
C3	0,64	0,25	0,00	0,02	0,20	0,91
<b>Perfil 6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>						
A	3,09	2,17	0,03	0,13	0,22	0,93
Bi1	2,74	1,82	0,02	0,12	0,18	0,93
Bi2	2,82	1,89	0,07	0,13	0,57	0,90
<b>Perfil 7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>						
A	7,24	6,09	0,23	0,24	0,98	0,93
Bi	3,85	6,09	0,17	0,18	0,93	0,95
<b>Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fibrício</b>						
C	14,12	8,20	0,56	0,48	1,16	0,99
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HISTICO Distrófico</b>						
O2	12,13	6,09	0,50	0,39	0,79	0,87
A1	12,84	5,91	0,45	0,46	1,03	0,87
C/A	9,83	4,41	0,41	0,48	1,18	0,83
C	3,47	2,10	0,20	0,27	1,31	0,82
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico</b>						
A	18,52	5,20	0,34	0,31	1,13	0,89
AB	8,87	4,56	0,21	0,26	0,81	0,91
B	4,07	2,17	0,11	0,24	0,46	0,86
BC	4,17	1,35	0,05	0,22	0,25	0,83



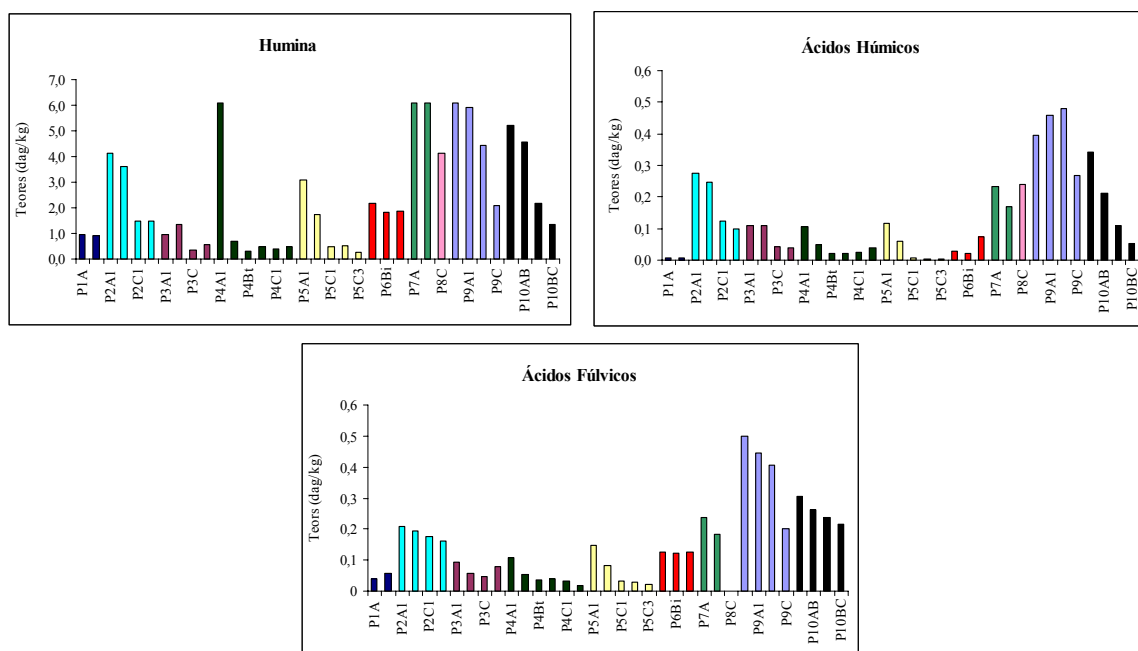


Figura 6 - Comportamento das substâncias húmicas nos perfis de solos estudados

No terço médio e inferior do relevo, nos Neossolos desenvolvidos sobre lavas basálticas e piroclastos diversos, as texturas são mais grosseiras conferindo menor proteção à M.O. e maiores quantidades das frações solúveis, além de maior movimentação em profundidade. Mesmo nestes casos, a fração humina representa a principal fração da matéria orgânica, porém em menores percentuais. É possível que altos teores de óxidos tenham atuado na adsorção das substâncias orgânicas, favorecendo a formação da humina (Pirakornphanich & Wada, 1998), o que conferiu uma maior estabilidade à matéria orgânica do solo.

Os AH e AF se comportaram de forma semelhante, apresentando baixos teores em todos os perfis, sendo os Cambissolos (P9 e P10) os que apresentaram teores pouco superiores (Figura 6). A tendência de diminuir em profundidade acompanhou a humina. No Neossolo P2 notaram-se maiores teores de AH, AF e H, devido ao maior aporte de MO pela *Colubrina glandulosa*, que foi introduzida neste local no processo de revegetação. Os demais perfis dessa classe apresentam apenas coberturas esparsas de *Cyperus atlanticus*.

A relação entre os teores de carbono na forma de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos não apresentou diferenças significativas entre os perfis. Entretanto, observa-se que a maioria dos valores é inferior a 1, demonstrando um predomínio de ácido fúlvico na fração humificada. O ácido fúlvico é a fração mais reativa e menos estável, atuando

na movimentação de cátions e iluviação de argilas humificadas no perfil em processos de podzolização (Canellas, 1999), o que não é evidente nos perfis estudados, devido à pedogênese incipiente e à mineralogia. Em solos tropicais, a intensa mineralização da matéria orgânica ou restrições edáficas à atividade biológica tornam os valores da relação AH/AF reduzidos.

A elevação no conteúdo de C-AH pode ser indicador de melhoria da qualidade do húmus ou do incremento da atividade biológica, que promove a síntese de substâncias húmicas mais condensadas. A transformação da MO pode não estar favorecendo a formação de ácido húmico, e possivelmente está havendo a estabilização direta, via interação com a fração mineral, e sua dissociação em moléculas menos condensadas (Orlov, 1998, citado por Canellas et al., 2000a).

Relação AH/AF superiores a 1, como nos horizontes superficiais dos perfis P2, P3, e P10 e subsuperficiais de P8 e P9, indicam maior movimentação da fração fúlvica, resultando em material residual mais estável. Alguns autores sugerem que a relação AH/AF próxima a 1 caracteriza material de qualidade ótima, que permitiria o estabelecimento de propriedades físicas e químicas favoráveis ao desenvolvimento de plantas (Canellas, 1999). Os perfis que mais se aproximaram dessa relação foi o P4 e P7. Os maiores teores de AH e AF nos perfis P8, P9 e P10 podem representar complexos de Al-MO com possível migração de complexos organo metálicos.

As análises realizadas não permitiram uma avaliação da recalcitrância do material vegetal predominante na ilha. Contudo, as relações C/N observadas no Quadro 9, evidenciam um material de média a elevada decomponibilidade, em detrimento aos altos teores de materiais orgânico residuais, comprovando a baixa atividade biológica nos solos da ilha.

#### **4.10. EXTRAÇÃO SEQUENCIAL DE METAIS**

Essa análise visou à identificação de metais nas suas diferentes formas de disponibilidade. Os fatores que afetam a distribuição química dos metais no solo evidentemente controlam sua solubilidade e mobilidade no ambiente, influenciando diretamente na disponibilidade destes às plantas. Consideram-se prontamente disponíveis para as plantas e outros organismos os metais em forma solúvel, dissolvidos na solução do solo, ou na forma trocável, adsorvidos às cargas do solo. Os metais

precipitados, ocluídos e formando quelatos pouco solúveis com a matéria orgânica não estão disponíveis, mas podem passar para a solução do solo pela mineralização dos ligantes orgânicos ou por mudanças de pH ou potencial redox. Finalmente, os metais que fazem parte da rede cristalina dos silicatos não são disponíveis (Coker e Matthews, 1983, Alloway, 1990b).

A quantidade de metais disponíveis nos solos e sedimentos está regulada, em parte, pelas trocas iônicas. Diversos pesquisadores admitem que a troca catiônica e a formação de quelatos com a matéria orgânica são os principais processos que facilitam a disponibilidade dos metais e o grau do impacto ambiental causado pelos mesmos. Os procedimentos de lixiviação parcial e extração total de metais em solos e sedimentos visam principalmente estabelecer a fração biodisponível ou facilmente trocável em função de variáveis físico-químicas do ambiente. Em condições normais, a principal fonte dos elementos traço em solos e sedimentos deriva do material parental das rochas que lhe deram origem. A influência do material parental no conteúdo total e forma química dos elementos traço em solos é modificada por uma variedade de processos pedogenéticos, que afetam a mobilidade e redistribuição dos elementos traço nos perfis do solo (Teódulo et al., 2003).

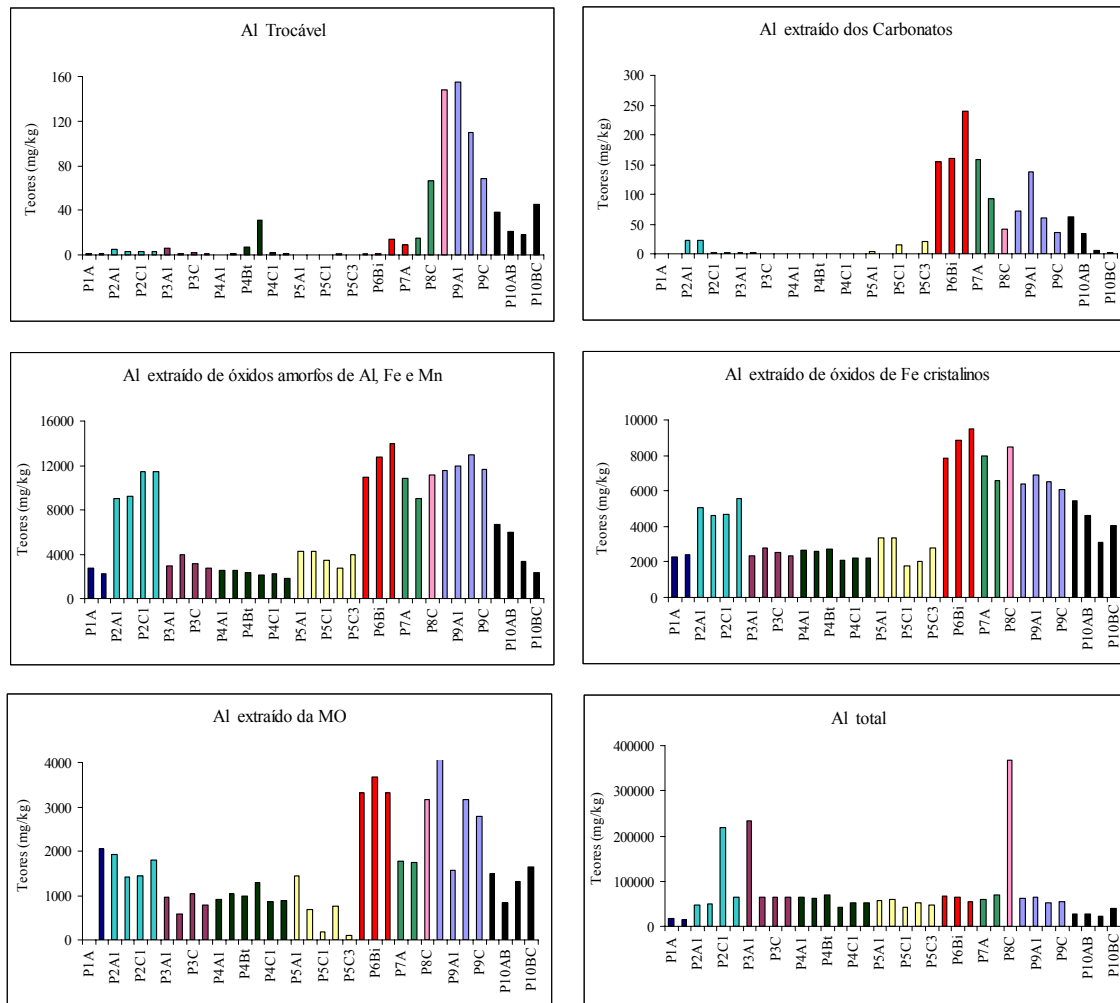
Nas figuras 7 a 17, estão ilustrados os 10 perfis estudados, com os respectivos horizontes e os teores dos elementos nas frações solúvel em água, trocável, ligada a carbonatos, ligada a óxidos amorfos, ligada a óxidos cristalinos e ligada à matéria orgânica, além dos teores totais dos elementos em cada amostra analisada. Foram analisados os seguintes elementos: Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Ti, V e Zn. Os gráficos não apresentam todos os metais, já que alguns, como magnésio, potássio e sódio, não foram possíveis de se determinar todas as extrações. O Mg foi considerado apenas na fração solúvel em água, em função do uso de  $Mg(NO_3)_2$  como extrator para a determinação dos teores trocáveis, comprometendo as demais extrações pela saturação das amostras com Mg. Os teores de Na não foram apresentados na matéria orgânica, em função da contaminação pelo extrator utilizado nessa extração, comprometendo também os teores residuais. Para alguns metais foram encontrados valores nulos em todas as extrações, não sendo, portanto, representados graficamente. São apresentados apenas os gráficos dos metais mais relevantes, os demais se encontram em anexo.

Os dados do fracionamento seqüencial revelaram diferenças basicamente ligadas à litologia e posição topográfica, permitindo distinguir dois ambientes pedogenéticos

distintos, um de solos mais jovens e menos intemperizados, aproximadamente até 450 m, e outro de solos formados a partir de materiais de origem mais intemperizados, de 450-600 m de altitude.

Os teores de  $Al^{3+}$  trocável (Figura 7) foram mais significativos de P8 a P10, ambientes onde o clima mais úmido e o acúmulo de MO em condições mais ácidas favorecem sua solubilidade, além da rocha ser rica neste elemento, sendo pobre em Si (alcalina).

Na série alcalina, os fonolitos e nefelina sienitos contêm mais alumínio que as rochas cálcio-alcalinas de igual conteúdo de Si. Isto se deve à abundância de feldspato sódico e feldspatóides entre seus componentes principais: a nefelina, leucita e cancrinita possuem mais Al que o feldspato potássico. Da mesma forma, os teores de Al ligado a compostos amorfos de Al e Fe ou cristalinos de Fe foram maiores em P6, P7, P8, P9 e P10, sugerindo maior grau de evolução destes solos e maior substituição de Al na estrutura de óxidos de Fe. A única exceção foi o perfil P2, que se mostrou diferenciado dos solos mais jovens. Os horizontes C dos perfis P2 e P8 evidenciaram elevados teores de Al total, que podem representar no saprolito tanto materiais ricos em gibbsita ou minerais como feldspato ou muscovita. O efeito da MO complexando o Al fez-se notar de forma mais pronunciada entre os perfis P6 e P10, evidenciando a importância da topografia e pedoclima na gênese dos solos de Trindade. A partir do P8 a quantidade de MO é superior, associada às coberturas de pteridófitas que fornecem quantidades apreciáveis de MO. Nos solos das partes mais baixas e secas, com maior pH, (~ 6-8) os teores de Al-MO são bem inferiores. O Al permanece dissolvido tanto em solução ácida ( $pH < 4$ ) quanto básica ( $pH > 9$ ) e o hidróxido de Al se precipita na proximidade do pH neutro. As frações ligadas a óxidos de Fe amorfos e cristalinos também apresentaram valores altos em comparação às outras frações, sendo os maiores teores encontrados a partir do P6, devido ao maior intemperismo dos solos encontrados a maiores altitudes e maior quantidade de óxidos.



Legenda:

- Perfil 1 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico
- Perfil 2 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico
- Perfil 3 – NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico
- Perfil 4 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico
- Perfil 5 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico
- Perfil 6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico
- Perfil 7 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico
- Perfil 8 – ORGANOSSOLO FÓLICO Fíbrico
- Perfil 9 – CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico
- Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico

Figura 7- Teores de Al total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

De certa forma, os teores de Ca (Figura 8) apresentaram comportamento inverso ao Al, corroborando a importância do pH na distribuição dos dois elementos igualmente litófilos, na classificação de Goldschmidt. No solo mais próximo do mar, onde são esperados aportes de sprays marinhos e carbonatos bioclásticos, os teores de Ca solúveis foram bem maiores.

O Ca trocável foi elevado de P1 a P5, onde o pH é maior e os solos bem mais jovens, em geral influenciados por rochas máficas, basálticas (como destaque, o P5) assim como descrito por Peterman & Hedge (1971) e Nascimento e Gorayeb (2004) para teores de Ca em basaltos. Houve detecção de Ca ligado a óxidos (cristalinos e amorfos) de Fe, que deve representar minerais reliquiais de Ca dentro de nódulos e concreções ferruginosas nos solos mais desenvolvidos das partes altas e mais intemperizadas, onde a acidez é maior. Nos solos mais jovens, esta tendência foi menor. Esses nódulos foram observados na mineralogia da fração areia.

A ciclagem e a presença de húmus cálcico são bem evidenciadas pelos maiores teores de Ca ligado a MO e total entre os perfis P1 e P5, indicando solos mais jovens e estabilização de MO pela formação de humatos de Ca (Brydon & Sowden, 1959; Volkoff & Cerri, 1980). O Ca total foi muito baixo nos solos mais elevados da ilha, onde o pH é ácido e o grau de intemperismo bem maior, com menor possibilidade de aportes marinhos.

Teores trocáveis mais elevados de Cr foram obtidos em P4, solos desenvolvidos de tufos, que também revelou os maiores teores totais, denotando influência mantélica mais profunda (ultramáfica) neste solo. Com frequência, os minerais de Fe de origem ígnea são cromáfiros, devido à presença do Cr na estrutura da magnetita.

Os teores de Cr ligado a óxidos de Fe, cristalinos ou amorfos, foram maiores em P2, P4 e P10 (Figura 9), sendo o último derivado de rocha alcalina (fonolito), mais comum em rochas básicas. Os teores de Cr nos óxidos cristalinos, no entanto, foram pouco variáveis entre os solos estudados. Os teores totais foram menores em P1, P2, P8 e P9, sendo, portanto, não associado à posição dos solos e ao pedoclima, mas sim a variações litogênicas. No solo P10, teores de Cr complexado com MO se verificaram mesmo em solos com Cr total baixo. Nas soluções que se formam durante o intemperismo, só se perde uma quantidade muito pequena de Cr. Os teores de Cr total foram baixos, como sugere Motoki et al. (1987) para rochas alcalinas.

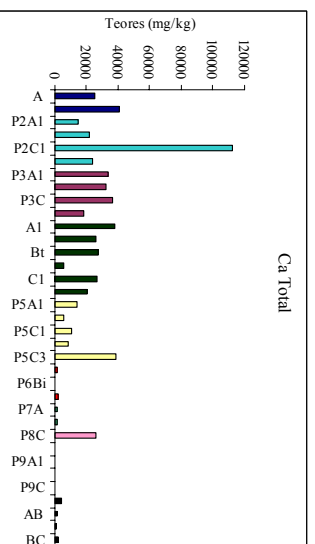
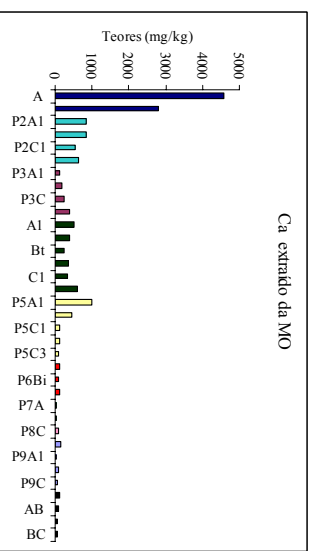
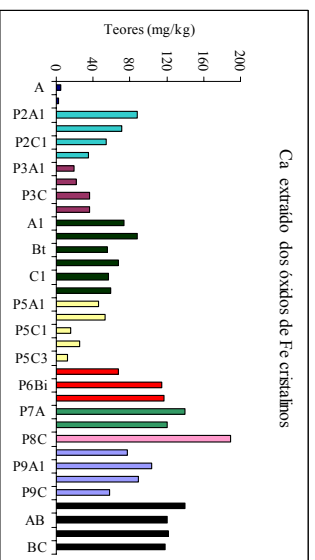
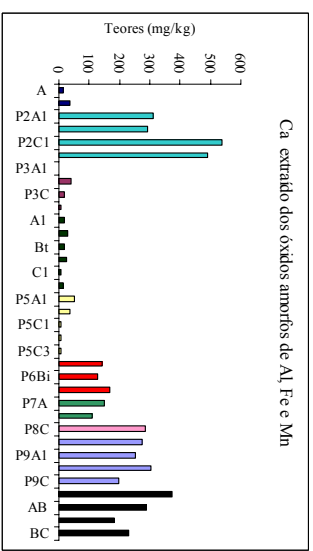
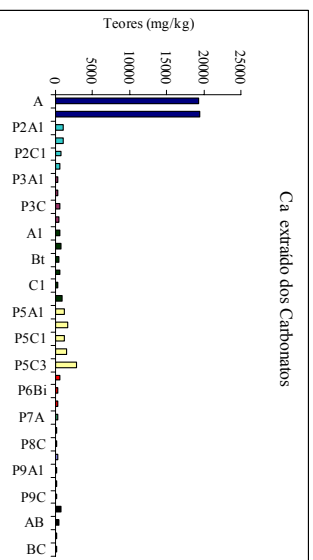
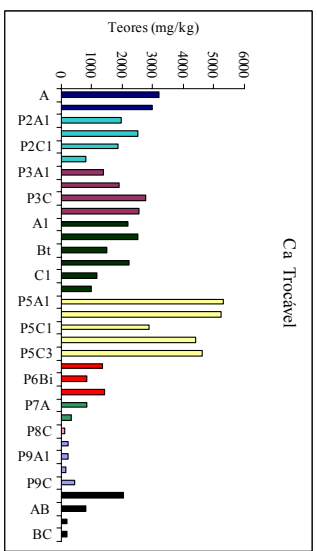
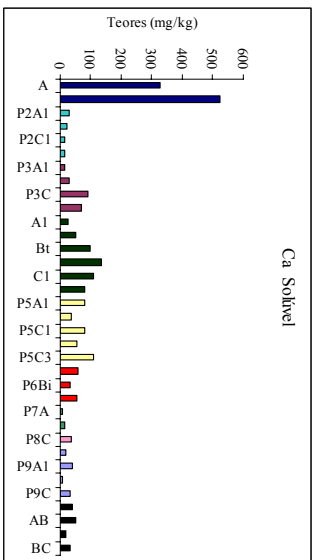


Figura 8 - Teores de Ca total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

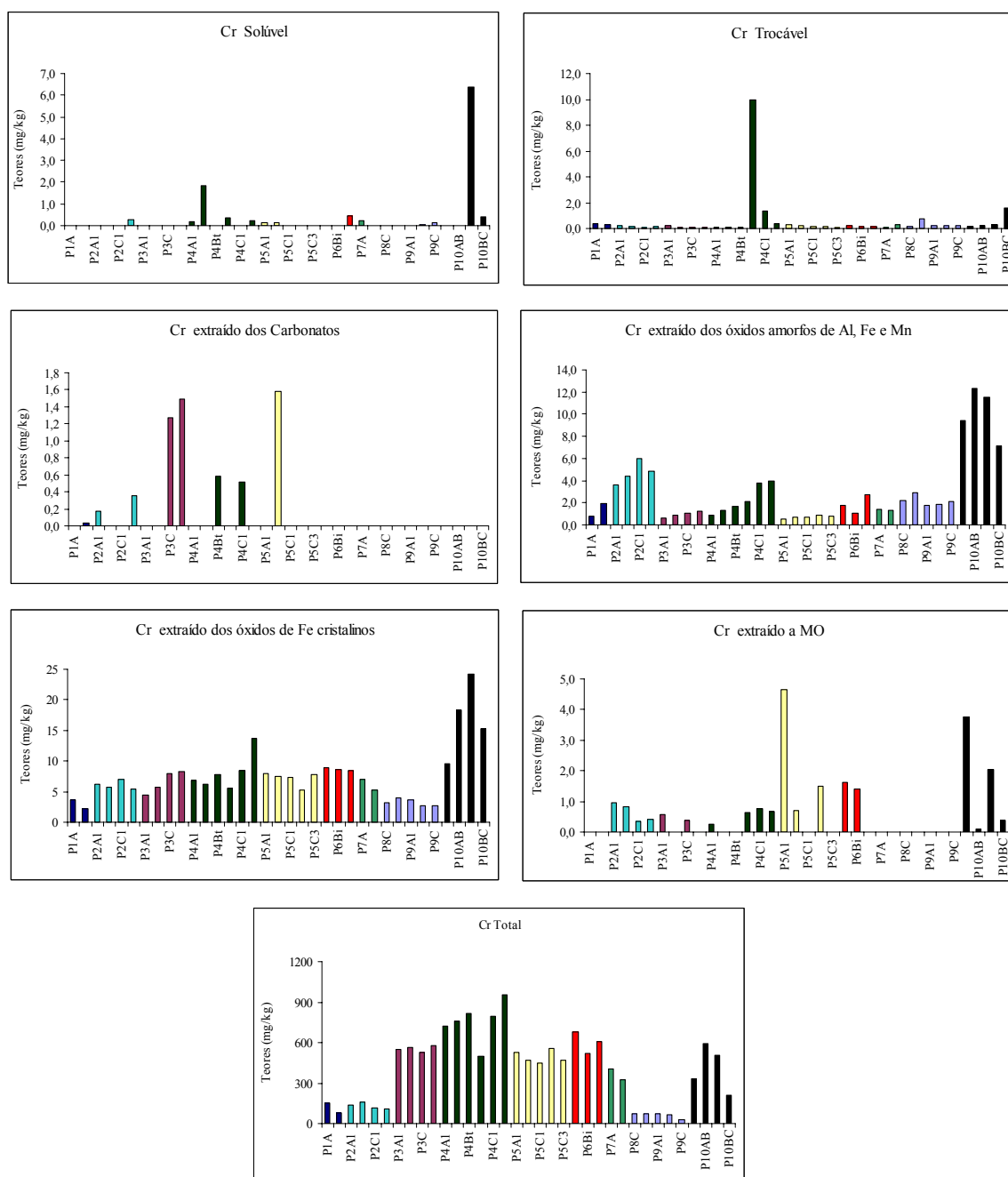


Figura 9 - Teores de Cr total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração seqüencial

Os teores de Cu foram altamente variáveis, com Cu ligado a MO maior nos solos mais elevados e mais ricos em MO (a partir de P4); Cu total maior nos solos mais próximos do mar, em cotas altimétricas mais baixas e solos mais jovens, com menores teores nos solos derivados de rochas alcalinas (P9 e P10) (Figura 10). Não se observou uma tendência de associação entre as frações seqüenciais deste elemento.

O cobre pode substituir o ferro em pequenas quantidades quando falta uma reserva de enxofre, devido a uma oxidação ou cristalização precedente. O Cu se



dissolve na forma iônica durante o intemperismo, depositando-se em maior proporção como sulfeto. Outra parte fica retida nos sedimentos dos hidrolisados. Uma última parte se incorpora aos oxidados de Fe e nódulos de Mn, junto com Ni, Co, Zn, Pb e outros metais, podendo formar-se compostos de adsorção (Pott, 1987). Verificou-se Cu ligado a carbonatos apenas no P5, sendo que Dias (2000) mostra que o Cu é um dos 20 oligoelementos presentes em carbonatos biogênicos e o P1 é o solo que apresenta maior quantidade deste tipo de carbonato.

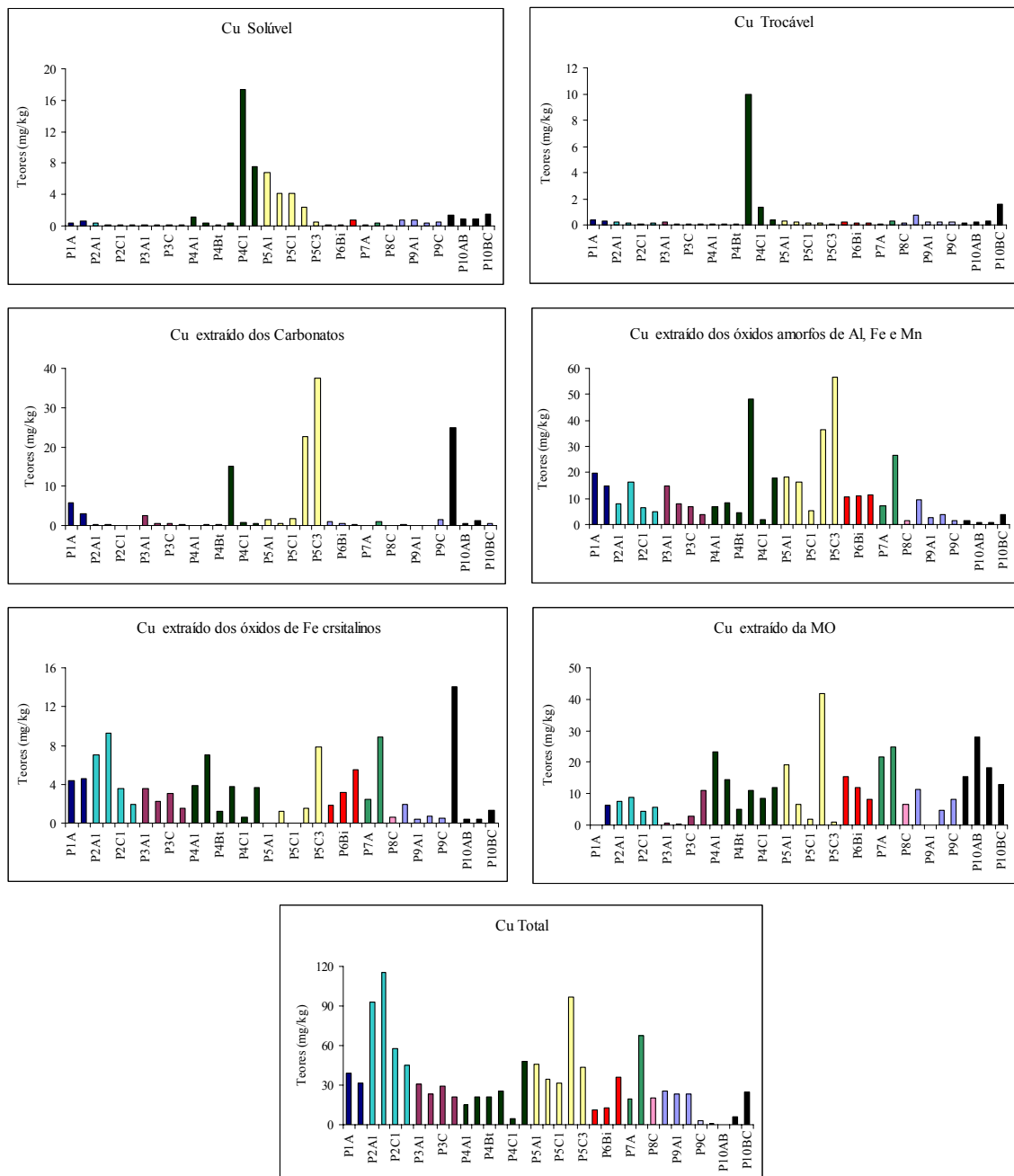


Figura 10 - Teores de Cu total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

Os teores de Fe na fração trocável e ligados a carbonatos foram praticamente insignificantes quando comparados às outras frações. Apenas os perfis que se encontram nas maiores altitudes (P8, P9 e P10) apresentaram teores pouco superiores (Figura 11), pela presença de concreções ferruginosas com nódulos de carbonatos. Foram encontrados teores elevados de Fe total em todos os perfis, sobressaindo-se no P4, que também apresentou maiores teores nas demais frações, com exceção da fração ligada a óxidos amorfos de Al, Fe e Mn, onde os maiores teores foram encontrados no P10, apesar do material de origem ser alcalino.

O P4, por ser formado por tufos e lavas basálticas, é mais rico em minerais máficos, e também são materiais mais facilmente intemperizados, o que facilita a formação de maior quantidade de óxidos de Fe cristalinos, fato que pode ser observado pelos altos teores dessa fração em todos os perfis (exceto o P1, formado praticamente por materiais carbonáticos). Os altos teores de Fe encontrados no P10 não eram esperados, já que é um solo originado de rochas alcalinas, mas em alguns fonolitos é comum a olivina rica em ferro, o diopsídio e a augita titanífera. Os conteúdos de Fe total são condizentes aos relatados por Motoki et al. (1987), Bell & Powell (1969) e Cunha et al (1990) para rochas alcalinas e para rochas básicas (Nascimento e Gorayeb, 2004).

Os teores de K total não foram tão elevados como o Fe, Al e Ca, com os maiores valores encontrados próximos a 800 mg/kg no P2 e P7, seguidos por P8, P9 e P10 (Figura 12). Isso pode estar ligado a uma maior quantidade de feldspatos, enquanto os perfis P3, P4 e P5, apresentaram teores muito baixos de K, representando pobreza nesses minerais.

Os perfis P8 a P10 são originados de fonolitos, ricos em feldspatóides (leucita e nefelina), que são fontes de K pouco disponíveis. A fração ligada a MO se manteve uniforme, mesmo naqueles perfis mais ricos em MO, sendo a fração que teve os maiores teores de K. As frações solúvel e trocável tiveram o mesmo comportamento, apresentando baixos teores, principalmente na fração solúvel, sendo os Neossolos e Nitossolo das partes mais baixas e secas, os que apresentaram maiores teores. Nos demais perfis, os teores foram muito baixos, o que pode ser atribuído à maior lixiviação das partes mais úmidas e elevadas.

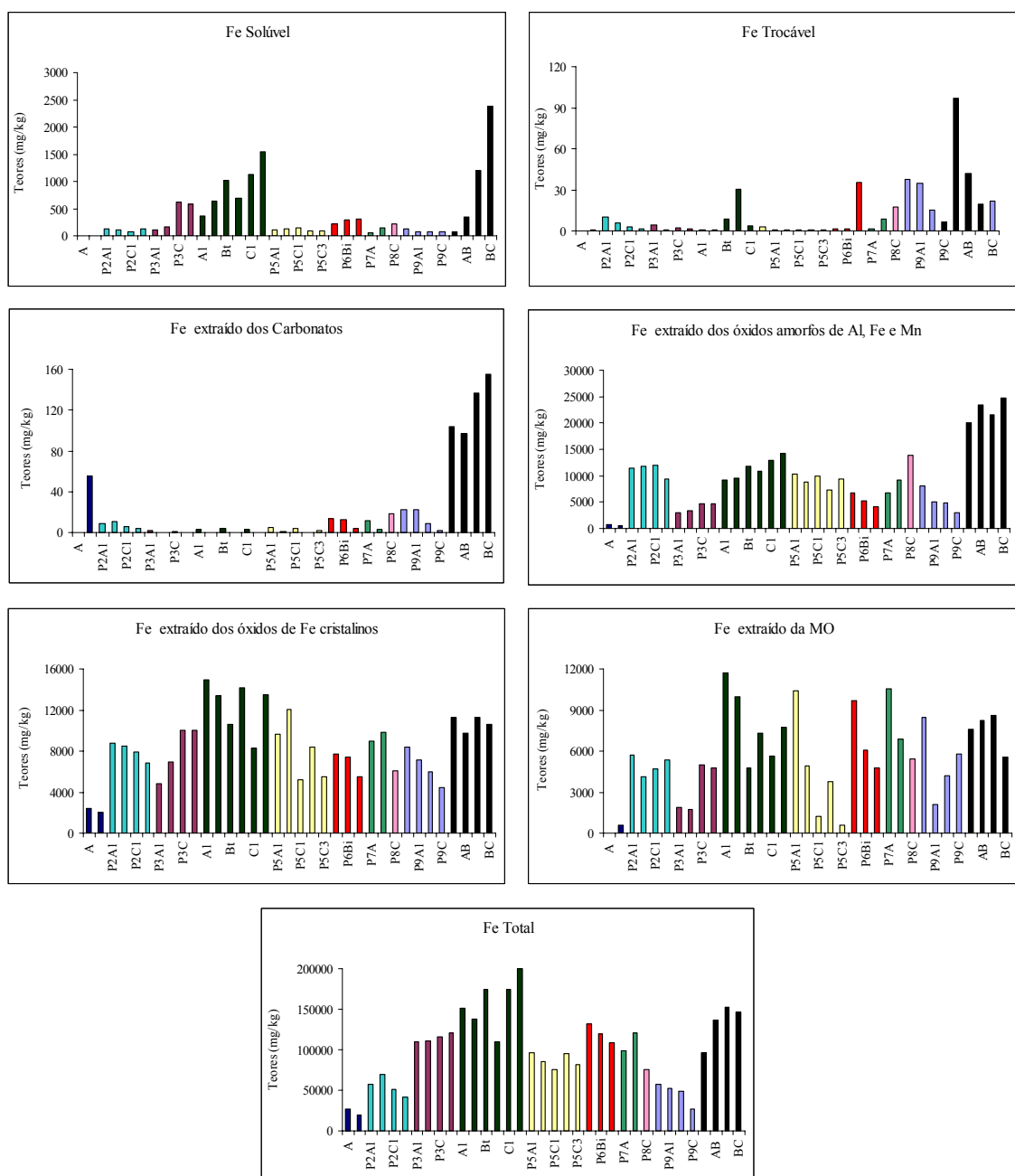


Figura 11 - Teores de Fe total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração seqüencial

A fração ligada a carbonatos mostrou comportamento parecido com os anteriores. De P1 a P5 foram encontrados altos teores, em comparação aos demais ambientes, devido ao maior pH desses perfis. As frações ligadas a óxidos de Fe amorfos e cristalinos representam muito pouco do K, sendo o P5 aquele que teve o maior teor dentre todos os perfis. Os teores totais foram menores que os encontrados na literatura, na faixa de 30.000 a 50.000 mg/kg para rochas alcalinas e 20.000 a 30.000 mg/kg para

rochas basálticas, o que mostra que os solos apesar de jovens, já perderam quantidade apreciável deste metal.

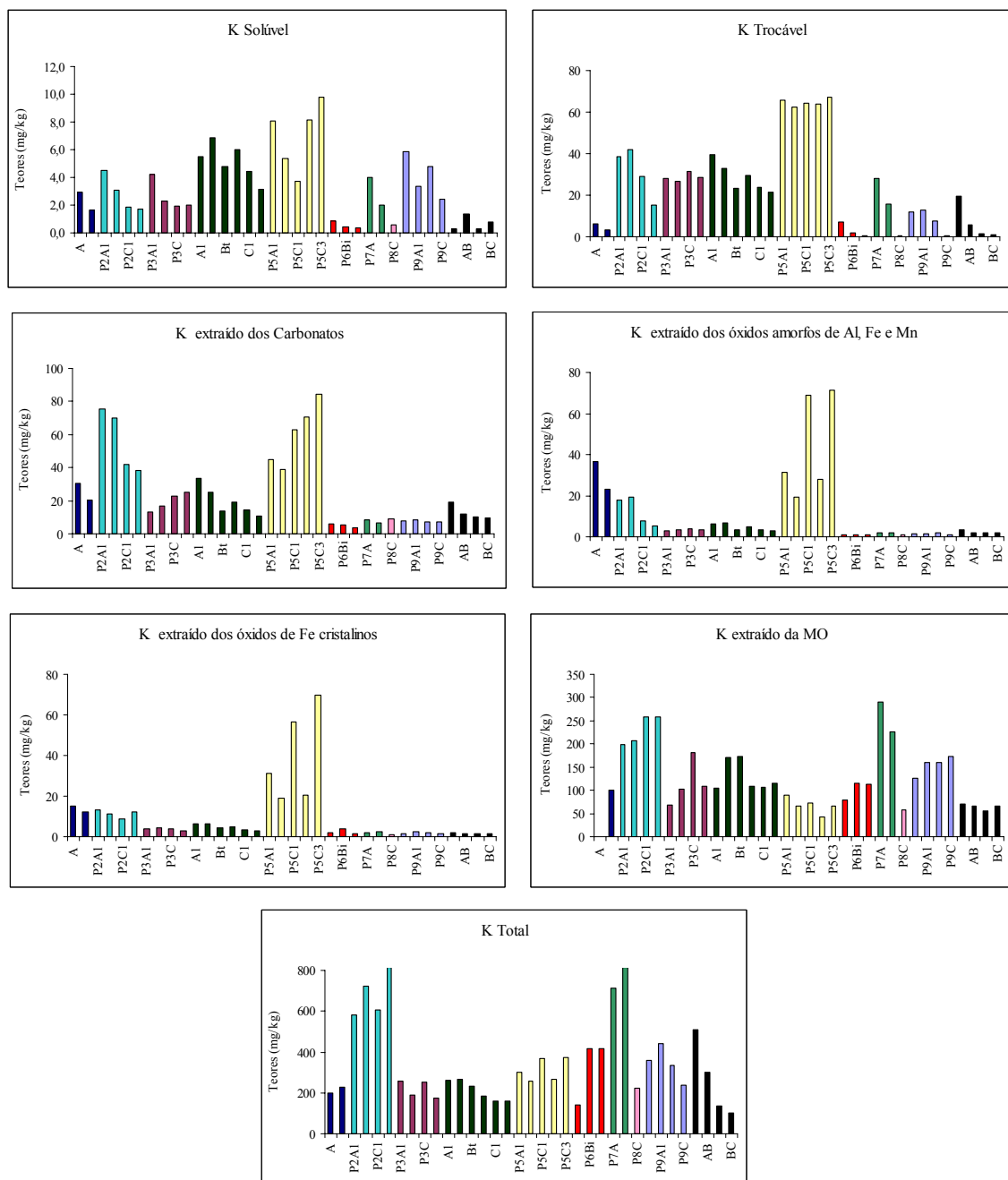


Figura 12 - Teores de K total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

Os teores de Mg só foram obtidos na fração solúvel e total, sendo os teores solúveis baixos e uniformes, com exceção do horizonte BC do P4. Os maiores teores totais foram encontrados nos Neossolos P1, P3, P5. Altos teores de Mg também foram encontrados na fração areia desses mesmos perfis, como pode ser visto no item 3.9. Este Mg está associado a minerais ferromagnesianos presentes nos materiais piroclásticos presentes nas partes mais baixas e menos intemperizada.

Os maiores teores de Mn foram encontrados na fração ligada a MO, sendo os perfis de rochas basálticas aqueles que apresentaram valores superiores, não só nessa fração, mas em todas as outras. Em rochas ígneas, o Mn acompanha o Fe e seu teor é maior em rochas básicas que alcalinas. Os silicatos opacos, que contêm grupos de hidroxilas em suas estruturas, são mais ricos em Mn. Assim, a biotita chega a alcançar 1% de MnO e a hornblenda 0,3%. Em geral, estes minerais tendem a recolher vários elementos acessórios em suas estruturas. Outros silicatos que contêm elevados teores de Mn são almandina (3%), turmalina (2%), piropo (0,6) e augita (0,4%). A magnetita e ilmenita, que são os componentes opacos mais comuns das rochas ígneas, o conteúdo em Mn é inferior, algumas vezes 1,5% de MnO. As apatitas de rochas alcalinas são muito ricas em Mn, mas este não pode substituir o Ca nos feldspatos e feldspatóides (Henderson, 1984; Pott, 1987; Krauskopf and Bird, 1995).

O Mn extraído de minerais amorfos de Al e Mn foi elevado nos perfis P4 a P7 (Figura 13), que são os mesmos originados de rochas máficas, enquanto os óxidos de Fe cristalinos abrangeram mais perfis, de P2 a P7. O P1 e P8 a P10 apresentaram teores menores, o primeiro por ser de origem carbonática e os demais de fonolitos onde aparentemente não houve substituição do Ca por Mn nos feldspatóides.

O Mn total se comportou da mesma forma que os óxidos de Fe cristalinos, e as frações solúvel e trocável foram baixas em todos os perfis, sobressaindo pouco no P4. Durante o intemperismo, o Mn se dissolve principalmente na forma de bicarbonato,  $Mn(HCO_3)_2$ . O Mn se dissolve nas águas que contêm  $CO_2$  e sulfatos com mais facilidade que o Fe, e os compostos manganosos são mais estáveis em solução que os ferrosos. Mn alcança sua máxima solubilidade nas soluções ácidas quando está na forma bivalente. O bicarbonato manganoso é estável em dissolução em condições redutoras, por ex., quando existem compostos húmicos (Pott, 1987; Krauskopf and Bird, 1995). Portanto, os complexos húmicos têm importância para o transporte do Mn. Isso ocorre nos perfis de rochas alcalinas com maior teor de MO, onde a solubilidade do Mn é praticamente nula.

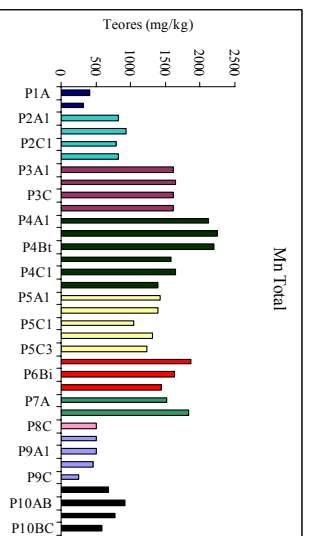
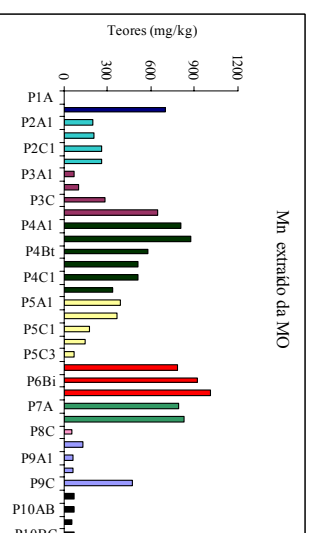
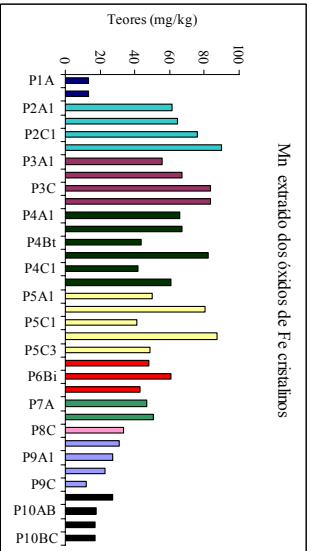
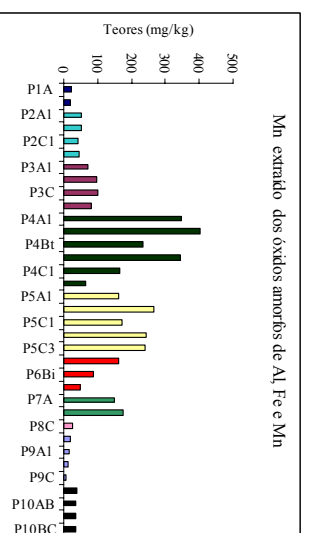
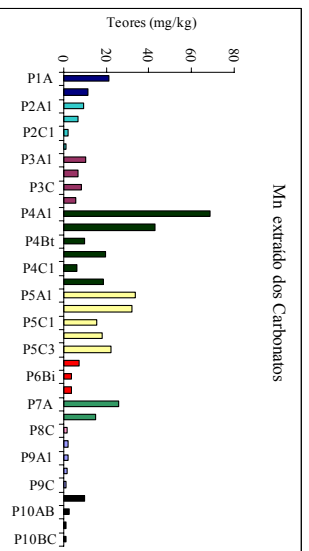
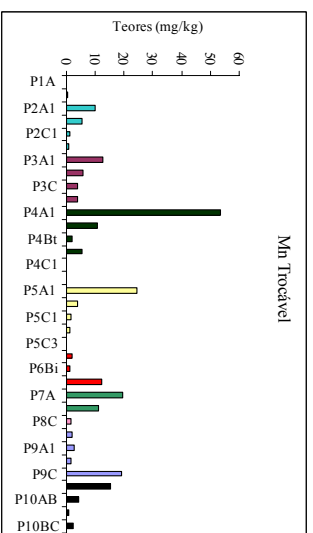
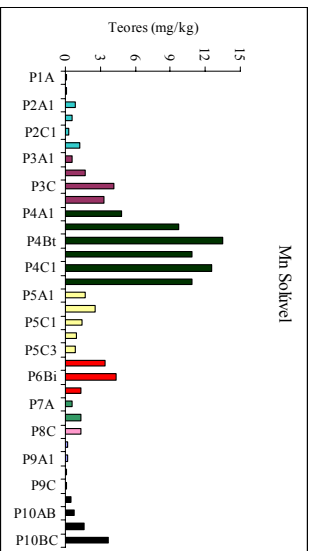


Figura 13 - Teores de Mn total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

O Na total teve maiores teores nos perfis de rochas alcalinas, onde o teor de álcalis é superior às rochas básicas, sendo o Na<sub>2</sub>O constituinte dos feldspatóides e feldspatos (plagioclásio). Os teores totais de Na foram baixos em relação àqueles encontrados na literatura, que variam de 40.000 – 70.000 mg/kg em rochas básicas e alcalinas, respectivamente (Nascimento e Gorayeb, 2004; Motoki et al., 1987). A fração solúvel permaneceu de forma equilibrada entre os perfis, mas com teores baixos, enquanto na fração trocável os teores foram superiores, sobressaindo os perfis P2 a P5 (Figura 14) por estarem em condições mais secas e com pH mais elevado. Não ocorreu influência aparente dos sais marinhos nos teores de Na nos perfis mais próximos ao mar.

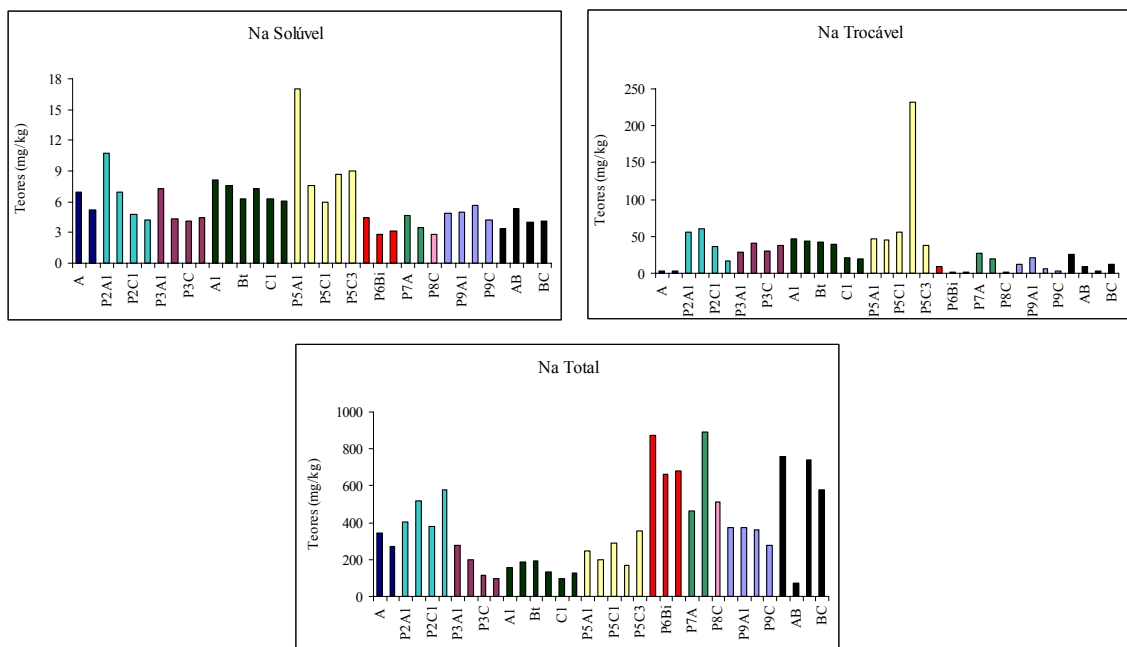


Figura 14 - Teores de Na total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração seqüencial

Nas rochas alcalinas, há pobreza generalizada de Ni, ocorrendo às vezes em rochas básicas e em particular nas ultrabásicas, formando minerais contendo Fe-Ni. Os silicatos de Ni estão intimamente relacionados com os minerais correspondentes de Mg, tanto no aspecto estrutural como geoquímico, e podem se apresentar associados a estes (Pott, 1987). O Ni tem tendência a se concentrar nos primeiros minerais magnesianos e ferromagnesianos que se cristalizam. Nos feldspatos e feldspatóides há escassez de Ni, que passa, em grande parte, a produtos sólidos da desintegração e se deposita em sedimentos de hidrolisados, sendo, portanto, as formas solúveis e trocáveis praticamente

nulas (Henderson, 1984). Os teores de Ni total foram maiores nos perfis originados de basaltos (P3 a P7), enquanto nos perfis de rochas alcalinas os teores foram quase nulos (Figura 15), como observado para fonolitos (Cunha et al., 1990) e Nefelina fonolito (Motoki et al., 1987).

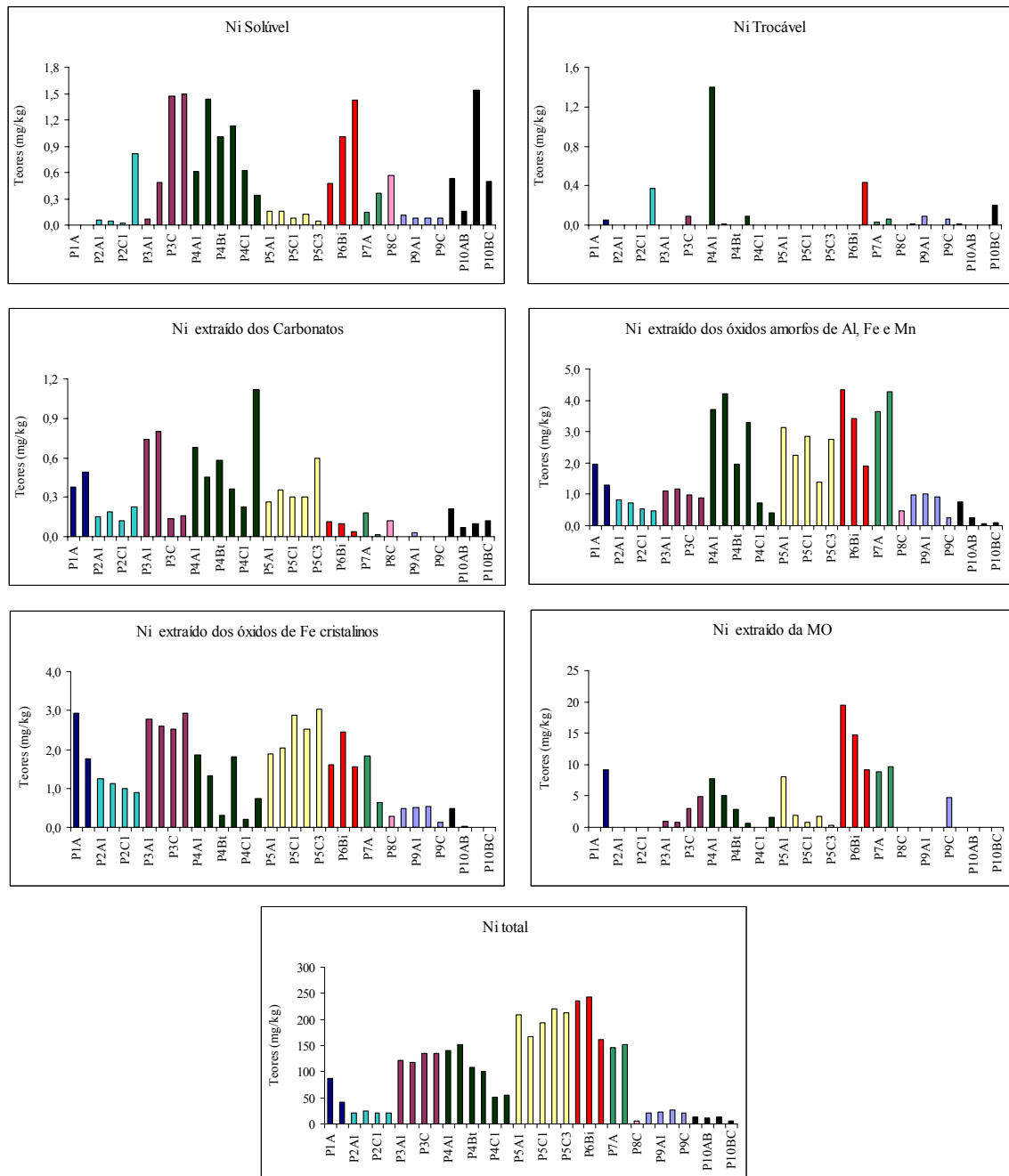


Figura 15- Teores de Ni total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial



Praticamente todo o Ni se encontra na fração total, comprovando a existência de Ni apenas nas estruturas dos minerais. Apesar dos perfis P3 a P7 terem menor quantidade de MO, os teores relacionados a essa fração foram maiores nesses perfis do que aqueles ricos em MO (P8 a P10), pelo fato do teor de Ni em rochas alcalinas ser muito baixo. Na fração ligada a óxidos de Al Fe e Mn amorfos e óxidos de Fe cristalinos, o comportamento foi semelhante ao total, apenas com teores uniformes em P1 e P2 e pouco superior nos perfis entre P3 a P7.

Os minerais de Ti mais abundantes são a ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ), rutilo ( $\text{TiO}_2$ ) e titanita ( $\text{CaTi}[\text{O,OH,F}]\text{SiO}_4$ ). A ilmenita contém 52,7% de  $\text{TiO}_2$  e a titanita 41% (Pott, 1987). Estes três minerais são componentes acessórios de muitas rochas presentes em Trindade, que apresentam valor de  $\text{TiO}_2$  variando de 0,30 a 3,6% (Quadro 1). Por essa razão, o teor de Ti total foi elevado em todos os perfis, com valores próximos aos relatados para rochas basálticas (Nascimento e Gorayeb, 2004), sendo os perfis P1, P2, P8 e P9 os que apresentaram teores menores (Figura 16). A razão dos elevados teores de Ti no ataque total se deve ao titânio estar presente nas estruturas de muitos dos minerais resistentes.

Nas rochas alcalinas, o Ti apresentou maiores teores na fração solúvel. Os sais solúveis de Ti se hidrolisam com facilidade. Em consequência, durante o intemperismo, o Ti fica em grande parte nos minerais pouco alteráveis. Os minerais petrográficos de Ti mais importantes, ilmenita e rutilo, são estáveis durante o intemperismo, mantendo-se inalterados nos produtos intemperizados (Milnes & Fitzpatrick, 1989). De quase todos os minerais opacos de rochas ígneas se conhecem variedades que contêm apreciáveis teores de Ti. Estes minerais, que são considerados às vezes como espécies independentes, compreendem granada, biotita (Wodanita), augita e anfibólio titaníferos. A biotita pode conter até 1,5% de  $\text{TiO}_2$  e as variedades ricas em Fe (hepidomelana) das rochas alcalinas até 4,5%. Na hornblenda pode existir até 1,3% de  $\text{TiO}_2$  e na augita 0,7% (Pott, 1987). Nos solos de Trindade, os teores totais de  $\text{TiO}_2$  variaram de 1 a 6%.

Os teores de Zn total foram uniformes, com exceção do P6 (Figura 17), que apresentou valores muito superiores, devido à sua riqueza litogênica. Nos perfis de rochas alcalinas os teores de Zn ligados à fração MO foi menor, mesmo com elevada quantidade de MO nestes solos, devido à baixa concentração deste metal neste tipo de rocha (Cunha et al., 1990). A fração ligada a óxidos tanto amorfos quanto cristalinos, foi superior nos perfis de rochas máficas e as frações solúvel e trocável foram variáveis,

porém maior nas partes altas, sem relação com o Zn total, indicando possível aporte biogênico.

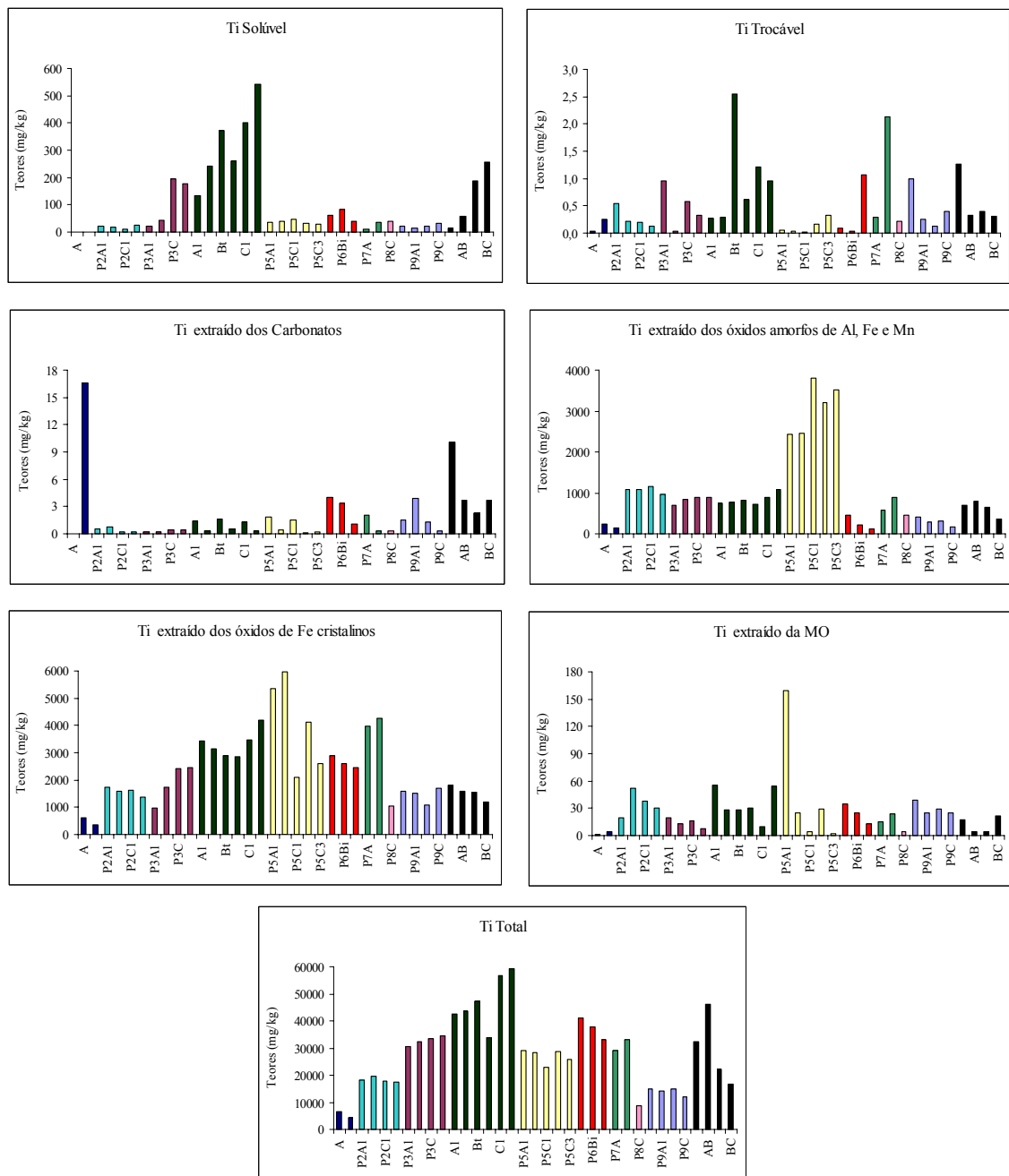


Figura 16 - Teores de Ti total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

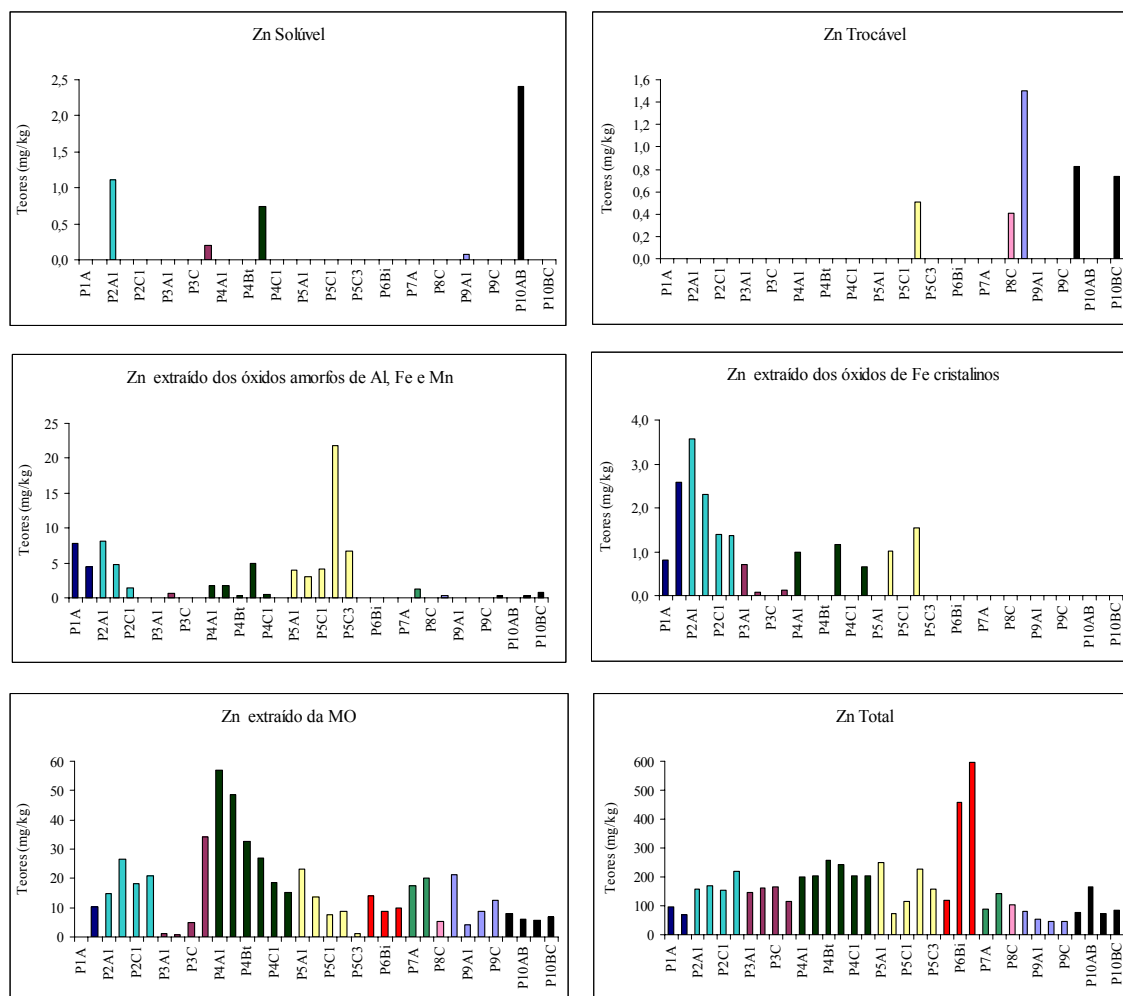


Figura 17 - Teores de Zn total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração seqüencial

Em ilhas oceânicas, como Trindade, apesar do clima tropical, existem muitos minerais primários na fração argila dos solos, por estes terem sofrido pouca pedogênese. Assim, a atenuação dos metais deve-se, principalmente, à precipitação, oclusão e retenção, que são funções, em sua quase totalidade, da presença de altos níveis de hidróxidos e óxidos amorfos de Al e Fe e dos teores de matéria orgânica (Labauve et al, 1988; Pereira Neto, 1995). Condizente com este modelo, os solos de Trindade apresentaram na extração seqüencial maiores teores dos metais Cu, K, Mn, Ni e Zn na fração ligada a MO e na fração ligada a óxidos de Al, Mn e Fe amorfos. Na fração ligada a óxidos de Fe cristalinos, o Cr e Ti tiveram os maiores teores em relação ao total. Assim, em solos tropicais, o teor de matéria orgânica exerce grande influência no

comportamento de metais, pois dela depende a formação de complexos solúveis ou não, de acordo com a natureza dos ligantes orgânicos. Os complexos metálicos com ácidos fúlvicos, proteínas e aminoácidos livres são geralmente solúveis, enquanto aqueles formados com ácidos húmicos são insolúveis. Mas a fração solúvel da matéria orgânica pode se tornar insolúvel ao formar complexos organo-minerais com a argila. Neste tipo de reação os íons metálicos funcionam como ponte entre a fração orgânica e a mineral, sendo então imobilizados (Egreja Filho, 2000).

De forma geral, os teores disponíveis, aqueles encontrados na fração solúvel e trocável, foram muito baixos em relação à fração total de cada metal, mostrando que apesar de os solos de Trindade possuírem riqueza nestes metais, eles se encontram nas estruturas cristalinas dos minerais, nos complexos de MO e de Al e Fe, tanto amorfos quanto cristalinos. A fração ligada a carbonatos foi importante apenas para o perfil 1, principalmente para o Ca, como já comentado anteriormente, pelo material de origem de areia carbonática. Nos demais perfis, a contribuição de carbonatos se deve principalmente às eventuais cascas de ovos nos ninhais das aves e dos exoesqueletos dos caranguejos terrestres que infestam todas as partes da ilha, inclusive nos picos mais altos.

#### **4.11. METAIS EXTRAÍDOS COM DITIONITO-CITRATO-BICARBONATO E OXALATO DE AMÔNIO**

Nas partes elevadas, os perfis P7 e P9 apresentam valores de Al na extração com oxalato superiores, indicando predominância de formas amorfas, enquanto nos demais perfis predominaram as formas de Al extraídas por ditionito, associados aos óxidos de ferro. (Quadro 12). Altas quantidades de Al e Fe extraíveis por oxalato são associadas com horizontes tendo alta carga dependente de pH e alta capacidade de fixação de fósforo (McKeague, 1966). Nos solos P6, P9 e P10 os teores foram semelhantes nas duas formas de extração. Isso indica que nos solos originados de rochas máficas existem minerais que não tiveram tempo de sofrer cristalização completa e a maior parte do Al está presente nos minerais amorfos, enquanto nas rochas alcalinas ocorreu o contrário, com maior cristalização dos minerais contendo Al. A relação  $Al_{ox}/Al_d$  (~ 1-2) não variou muito quanto a posição dos solos na paisagem, material de origem e profundidade do perfil. Nos cambissolos P6 e P10 foram encontrados maiores teores nas formas

cristalinas, pois são solos mais intemperizados, e devem possuir gibbsita, apesar deste mineral ter sido encontrado pelo ATD somente nos perfis P6 e P7. No caso do P10, é possível que sejam polímeros de Al com pouca cristalinidade (Hsu, 1989), tendo também substituição de Al nos óxidos de Fe.

Valores relativamente altos de Fe foram encontrados em todos os perfis, com predomínio de formas cristalinas em todos os ambientes estudados. Os menores valores de  $Fe_{ox}$  e relações de  $Fe_{ox}/Fe_d$  mais estreitas indicam formas bem mais cristalizadas de óxidos de ferro, a exemplo do que encontram Pombo et al. (1982) e Centurion (1995) para Latossolos desenvolvidos de rochas basálticas. Em solos tropicais, a baixa razão  $Fe_{ox}/Fe_d$  mostra que a concentração de ferrihidrita é muito pequena (Fontes e Weed, 1991; Mota e Kämpf, 1992), o que é explicado por uma menor interferência de Si (ambientes mais dessilicalizado) e de compostos orgânicos (ambientes mais oxidantes) (Kämpf e Curi, 2000). De acordo com Schwertmann & Kämpf (1983), os maiores teores de  $Fe_{ox}$  na camada superficial deve-se à complexação do ferro com a matéria orgânica do solo presente em maior quantidade nesta camada, o que inibe a cristalização dos óxidos, fato este que aconteceu no Cambissolo Hístico onde o horizonte A é muito rico em matéria orgânica.

Para o Mn, as formas cristalinas foram superiores as amorfas em todos os perfis. Com algumas exceções, há aumento da cristalinidade das formas de Al, Fe, Mn e Si em profundidade, indicado pela redução relativa da relação oxalato/ditionito, acompanhando a redução no teor de carbono em maiores profundidades. Os maiores teores de Mn foram encontrados nos perfis P4, P6 e P7, o primeiro por ser originado de rochas máficas, mais ricas nesse elemento e os demais por estarem em estágio mais avançado de intemperismo.

**Quadro 12. Teores de Al, Si, Fe, Mn, obtidos pela extração com ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato de amônio em TFSA e relação oxalato/ditionito**

Horizontes	OXALATO				DITIONITO				RAZÃO			
	Al	Fe	Mn	Si	Al	Fe	Mn	Si	Alo/ Ald	Feo/ Fed	Mno/ Mnd	Sio/ Sid
-----dag/Kg-----												
<b>Perfil 1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico</b>												
A	0,74	0,27	0,00	0,55	0,25	0,69	0,00	0,48	2,98	0,39	0,00	1,14
C1+C2	0,58	0,11	0,00	0,36	0,23	0,52	0,00	0,47	2,54	0,21	0,00	0,77
<b>Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico</b>												
A1	2,31	3,32	0,01	0,14	1,90	4,89	0,04	0,60	1,23	0,68	0,23	0,23
A2	2,21	3,26	0,01	0,13	2,01	5,31	0,04	0,62	1,10	0,62	0,18	0,22
C1	2,66	3,37	0,01	0,13	2,23	4,93	0,05	0,62	1,19	0,68	0,15	0,22
C2	2,60	2,60	0,02	0,19	2,10	4,15	0,05	0,63	1,26	0,64	0,33	0,30
<b>Perfil 3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico</b>												
A1	0,82	1,76	0,02	0,52	0,48	3,93	0,06	0,67	1,71	0,45	0,39	0,81
A2	0,97	1,83	0,03	0,54	0,55	4,75	0,07	0,67	1,78	0,39	0,44	0,81
C	0,84	1,99	0,03	0,47	0,59	6,77	0,09	0,75	1,42	0,29	0,37	0,63
CR	0,75	1,96	0,03	0,46	0,54	6,37	0,08	0,76	1,37	0,31	0,37	0,61
<b>Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico</b>												
A1	0,67	3,61	0,12	0,34	0,74	11,24	0,20	0,75	0,91	0,32	0,58	0,46
AB	0,71	3,86	0,13	0,37	0,74	11,86	0,21	0,76	0,96	0,33	0,61	0,49
Bt	0,71	4,65	0,08	0,44	0,76	11,76	0,14	0,73	0,93	0,40	0,56	0,61
BC	0,65	4,29	0,11	0,45	0,75	12,59	0,20	0,75	0,87	0,34	0,56	0,60
C1	0,49	3,57	0,04	0,33	0,73	12,25	0,11	0,67	0,67	0,29	0,35	0,49
C2	0,41	3,93	0,08	0,33	0,76	13,19	0,07	0,73	0,54	0,30	0,10	0,45
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico</b>												
A1	0,96	3,21	0,06	0,95	0,71	5,52	0,09	0,93	1,39	0,59	0,64	1,05
A2	1,1	3,15	0,08	0,89	0,78	6,73	0,13	0,97	1,37	0,47	0,62	0,93
C1	0,88	3,45	0,05	1,36	0,39	3,61	0,06	0,89	2,24	0,96	0,73	1,52
C2	0,69	3,09	0,07	0,91	0,42	4,67	0,09	0,88	1,66	0,66	0,71	1,03
C3	0,94	2,77	0,05	1,35	0,38	3,42	0,07	0,75	2,46	0,81	0,62	1,79
<b>Perfil 6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>												
A	2,87	2,37	0,06	0,59	3,11	12,23	0,18	0,77	0,90	0,19	0,31	0,77
Bi1	3,53	1,91	0,02	0,75	3,64	12,89	0,16	0,78	0,98	0,15	0,13	0,98
Bi2	3,40	12,29	0,00	0,71	4,04	12,07	0,16	0,75	0,84	0,10	0,01	0,95
<b>Perfil 7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>												
A	2,81	2,56	0,05	0,67	2,06	7,86	0,13	0,70	1,37	0,33	0,39	0,97
Bi	1,68	2,85	0,07	0,35	1,94	11,08	0,14	0,60	0,87	0,26	0,51	0,59
<b>Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fíbrico</b>												
C	2,94	4,25	0,00	0,08	3,38	7,85	0,01	0,44	0,87	0,54	0,00	0,19
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico</b>												
O2	2,35	2,32	0,00	0,09	2,29	5,19	0,01	0,43	1,03	0,45	0,00	0,21
A1	2,41	1,65	0,00	0,09	2,15	4,28	0,01	0,41	1,12	0,38	0,00	0,21
C/A	2,84	1,54	0,00	0,09	2,95	5,89	0,03	0,54	0,99	0,29	0,00	0,18
C	3,07	1,02	0,00	0,13	2,13	2,29	0,00	0,37	1,45	0,44	0,00	0,34
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico</b>												
A	1,77	6,61	0,00	0,15	2,05	14,15	0,03	0,50	0,83	0,49	0,02	0,29
AB	1,43	7,64	0,00	0,03	1,69	14,32	0,02	0,40	0,84	0,53	0,00	0,07
B	0,94	9,69	0,00	0,01	0,97	13,42	0,01	0,32	1,13	0,82	0,00	0,03
BC	0,64	8,29	0,00	0,01	1,19	17,15	0,01	0,37	0,54	0,48	0,00	0,02

## **4.12. MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA**

### **4.12.1. ANÁLISE QUANTITATIVA DE CAULINITA E GIBBSITA POR TERMOGRAVIMETRIA (TG)**

Na fração argila do solo foi identificada a presença de caulinita e gibbsita. A caulinita foi identificada pela presença de pico endotérmico na temperatura de 530 °C e a gibbsita pela presença de pico endotérmico na temperatura de 290°C (Cuva de análise termodiferencial - Figuras 18 e 19), conforme critérios citados por Tan et al. (1986).

Em todas as amostras houve um pico endotérmico na temperatura de 50°C, sendo referente à dessorção de água.

As porcentagens de caulinita e gibbsita foram calculadas a partir da perda de massa indicada nas curvas de TG (Quadro 13). Pela técnica usada nos Cambissolo Hístico e Organossolo só foi encontrado caulinita, assim como no Nitossolo, e gibbsita mais caulinita nos Cambissolos Háplicos. Segundo Curi & Franzmeier (1984) e Oliveira et al. (1991), a quantidade de gibbsita tende a ser maior nos solos mais vermelhos. Nos solos de Trindade, a tendência é, pois os solos mais vermelhos e cauliniticos são os Nitossolos, originados de tufo vulcânicos, básicos, enquanto a gibbsita é associada aos solos desenvolvidos de rochas alcalinas, pobres em sílica. De maneira geral as maiores porcentagens de caulinita foram encontradas nos horizontes superficiais, diminuindo em profundidade, possivelmente pela ciclagem de sílica pela vegetação.

Nos Cambissolos, onde foi encontrado gibbsita, os valores foram bem baixos comparados a caulinita, tendo o predomínio desta em todos os ambientes estudados. Os altos teores de sílica solúvel e de M.O. nos perfis P8 e P9 podem estar impedindo a cristalização da gibbsita.

**Quadro 13. Resultados de ATD e quantidade de argilo-mineral**

<b>Profundidade</b>	<b>(%) de OH estrutural</b>	<b>Caulinita total (%)</b>	<b>peso (%)</b>	<b>Gibbsita total (%)</b>
<b>Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico</b>				
0-10	7,09	50,81	0	0,0
10-25	4,67	33,52	0	0,0
25-55	6,22	44,62	0	0,0
<b>Perfil 3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico</b>				
0-10	6,79	48,72	0	0,0
10-25 / 40	7,18	51,49	0	0,0
40-60	7,24	51,92	0	0,0
60-80	6,89	49,38	0	0,0
<b>Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico</b>				
0-10	6,92	49,61	0	0,0
10-20	6,39	45,81	0	0,0
20-50	6,20	44,45	0	0,0
50-70	5,97	42,83	0	0,0
70-100	5,89	42,28	0	0,0
100-140	5,69	40,84	0	0,0
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico</b>				
0-30	7,29	52,30	0	0,0
<b>Perfil 6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>				
0-5	7,54	54,08	4,53	13,1
5-50	6,37	45,68	3,99	11,5
50-120	5,75	41,25	4,23	12,2
<b>Perfil 7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>				
3-15	9,78	70,16	3,16	9,1
15-42	9,29	66,58	1,30	3,8
<b>Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fíbrico</b>				
50-80	4,38	31,42	0	0,0
<b>Perfil 9 – CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico</b>				
0-45	10,44	74,85	0	0,0
45-65	9,72	69,70	0	0,0



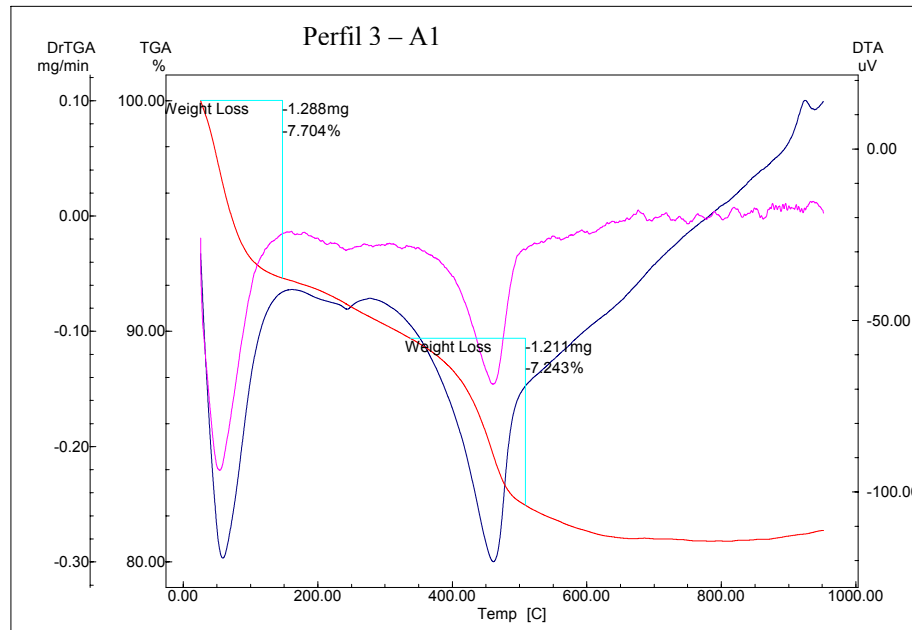


Figura 18 – Termograma típico de caulinita, com perde de OH estrutural em 500°C

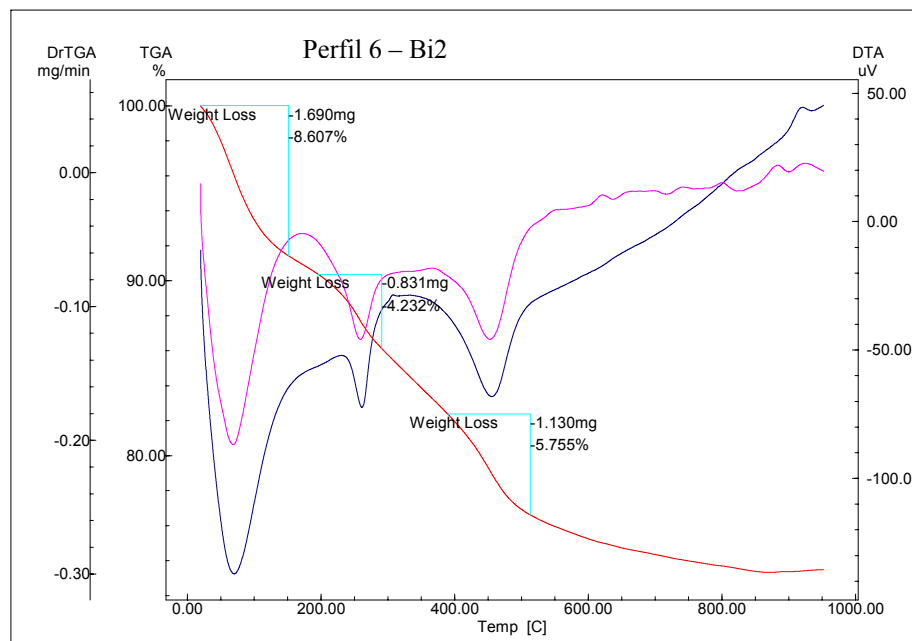


Figura 19 - Termograma típico da gibbsita e caulinita, com perda de OH estrutural em 270° e 500° C, respectivamente.

#### **4.12.2. MINERALOGIA DA ARGILA POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X (DRX)**

Com base na DRX da argila natural, da argila desferrificada e tratada com DCB; orientada e submetida aos tratamentos (argila saturada com KCl, KCl aquecida, Mg, Mg-glicerol), foi possível observar a presença notável de minerais primários em todos os solos estudados, ao lado de minerais secundários decorrentes de intemperismo, revelando a natureza incipiente da alteração mineral nos solos da ilha. Por outro lado, a mineralogia da fração argila dos solos revela grande similaridade com a mineralogia de materiais inalterados estudados por Almeida (1962). O autor mostra que a mineralogia de Trindade, não difere das províncias congêneres, em que teores deficientes em sílica, acompanhados de excesso em sódio e alumina, imprimem traços distintivos à mineralogia da série eruptiva. Nas rochas de Trindade, falta por completo quartzo magmático, mas estão presentes plagioclásio, nefelina, analcita, biotita, noseana e micas. Os anfibólios e piroxênios são responsáveis pela riqueza em sódio, alumínio e titânio.

Como observado no item 4.13, os minerais encontrados na fração argila pouco se distinguem dos encontrados na fração areia, o que reforça a juvenildade dos solos da ilha. Os solos das posições mais baixas do relevo apresentam uma maior diversidade de minerais primários, devido ao intemperismo menos acentuado, enquanto em maiores altitudes encontram-se maior proporção de minerais secundários (Goethita, Gibbsita), mas ainda com presença de minerais primários incomuns, como hornblenda (anfibólios) e plagioclásios na fração argila. Não ocorreram diferenças muito significativas entre os perfis estudados, sendo comum a ocorrência de hornblenda, plagioclásio, mica, esmectita, magnetita e anatásio. Os solos mais evoluídos apresentam traços de gibbsita, presença de goethita e caulinita e algumas variações, como pode ser visto no Quadro 14. A coexistência de gibbsita com uma assembléia de minerais primários indica direta solubilização de plagioclásios, em função da hidrólise ácida nos solos mais elevados da ilha, à exemplo do reportado por Stoops et al. (1994) e Simas et al. (2004).

A presença generalizada de minerais primários em solos de Trindade, na proporção encontrada na fração argila, situa-os entre os mais jovens e menos intemperizados já estudados em todo o território brasileiro, denotando sua origem vulcânica recente, e diferenciando-os de solos derivados de rochas vulcânicas de

Noronha, que mostram menor proporção de minerais inalterados e grau de intemperismo bem maior (Marques, 2004).

**Quadro 14. Minerais presentes na fração argila dos perfis estudados**

MINERAIS	PICOS	PERFIS
Analcima	5,671	
Anatásio	2,363; 3,423-3,450	P2A1, P3A1, P3A2, P3C, P4A1, P4AB, P4Bt, P4BC, P4C1, P4C2, P5A1, P6A, P6Bi
Augita	3,23	P2A2, P3A1
Augita/titanita	2,938	P3CR
Biotita/vermiculita	4,92; 5,175; 11,928	P2A1
Ca-Apatita	2,803	P8C
Ca-Apatita + Hornblenda	2,727	P2C1
Ca-apatita + ilmenita	2,770; 2,805	P4AB, P4C2
Carbonato-Apatita/ilmenita	2,786	P2A1
Caulinita	2,577-2,589; 3,58-3,622; 7,10-7,588;	P2C1, P3A1, P3A2, P3CR, P4C2, P5A1, P7A, P8C, P10B, P10BC
Clorita	2,847; 4,79; 13,80; 14,301; 14,542	P2A2, P2C1, P3CR, P4A1, P4Bt, P4C1
Clorita + caulinita	7,035	P2A2
Cristobalita	2,856; 3,156; 4,110	P2A1, P2A2, P3C, P10A
Cristobalita/Goethita	4,110	P8C, P10B
Esmectita	4,50; 5,137; 5,157; 14,577; 15,5; 15,824; 16,223-16,973; 17,142-17,543; 18,550; 19,246	P2A2, P2C1, P3A1, P3A2, P3C, P3CR, P4A1, P4AB, P4AB, P4BC, P4C1, P4C2, P5A1, P6A, P6Bi1, P6Bi2, P7A, P7Bi, P8C, P9O2, P9C, P10A, P10B, P10BC
Esmectita/titanita	2,958; 4,50; 15,590; 18,822	P2A1
Esmectita/mica	4,27-4,408; 5,137-5,902; 11,897; 11,98; 12,008-12,720	P2A2, P2C1, P3A1, P3A2, P3C, P3CR, P4A1, P6A, P6Bi1, P6Bi2, P7A, P7Bi, P9O2, P9C, P10A, P10BC
Gibbsita	2,328-2,581; 3,281; 3,30; 4,88	P2C1, P3A1, P7A, P8C, P9O2, P10B, P10BC
Goethita	2,58; 4,137-4,243	P2A2, P2C1, P3A1, P3A2, P3CR, P4A1, P4AB, P4Bt, P4BC, P4C1, P4C2, P5A1, P6A, P6Bi1, P6Bi2, P7A, P7Bi, P8C, P9O2, P9C, P10B
Ilmenita + Ca-apatita	2,759	P3C
Hornblenda	2,710-2,731; 3,139-3,206; 8,42-8,881	P2A1, P2A2, P2C1, P3A1, P3A2, P3C, P3CR, P4A1, P4AB, P4BC, P4C1, P4C2, P5A1, P6A, P6Bi1, P6Bi2, P7A, P7Bi, P8C, P9O2, P9C, P10A, P10B
Hornblenda + apatita	2,744	P3A1, P3A2
Magnetita	2,525-2,597	P2C1, P3A1, P3A2, P3C, P3CR, P4A1, P4AB, P4Bt, P4BC, P4C1, P4C2, P5A1, P6A, P6Bi1, P6Bi2, P8C, P9C, P10A, P10B, P10BC
Mica	4,92; 5,117; 5,191; 9,884; 9,974; 10,180; 10,50;	P2A2, P3C, P4BC, P6A, P6Bi1, P6Bi2, P8C, P9O2, P9C, P10A, P10B
Mica/esmectita/clorita	13,5	P3CR

Continuação...

...continuação

<b>MINERAIS</b>	<b>PICOS</b>	<b>PERFIS</b>
Mica/esmectita	5,117-5,797; 11,790-11,98	P4A1, P4AB, P4Bt, P4BC, P4C1, P4C2, P10B
Mica/vermiculita	5,71; 12,011; 20,872	P2C1, P8C
Plagioclásio	2,900-2,988; 3,150-3,816; 4,05; 4,279; 6,362-6,794; 8,713	P2A1, P2A2, P2C1, P3A1, P3A2, P3C, P3CR, P4A1, P4AB, P4Bt, P4BC, P4C1, P4C2, P5A1, P6A, P6Bi1, P6Bi2, P7A, P7Bi, P8C, P9O2, P10B, P10BC
Plagioclásio + Cristobalita	3,128	P3C
Plagioclásio + titanita + augita	2,975	P3A1
Quartzo	3,35- 3,55	P2A2, P4A1, P6Bi1, P6Bi2, P9O2
Titanita + augita	2,99; 3,23	P2A2

#### **4.13. MINERALOGIA DA FRAÇÃO AREIA**

A fração areia grossa e areia fina são constituídas predominantemente por fragmentos de rochas vulcânicas em vários níveis de alteração e uma série de minerais primários. Foram encontrados alguns minerais condizentes com os encontrados por Marques (2004) em Fernando de Noronha, como feldspatos/feldspatóides, anfibólios/piroxênios, olivina, apatita, clorita, minerais opacos como magnetita, maghemita e hematita, biotita, titanita, assim como concreções ferruginosas e manganosas. Os Neossolos são constituídos de bioclastos, ou seja, fragmentos de conchas de gastrópodes e bivalves, corais, foraminíferos e algas carbonáticas.

Foram também observados outros minerais, de acordo ao que foi relatado por Castro (2005) nas areias das praias de Trindade, como bioclastos de aragonita, zircão, concreções hematíticas e goethíticas, rutilo; além desses encontram-se calcita, quartzo e vidro vulcânico.

O horizonte A do P1 é constituído de mais de 80% de material carbonático, bioclástico, com presença de fragmentos de corais, conchas, bioclastos de aragonita e calcita. Mostra forte efervescência na presença de ácido clorídrico. Concreções ferruginosas, manganosas e escoriáceas são presentes, pela origem de lavas basálticas. Encontram-se raros vidro vulcânico, quartzo e zircão. No horizonte C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub> a composição é muito parecida com o horizonte A, apenas com maior porcentagem de materiais bioclásticos carbonáticos. No material menos fragmentário, pode-se observar estruturas inteiras de conchas e corais (Figura 20).

Em P2, todos os horizontes são mineralogicamente semelhantes, constituídos por 90% de material similar a micro-conglomerados, muitos deles escoriáceos (lavas vulcânicas, púmice). Aqueles que não apresentam perfuração foram preenchidos posteriormente com material magnético (magnetita, titanita), concreções gibsíticas e raro zircão (Figura 21).

Em P3, a maioria de fragmentos de rocha é de pequeno tamanho no horizonte A1. Mostra presença de minerais magnéticos (magnetita, titanita), alguns fragmentos ferruginosos (hematita), presença significativa de quartzo hialino e zircão, pouco vidro vulcânico. No CR, mais de 90% de fragmentos são de rochas variadas, desde claras (amareladas, goethíticas) a escuras (pretas e vermelhas, hematíticas), algumas com o aspecto de micro-conglomerado. Há ocorrência de materiais magnéticos apenas no preenchimento de alguns micro-conglomerados e raro zircão (Figura 22).

O horizonte A1 do P4 possui praticamente 50% de fragmentos minerais, bastante ferruginosos (hematita, ilmenita) e os outros 50% de zircão. Há presença de raros grãos de carvão, quartzo e minerais magnéticos (magnetita, titanita). O horizonte AB é muito semelhante com o horizonte A1, sendo os fragmentos ferruginosos com pontuações pretas, com preenchimento de materiais magnéticos. Há presença de raros feldspatos, abundante zircão e maior presença relativa de quartzo, em relação ao horizonte A1. No Bt a composição é semelhante a anterior, apenas com os fragmentos de rocha vulcânica, zircão e quartzo em maior tamanho com maior porcentagem de materiais ferruginizados e zircão. No horizonte BC há maior presença de fragmentos pequenos de materiais magnéticos. Em C1 já predomina cerca de 60% de fragmentos escoriáceos (púmice), de cores variadas, desde claros (amarelados) até avermelhados, além de cinza. Nota-se abundância de zircão e quartzo, presença de vidros vulcânicos, e fragmentos eventuais de material carbonático. Em C2, há aumento de fragmentos de materiais magnéticos, além de vidro vulcânico. Os grãos de quartzo parecem se concentrar em superfície, sugerindo origem alóctone (Figura 23).

No P5, o horizonte A1 tem 80% de zircão, materiais magnéticos (magnetita e titanita), hematita, com raros grãos de quartzo, vidro vulcânico e fragmentos escoriáceos. Em A2, apesar de semelhante ao A1, há maior quantidade de hematita, rutilo e quartzo em geral de tamanho pequeno. No horizonte C1, quase 100% do material é constituído de fragmentos escoriáceos (púmice), alguns com aspecto de micro-conglomerados. Nos horizontes C2 e C3 também predominam escórias, com presença eventual de quartzo, micro-conglomerados (escuras ou claras) (Figura 24).

As areias têm composição bem mais heterogênea no horizonte A do P6, composta por mistura de grande quantidade de zircão, com grãos de aragonita, poucos quartzos hialinos, fragmentos minerais não identificados, fragmentos ferruginosos (hematita, goethita) e algum material magnético (magnetita, titano-magnetita), alguns com aspectos escoriáceos. No horizonte Bi1 o material mostra-se semelhante ao A1, porém mais fragmentário. No Bi2 a maioria dos grãos é composta por fragmentos de rocha subarredondados, presença de muitos fragmentos ferruginosos (hematita), alguns grãos magnéticos e presença de quartzo, vidro vulcânico e raro feldspato (Figura 25).

Em P7, os horizontes A e Bi não se diferenciam quanto sua composição, com presença de material bastante heterogêneo, com predominância de concreções ferruginosas (hematíticas), fragmentos pouco alterados de fonolitos, quartzo hialino, feldspato, magnetita, fragmentos não identificados de rochas piroclásticas e carbonatos (Figura 26).

O horizonte C do P8 é constituído de material escoriáceo escuro, quase preto, com fragmentos de constituição variada, quartzo hialino, vidro vulcânico, minerais magnéticos e ferruginosos, zircão e calcita, misturados com restos de materiais orgânicos fibrosos, endurecidos (Figura 27)

Observa-se grande mistura de fragmentos de rochas alcalinas misturadas com materiais orgânicos e abundante carvão no horizonte O2, do P9. Há presença de algum material carbonático, fragmentos de rochas vulcânicas escuros e vermelhos, e materiais magnéticos. Nota-se raro quartzo, rutilo e hematita. No horizonte A1 e C/A há fragmentos de rochas alcalinas com menor tamanho, misturado com carvão, minerais magnéticos em menor quantidade, alguns grãos carbonáticos, e raríssimo quartzo (Figura 28).

Em P10, o horizonte A praticamente só possui fragmentos de rochas alcalinas, com pontuações pretas de materiais magnéticos, bem homogêneos, além de pouco carvão. No horizonte AB, há material fragmentário de rocha alcalina, com fragmentos ferruginosos e magnéticos, pouco feldspato e raro quartzo. No horizonte B não foi observado quartzo e no horizonte BC o material fragmentário de rocha é arredondado e corroído por dissolução, bem mais homogêneo. Há presença de fragmentos carbonáticos, raros grãos magnéticos e ferruginosos (Figura 29).

Foram amostradas três praias na ilha, onde estas foram submetidas às mesmas análises da fração areia dos demais perfis (Quadro 15). A praia de areia vermelha, situada nas proximidades do vulcão do Paredão é originada da erosão dos tufos desta

área, sendo constituída predominantemente por concreções ferruginosas, material escoriáceo provenientes de piroclastos, bioclastos, quartzo, diversos minerais máficos, magnetita, titanita, vidro vulcânico e micro-conglomerados diversos. Também localizada abaixo do vulcão do Paredão, encontra-se outra praia de areia preta, com concentração bem maior de materiais máficos (pretos), com bioclastos, quartzo, vidro vulcânico e diversas concreções escuras. Destes materiais máficos, mais de 50% são minerais magnéticos, magnetita, titanita. Já a praia das tartarugas é constituída de quase 70% de materiais bioclásticos claros, constituídos de fragmentos de conchas, corais, foraminíferos, entre outros. Entre os minerais foram encontrados calcita, fragmentos ferruginosos, raros micro-conglomerados, quartzo e fragmentos de rocha máfica.

Os dados de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  revelam a influência do material de origem na composição destas areias. O P1 foi o único perfil com presença significativa de carbonatos bioclásticos, muito semelhante às areias das praias da Tartaruga e do Vulcão do Paredão (“Areia Vermelha”) que possuem grande quantidade destes mesmos materiais, como pode ser visto no Quadro 15. O P2 já é um perfil de transição, com pouco carbonato, mas ainda apresentando teores mais elevados de  $\text{Ca}^{2+}$  que  $\text{Mg}^{2+}$ . Nos perfis originados de lavas basálticas e tufos vulcânicos (P3, P4, P5 e P6) a proporção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  é invertida ( $\text{Mg}^{2+}$  maior que  $\text{Ca}^{2+}$ ), indicando a riqueza em minerais ferromagnesianos, com grande quantidade de minerais primários, sendo possível também a presença de algum carbonato não biogênico, como visto em microscópio. O P7 é um perfil de transição entre os solos mais novos, menos intemperizados, e os solos de maior altitude, Cambissolos e Organossolos, que estão numa posição mais elevada da ilha originados de fonolitos. Este perfil apresenta maior intemperismo que P3 a P6, mas com contribuição de alguns minerais primários máficos, justificando o maior teor de Mg que Ca.

Os perfis P8 a P10, como são mais intemperizados, possuem poucos minerais primários, pouco carbonato e o Ca presente deve estar possivelmente em concreções e nódulos de Fe e Al, ou advir de exoesqueletos de caranguejos terrestres.

**Quadro 15. Análise química da fração areia**

Horizontes	Magnéticos	Não Mag.	Ca Total	Mg Total
	-----%			
<b>Perfil 1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico</b>				
A	27,95	72,05	57,57	5,04
C1+C2	24,49	75,51	58,68	4,41
<b>Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico</b>				
A1	37,10	62,90	0,58	0,23
A2	46,33	53,67	0,56	0,22
C1	51,50	48,50	0,56	0,23
C2	52,85	47,15	0,68	0,24
<b>Perfil 3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico</b>				
A1	38,01	61,99	1,03	8,20
A2	32,86	67,14	1,09	6,71
C	46,18	53,82	1,11	7,38
CR	39,71	60,29	1,15	5,47
<b>Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico</b>				
A1	46,15	53,85	0,66	8,28
AB	42,56	57,44	0,85	8,49
Bt	45,51	54,49	0,63	8,54
BC	61,96	38,04	0,70	12,00
C1	49,53	50,47	1,02	4,91
C2	53,82	46,18	1,78	1,25
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico</b>				
A1	24,08	75,92	1,83	8,45
A2	34,52	65,48	1,62	3,51
C1	0,00	100,00	2,43	8,51
C2	0,00	100,00	1,21	5,02
C3	0,00	100,00	3,30	7,61
<b>Perfil 6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>				
A	30,69	69,31	0,55	8,34
Bi1	32,55	67,45	0,46	7,74
Bi2	37,50	62,50	0,40	8,19
<b>Perfil 7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>				
A	39,54	60,46	0,32	3,68
Bi	37,47	62,53	0,33	4,99
<b>Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fíbrico</b>				
C	39,96	60,04	0,68	0,14
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico</b>				
O2	47,09	52,91	1,04	0,49
A1	25,92	74,08	0,12	0,07
C/A	43,24	56,76	0,43	0,15
C	23,61	76,39	0,26	0,14
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico</b>				
A	48,55	51,45	0,55	0,19
AB	26,71	73,29	0,39	0,15
B	34,78	65,22	0,25	0,11
BC	30,20	69,80	0,35	0,11
<b>PRAIAS</b>				
V.Paredão (Verm.)	32,35	67,65	47,34	4,70
V. Paredão (Preta)	51,95	48,05	3,12	0,42
Tartarugas	25,95	74,05	48,57	3,49



Finalmente, deve-se ressaltar a enorme importância que as variações geoquímicas das rochas vulcânicas da ilha apresentam. Assim, os solos das regiões mais altas, e, conseqüentemente, mais úmidas e intemperizadas são também, em geral, correspondentes aos corpos alcalinos (fonolitos). Estes mostram uma clara tendência a serem bem mais pobres e dessaturadas em Fe, Ca, Mg, P e Ti (Vide Quadro 1), embora bem mais ricos em K e Na, elementos presentes em feldspatóides de fácil intemperismo e lixiviação, com pouca fixação nos argilominerais e fraca ligação com M.O. (ciclagem). Além disso, são também estes fonolitos das partes montanhosas de Trindade bem mais aluminosos que as rochas basálticas ou afins do restante da ilha. Desta forma, a própria natureza litoquímica dos fonolitos auxilia o maior grau de evolução dos solos, que possuem até mesmo gibbsita, apesar de serem tão jovens.

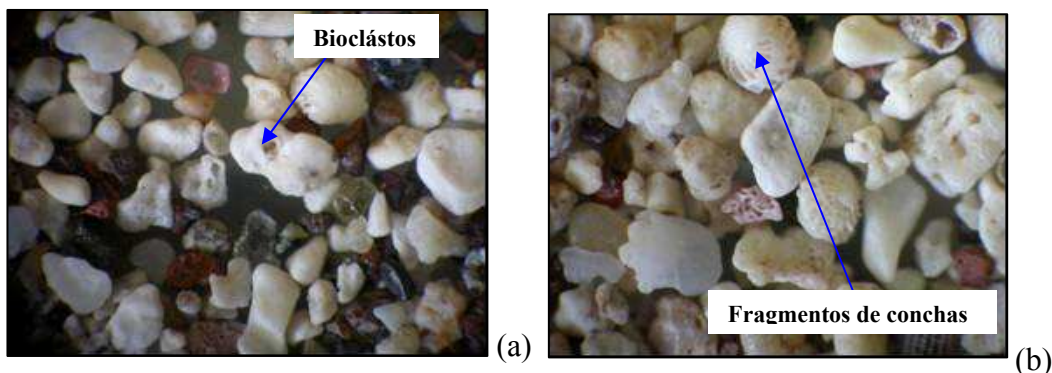
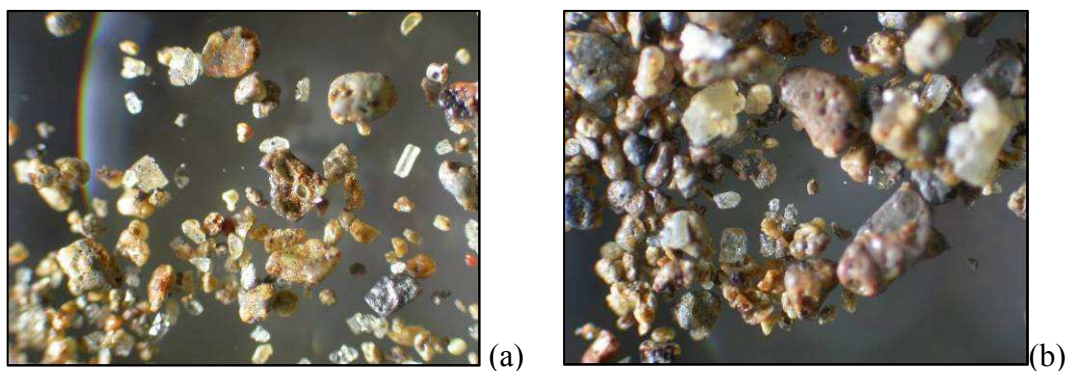


Figura 20 – Fotografias da fração areia do Perfil 1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico, (a) Horizonte A e (b) Horizonte C1+C2, em microscópio, com aumento de 40 vezes.



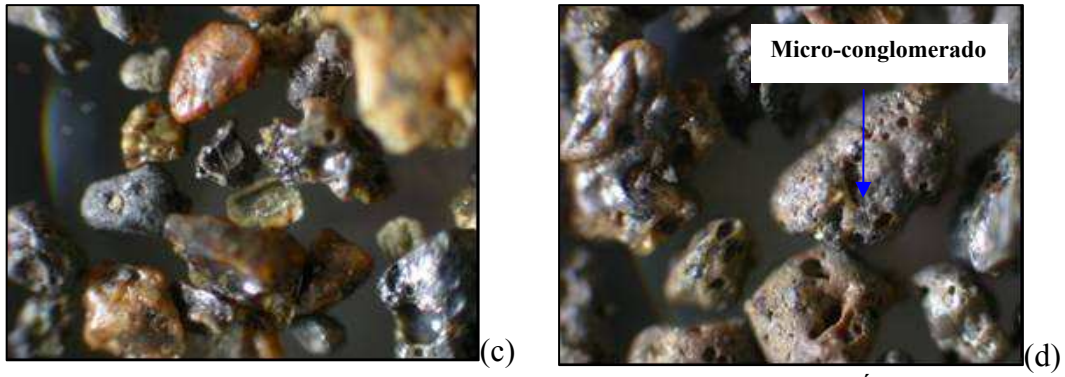


Figura 21 – Fotografias da fração areia do Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (a) Horizonte A1, (b) Horizonte A2, (c) Horizonte C1, (d) Horizonte C2, em microscópio, com aumento de 40 vezes.

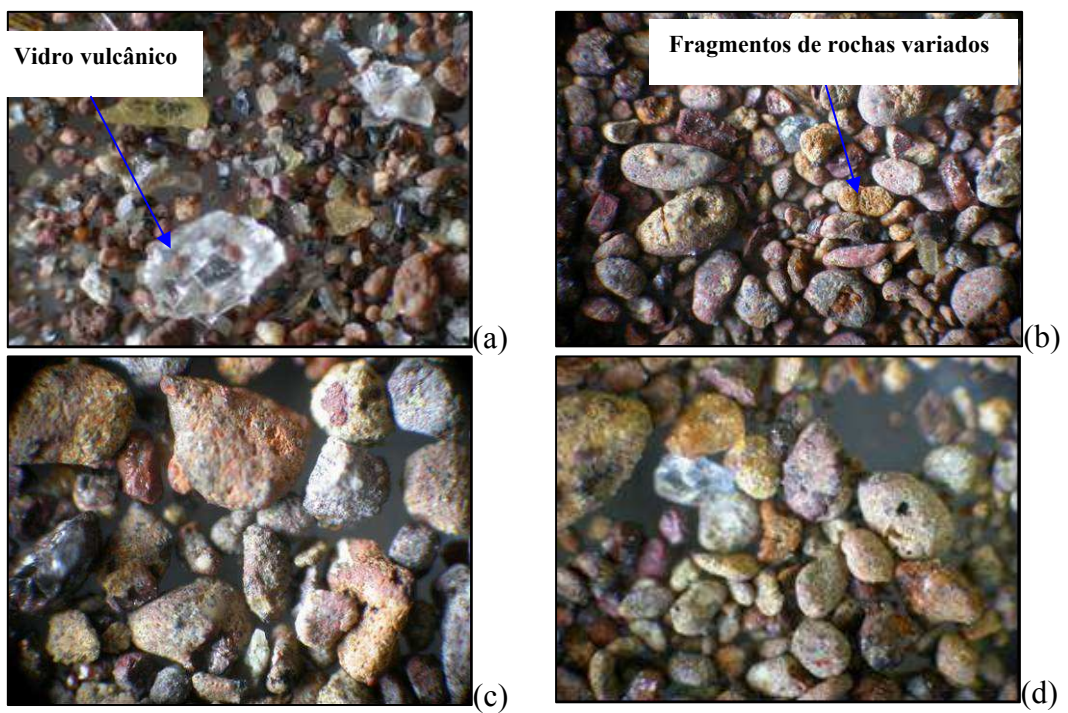
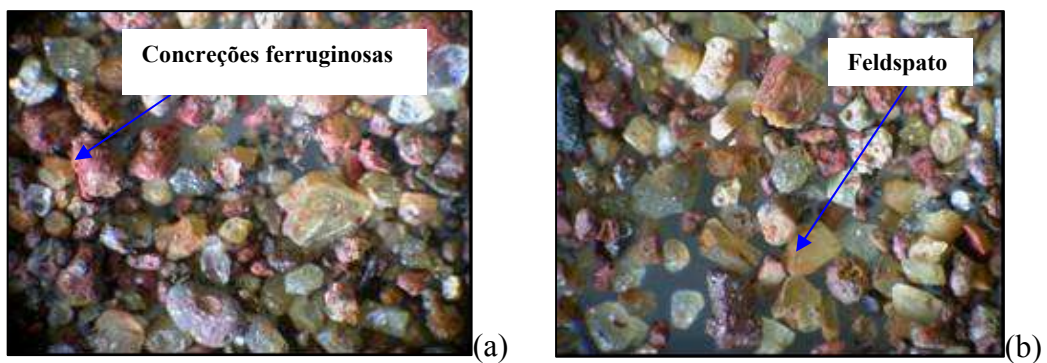


Figura 22 – Fotografias da fração areia do Perfil 3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico (a) Horizonte A1 e (b) Horizonte A2, (c) Horizonte C e (d) Horizonte CR, em microscópio, com aumento de 40 vezes.



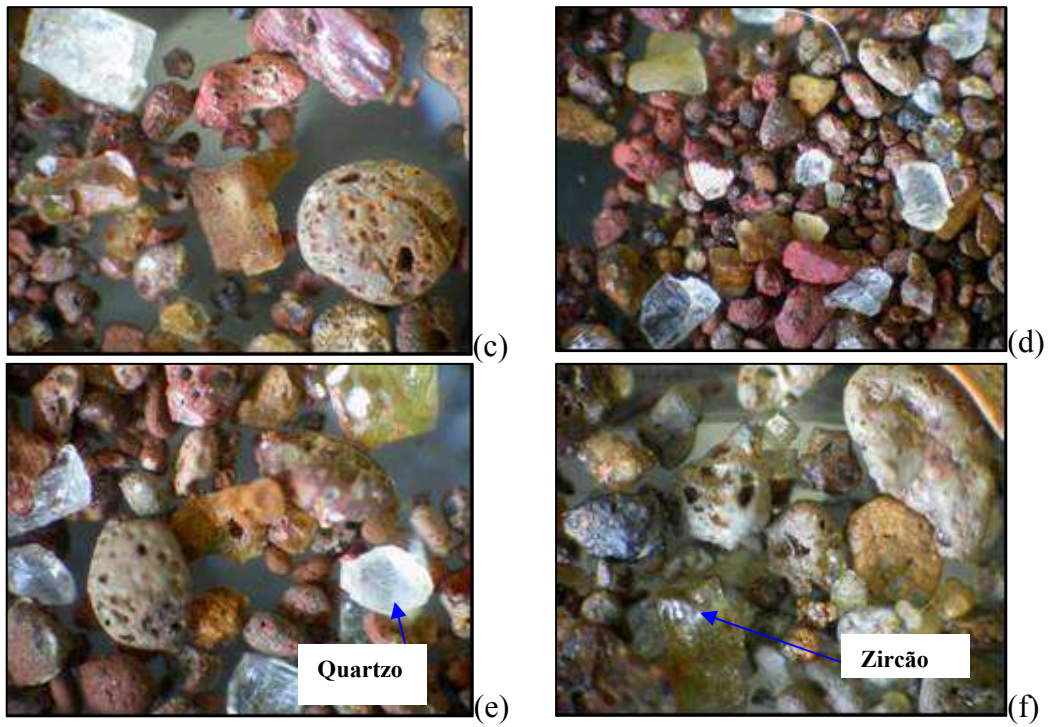
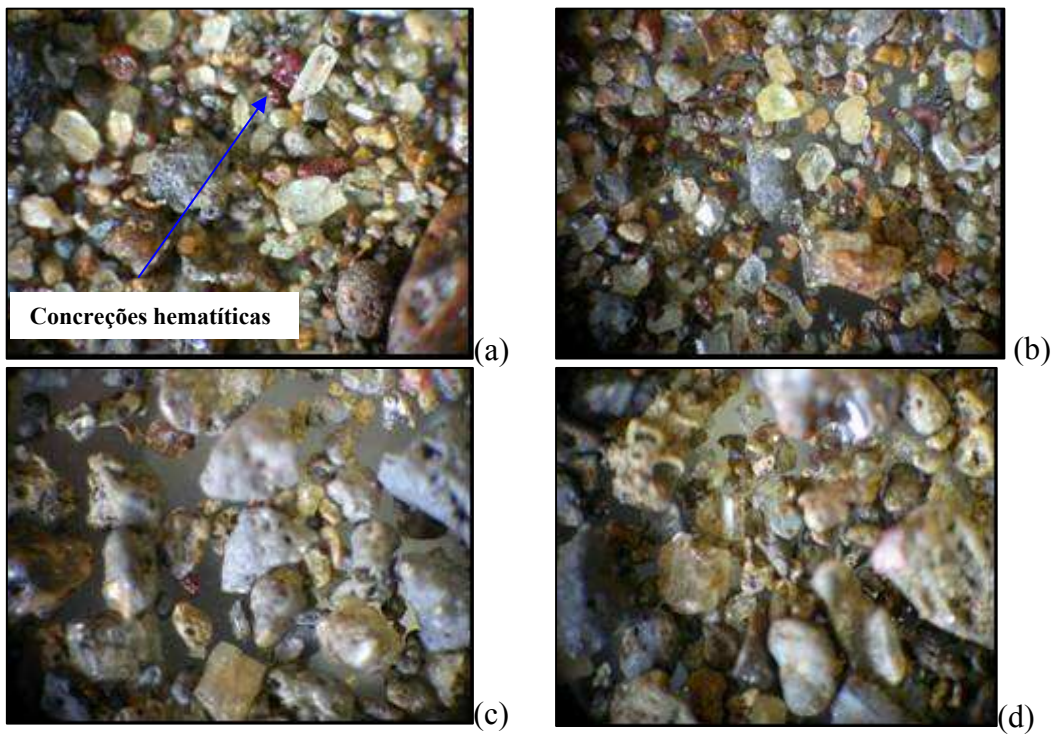
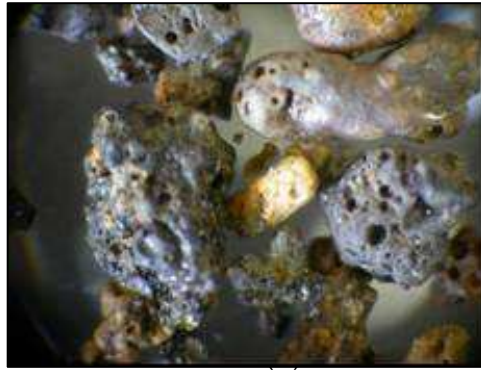


Figura 23 – Fotografias da fração areia do Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico (a) Horizonte A1, (b) Horizonte AB, (c) Horizonte Bt, (d) Horizonte BC, (e) Horizonte C1 e (f) Horizonte C2, em microscópio, com aumento de 40 vezes.





(e)

Figura 24 – Fotografias da fração areia do Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (a) Horizonte A1, (b) Horizonte A2, (c) Horizonte C1, (d) Horizonte C2 e (e) Horizonte C3, em microscópio, com aumento de 40 vezes.



(a)



(b)



(c)

Figura 25 – Fotografias da fração areia do Perfil 6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico (a) Horizonte A, (b) Horizonte Bi, (c) Horizonte Bw, em microscópio, com aumento de 40 vezes.



(a)



(b)

Figura 26 – Fotografias da fração areia do Perfil 7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (a) Horizonte A, (b) Horizonte Bi, em microscópio, com aumento de 40 vezes.

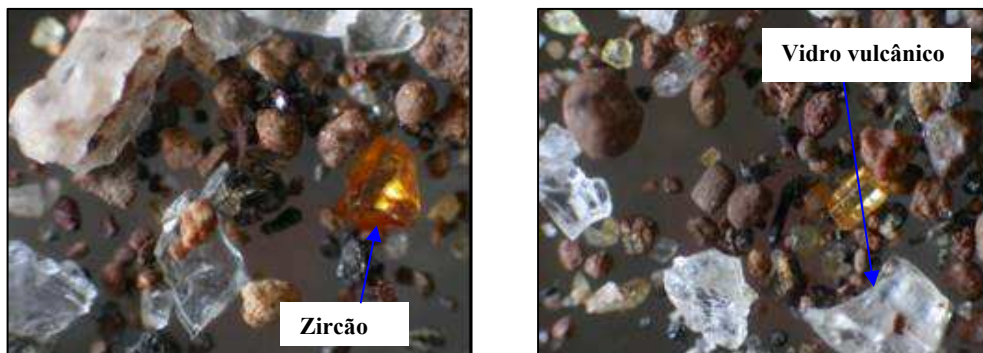


Figura 27 – Fotografias da fração areia do Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fibrico, Horizonte C, em microscópio, com aumento de 40 vezes.

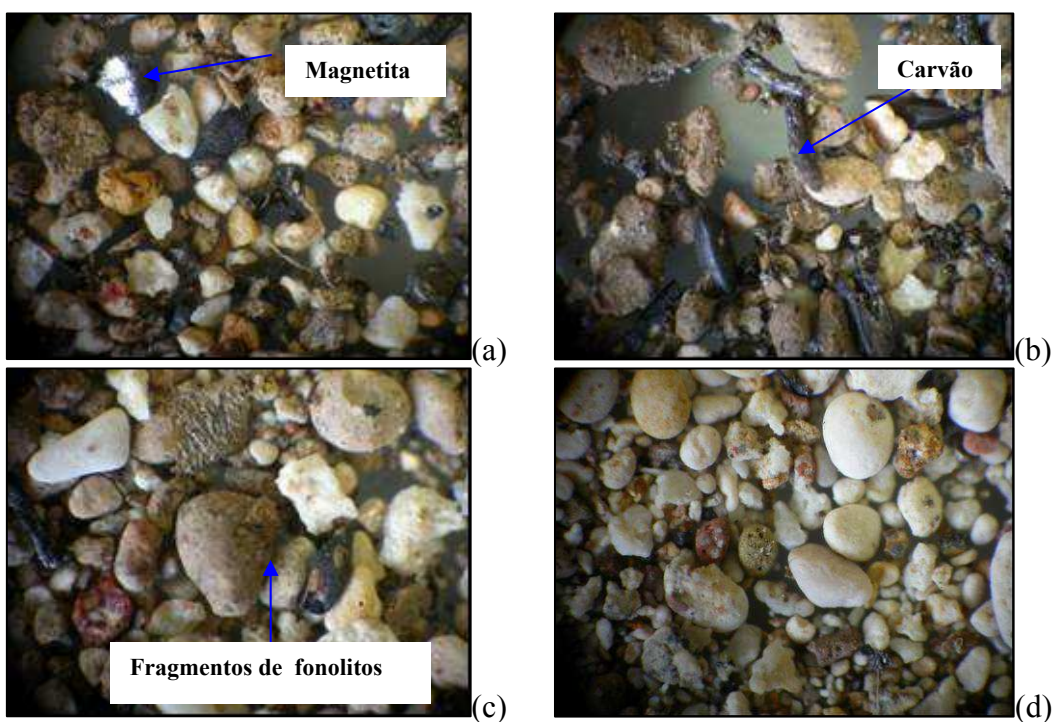
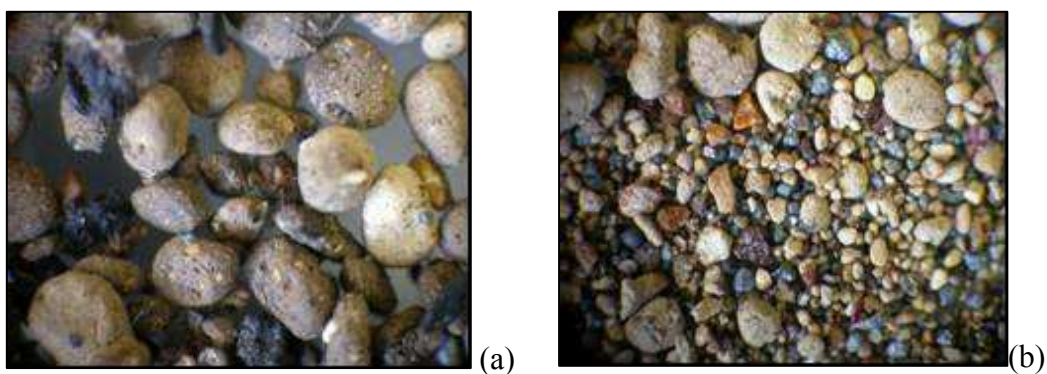


Figura 28 – Fotografias da fração areia do Perfil 9 - CAMBISSOLO HÍSTICO distrófico, (a) Horizonte O<sub>2</sub>, (b) Horizonte A, (c) Horizonte CA e (d) Horizonte C, em microscópio, com aumento de 40 vezes.



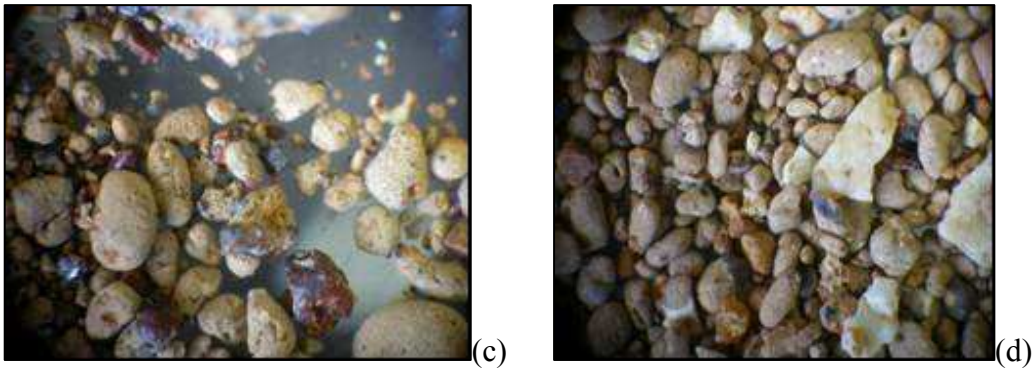


Figura 29 – Fotografias da fração areia do Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico (a) Horizonte A, (b) Horizonte AB, (c) Horizonte B e (d) Horizonte BC, em microscópio, com aumento de 40 vezes.

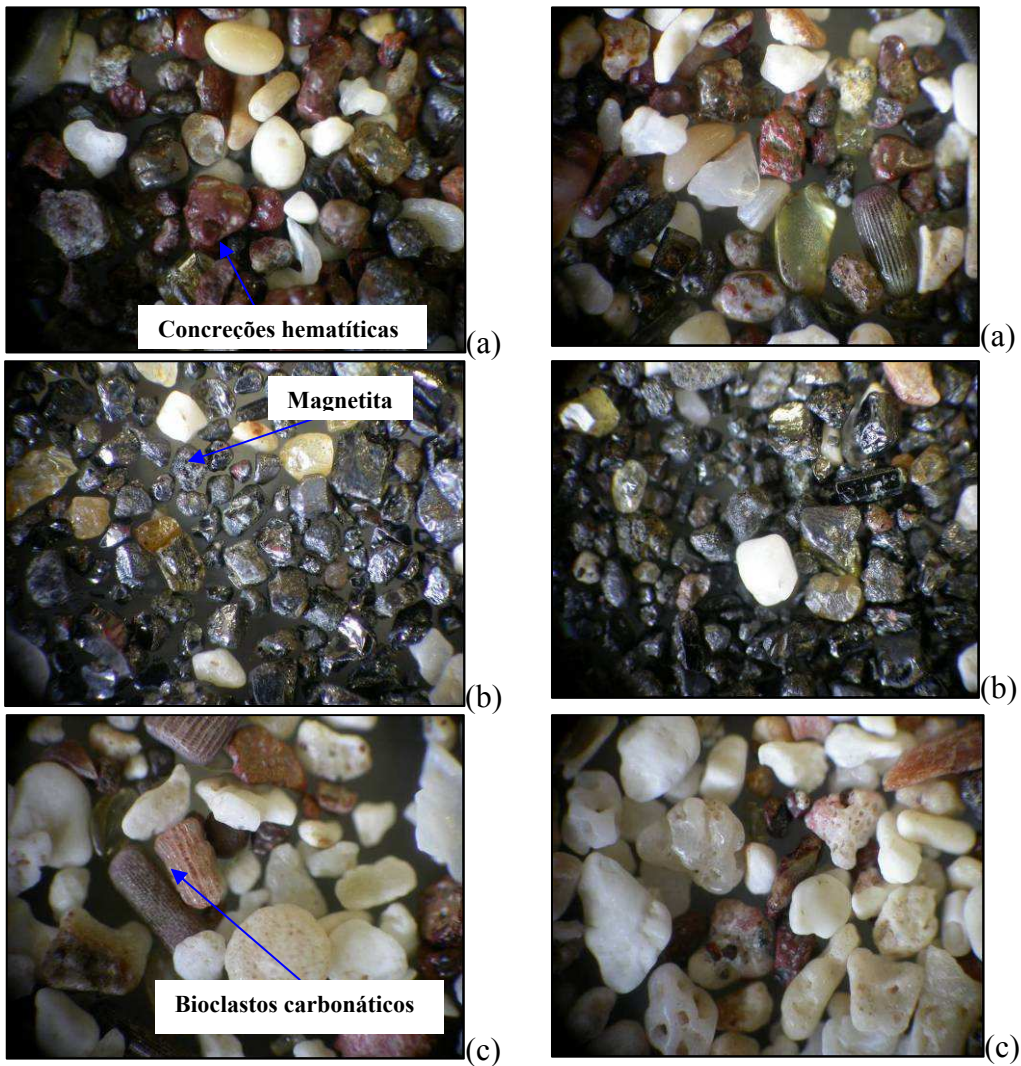
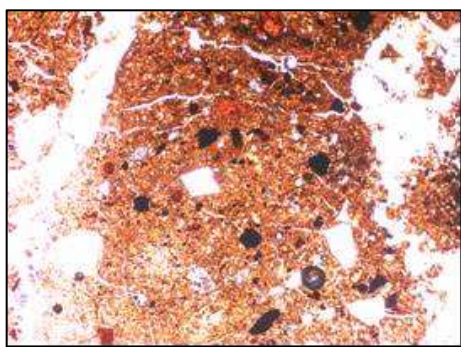


Figura 30 - Fotografias das areias das praias: (a) vermelha, (b) preta, (c) Tartarugas, em microscópio, com aumento de 40 vezes

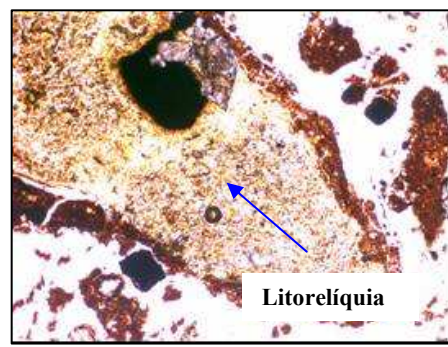
#### 4.14. ATRIBUTOS MICROMORFOLÓGICOS

Com base em amostras indeformadas e impregnadas, confeccionaram-se lâminas destinadas a elucidar aspectos micropedológicos dos solos. Portanto, foi realizada a descrição micromorfológica de alguns perfis selecionados, representando aqueles de maior interesse quanto à sua estrutura e composição.

No perfil P2 a microestrutura é formada por blocos subangulares nos horizontes superficial e C, sendo a pedalidade um pouco mais forte no horizonte superficial (Figura 31a) com a porosidade constituída por fissuras e canais intergranulares. O plasma é bruno avermelhado no horizonte superficial passando para brunado com partes cromadas em maiores profundidades (Figura 31b), apresentando abundantes materiais orgânicos na superfície, ausentes no horizonte C. É constituído por minerais primários como magnetita, olivina e piroxênios alterados (iddsingita), feldspatos parcialmente alterados, nódulos ferruginosos e minerais primários muito alterados (alteromorfos), assim como podem ser vistos na descrição da areia, no item 4.13. Possui estruturas associadas como feições semelhantes a pápulas (Eswaran et al., 1975; Stoops et al., 1994), que podem resultar da destruição parcial dos argilãs pelo rearranjo da matriz, conforme discutido por Brewer (1972), por processos ulteriores de pedoturbação. Fragmentos de litorelíquias do tamanho de cascalhos e pelotas fecais de artrópodes (caranguejos).



(a)



(a)

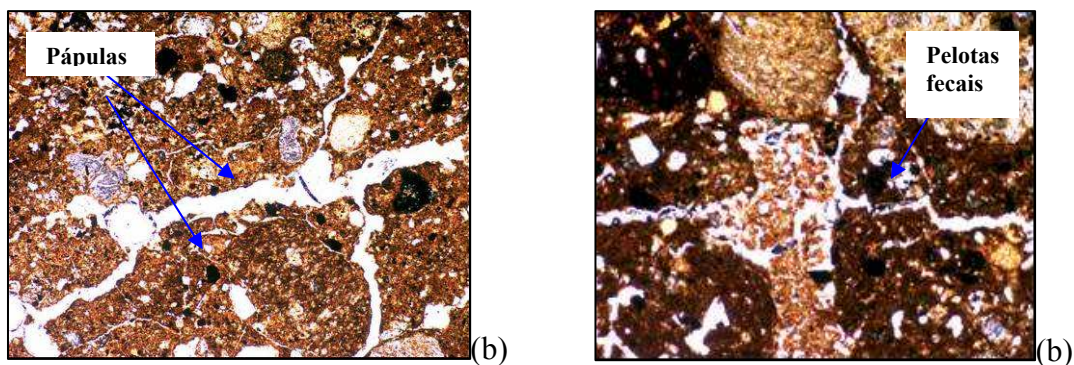


Figura 31 - Fotomicrografias do NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (P2), (a) superficial, (b) horizonte C, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

Já para o P3 (Figura 32) só foi amostrado e estudado o horizonte superficial de 0 a 10 cm, que apresentou estrutura em blocos subangulares com pedalidade moderada, apresentando porosidade em fissuras e canais intergranulares (Bullock et al., 1985). O plasma bruno-amarelado envolve litorelíquias que juntamente com escórias vulcânicas (de cor verde) abundantes, formam o esqueleto grosseiro que suporta a matriz, com a presença de raros restos orgânicos humificados.

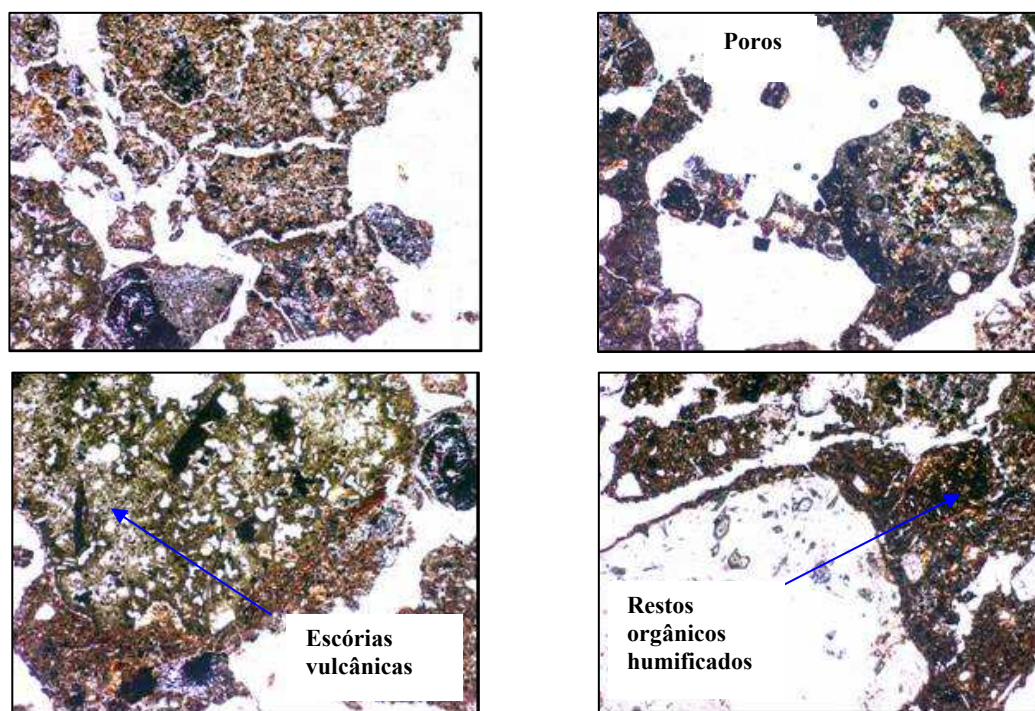


Figura 32 - Fotomicrografias do NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico (P3), profundidade de 0 a 10 cm, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.



No perfil P4, os horizontes superficial (0-10 cm) e diagnóstico (Bt) apresentaram características bastante distintas. No primeiro a estrutura é em blocos subangulares com pedalidade moderada, apresentando um plasma bruno-avermelhado escuro, com cerosidade visível na forma de cutans bem orientadas na superfície dos ped. A porosidade é constituída de canais intergranulares e vazios fissurais (Figura 33). Há presença de restos inalterados de máficos, com borda ferruginizada (iddsingita), com associação de magnetita alterada ou hematita (pontuações vermelhas), cujo conjunto é muito semelhante aos solos de rochas vulcânicas das Ilhas de Açores, estudadas por Gerard et al. (2004). Ocorrem ainda pontuações orgânicas escuras de origem provável pela queima. No horizonte Bt (Figura 34), a estrutura é composta em blocos, granular e poliédrica, com pedalidade fraca. O plasma zonado desde bruno-avermelhado até bruno, com poros de empacotamento compostos e vazios. Há presença de litorelíquias de cinza vulcânica e escórias pouco alterados, com bolhas de gases alterados (vesículas) ao lado de material vítreo bem alterado e fenocristais de leucita. O material orgânico associado é constituído por canais biológicos, e agregados biológicos pequenos semelhantes a fezes de caranguejo.

#### Pontuações hematíticas e grãos de magnetita

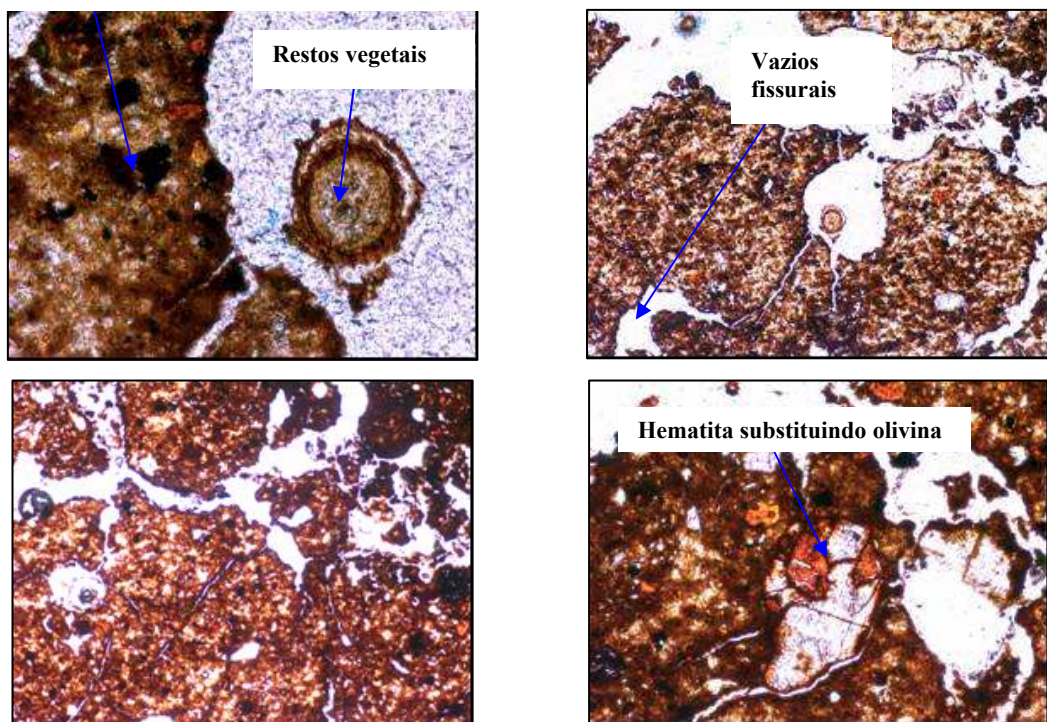


Figura 33 - Fotomicrografias do NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico (P4), profundidade de 0 a 10 cm, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

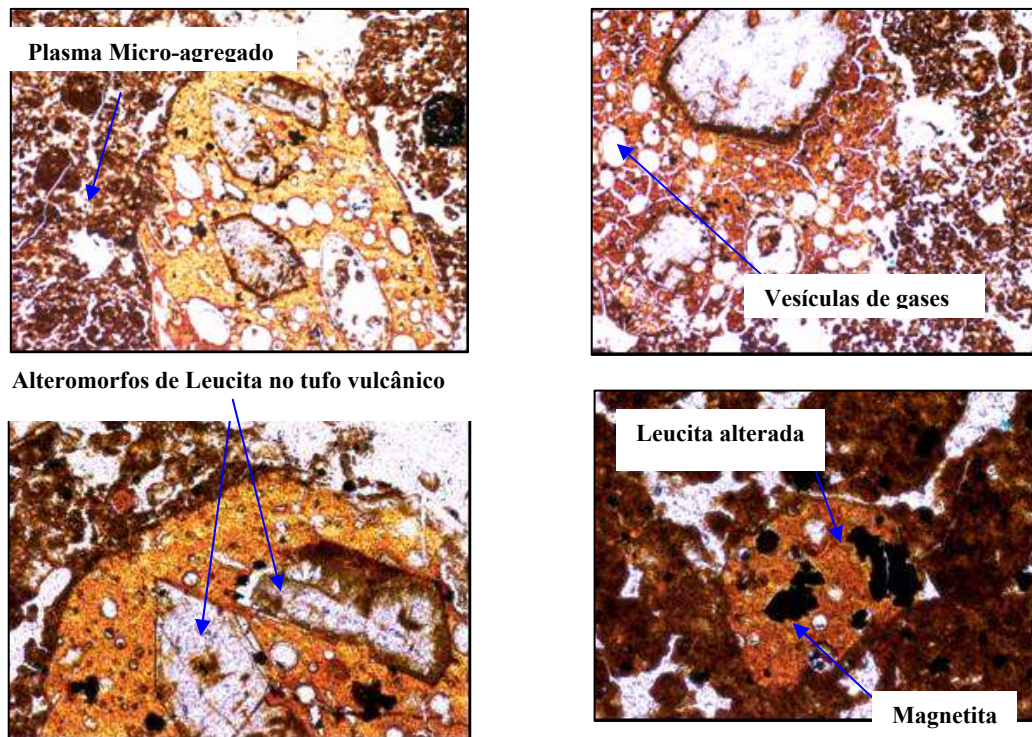


Figura 34 - Fotomicrografias do NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico (P4), horizonte Bt, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

A microestrutura do horizonte superficial do P5 é em blocos angulares com pedalidade fraca e grãos simples, possuindo plasma bruno-avermelhado com porosidade em fissuras e canais intergranulares, além da presença de vesículas (Figura 35). Ocorrem abundantes fragmentos de escórias vulcânicas com graus variáveis de alteração à semelhança do solo vulcânico descrito por Gerard et al. (2004) em Açores. Há presença de pontuações orgânicas possivelmente originadas de queima. Já em maior profundidade (Figura 36), a estrutura é em grãos simples e blocos subangulares, com plasma bruno-escuro e porosidade semelhante a anterior. O esqueleto é constituído por fragmentos de escórias fortemente alterados, com associação de vesículas e abundante material humificado, embebido no tufo vulcânico.

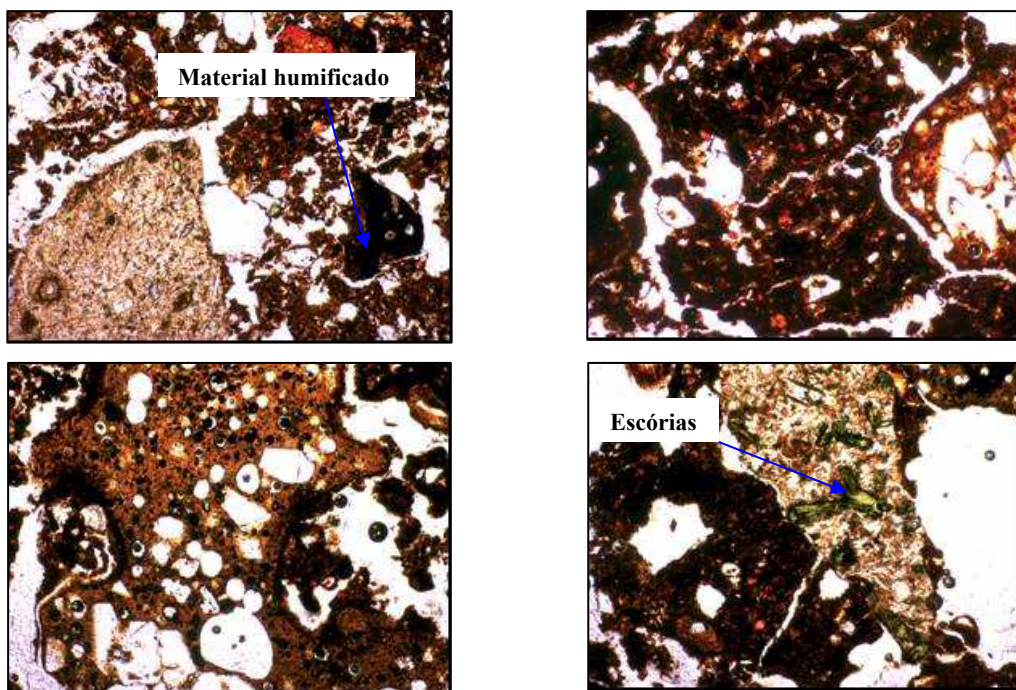


Figura 35 - Fotomicrografias do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (P5), profundidade de 0 a 10 cm, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

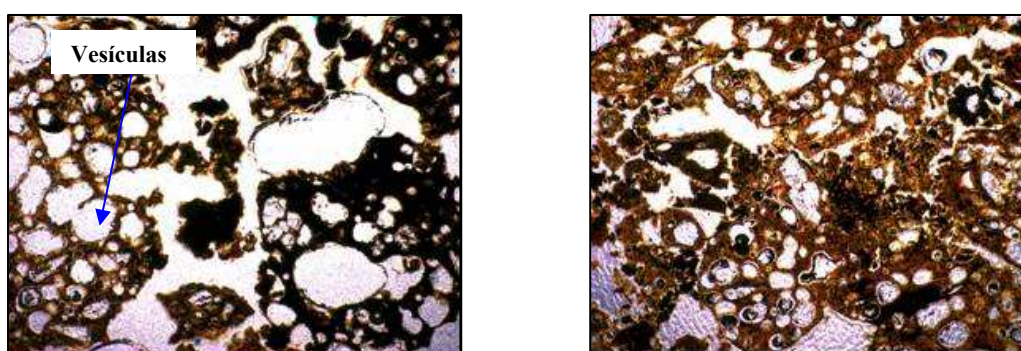


Figura 36 - Fotomicrografias do NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (P5), em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

O horizonte superficial do P6 apresentou estrutura composta e granular, em blocos, com pedalidade fraca. O plasma bruno-avermelhado claro apresenta poros de empacotamento compostos e fissurais, e canais intergranulares. O esqueleto é composto de litorelíquias de tufos vulcânicos ferruginizados e litorelíquias de escórias vulcânicas com vesículas, associadas a pontuações ferruginosas, cimentando os agregados (Figura 37). No horizonte Bi2 a estrutura é poliédrica, granular com pedalidade moderada a forte, plasma bruno-amarelado claro com poros de empacotamento compostos e fissurais (Figura 38). O esqueleto é composto de litorelíquias de escórias e fonolito no meio do plasma. Ocorrem raros restos orgânicos e pontuações de magnetita. Em maior profundidade a estrutura no horizonte é granular, poliédrica com pedalidade moderada,

plasma bruno-avermelhado com poros de empacotamento compostos. Há presença de algumas litorelíquias de escórias vulcânicas (púmice) formando o esqueleto com raros restos orgânicos e pontuações de magnetita associadas. Parece haver uma contribuição alóctone de materiais de tufo vulcânico sobre um solo que já sofrera intemperismo, indicando sucessão poligenética complicada.

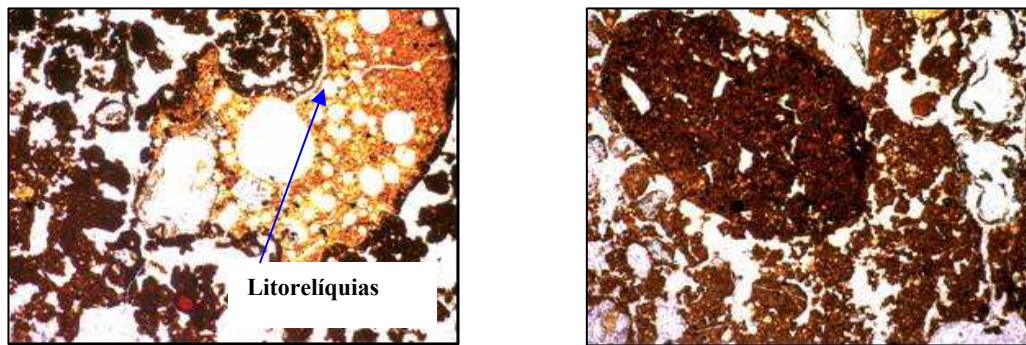


Figura 37 - Fotomicrografias do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (P6), horizonte Bi1, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

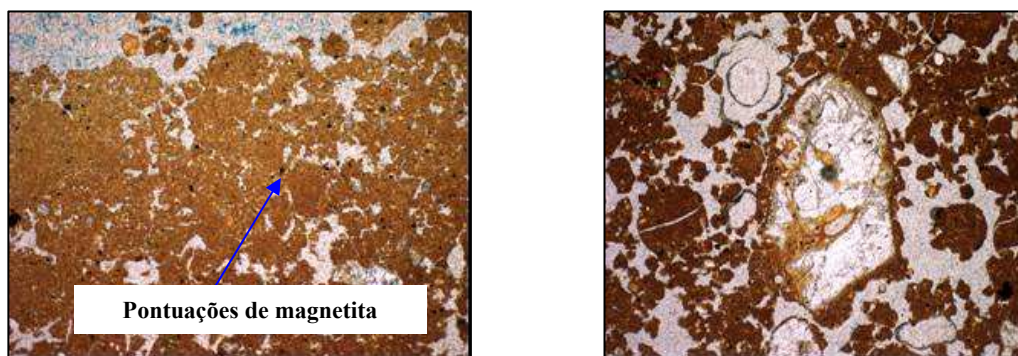


Figura 38 - Fotomicrografias do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (P6), horizonte Bi2, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

No perfil P8, foram amostrados três horizontes. O primeiro, mais superficial, é constituído por blocos subangulares de tamanho pequeno e por grânulos. O plasma tem cor bruno-avermelhada, com porosidade constituída por canais intergranulares e esqueleto com grãos de fonolito parcialmente alterados, associado a restos orgânicos, raízes e fibras de *Cyathea* conservadas e ferruginizadas, ao lado de material orgânico pouco humificado sem relíquia dos tecidos vegetais (Figura 39 e 40). No contato entre os horizontes O e C, a estrutura é em blocos subangulares de tamanho médio e grânulos organominerais, atípicos para Organossolos. O plasma bruno-avermelhado escuro tem presença de canais e grãos de fonolitos, associados a abundantes restos orgânicos

fibrosos de Cyathea e grãos desconhecidos de origem biológica. O horizonte C próximo de 60 cm é constituído por blocos com pedalidade fraca, com plasma bruno-avermelhado menos cromado que o anterior. A porosidade se apresenta em fissuras, canais intergranulares e vazios conectados. O esqueleto é formado de grãos de fonolito parcialmente alterados (alteromorfos) com pouco material humificado e restos orgânicos, raízes e fibras de Cyathea, assim como nos demais (Figura 41).

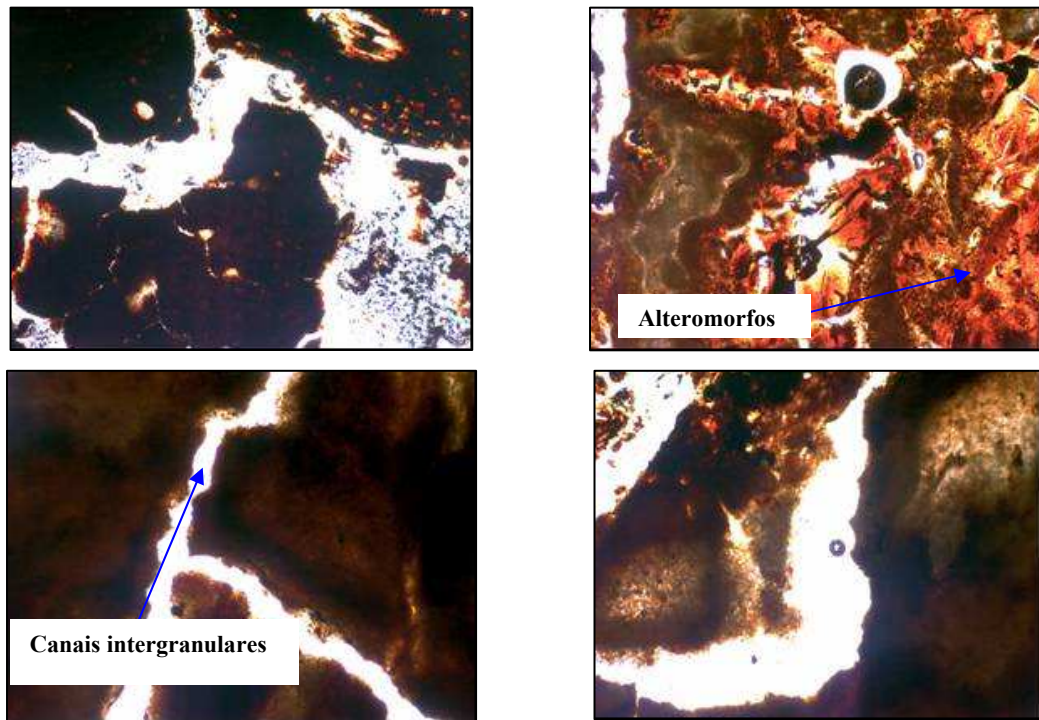
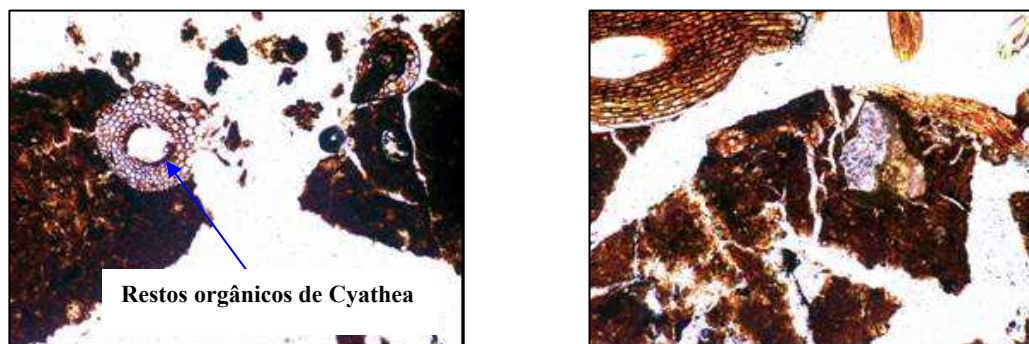


Figura 39 - Fotomicrografias do ORGANOSSOLO FÓLICO Fíbrico (P8), profundidade de 10-60 cm, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.



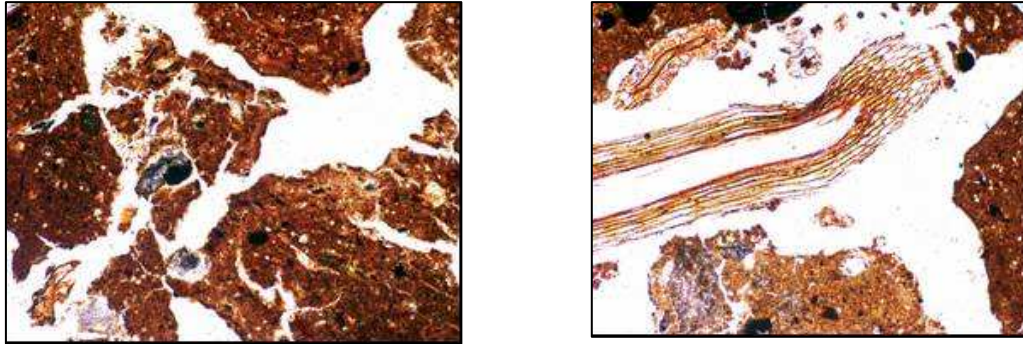


Figura. 40 - Fotomicrografias do ORGANOSSOLO FÓLICO Fíbrico (P8), em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

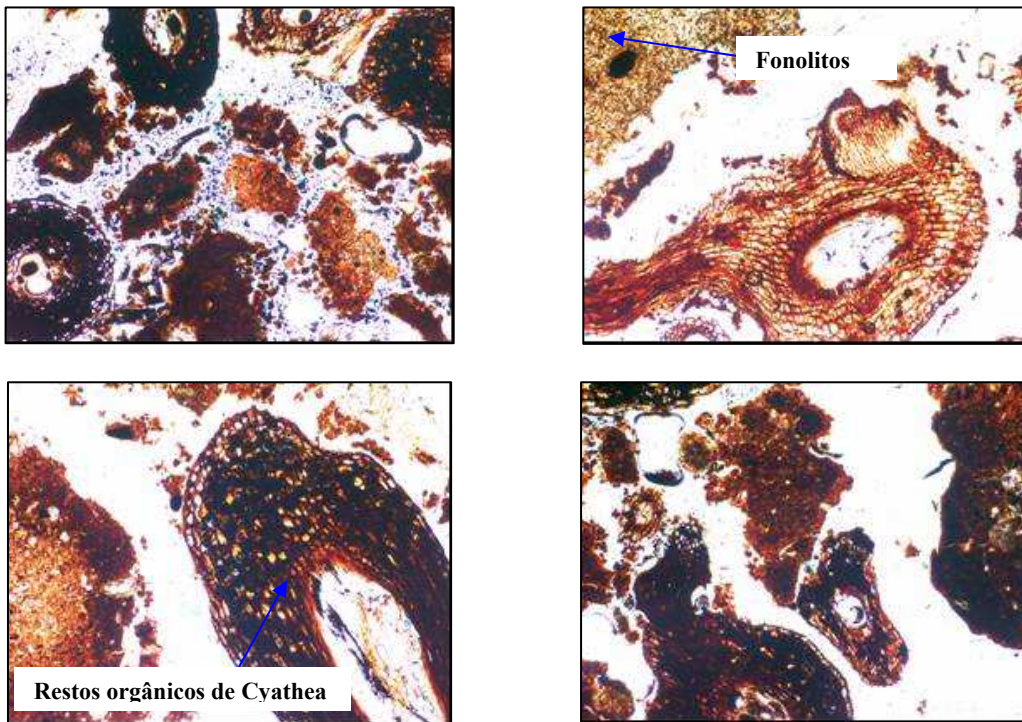


Figura 41-. Fotomicrografias do ORGANOSSOLO FÓLICO Fíbrico (P8), contato do horizonte O com C, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

No perfil P9, a microestrutura é em parte, em grau moderado pequena granular, e em parte, massiva, fragmentada, com zonas com estrutura em blocos incompleta. O esqueleto é constituído de litorelíquias com bordas alteradas, ferruginizadas (Figura 42 e 43). Há presença de material orgânico escuro, muito fragmentado, dentro da matriz, e associado com material orgânico pouco alterado, de cor ferruginosa mais recente (Cyathea). Há feições de difusão de material orgânico (iluviação) na matriz, e presença de raras pelotas fecais..

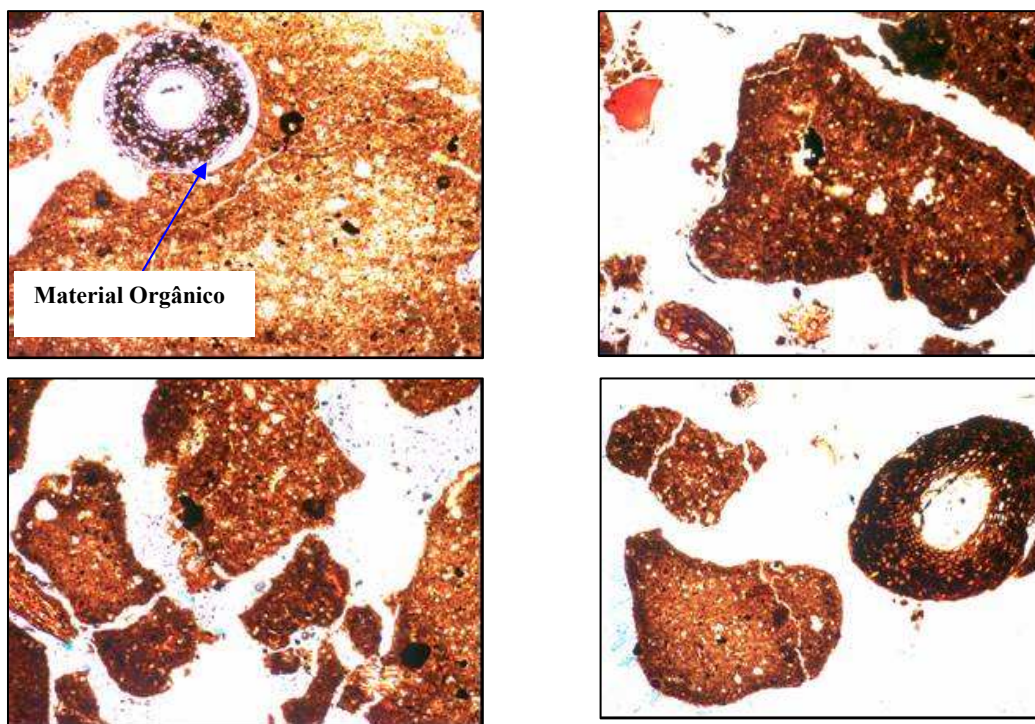


Figura. 42 - Fotomicrografias do CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (P9), em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

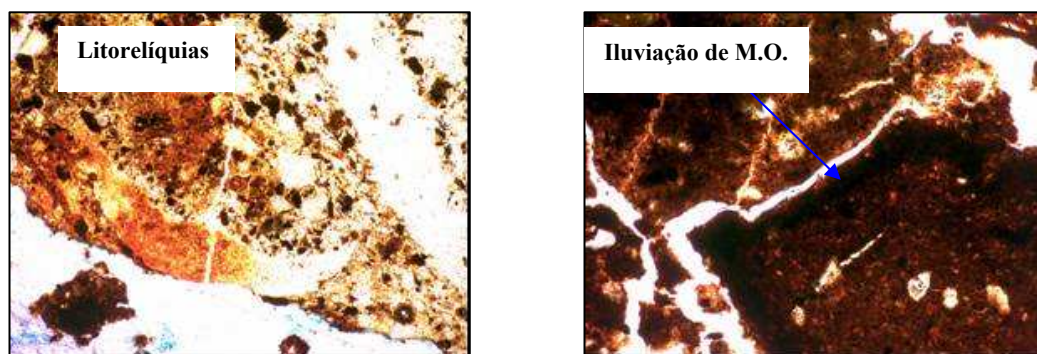


Figura.43- Fotomicrografias do CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (P9), contato entre os horizontes A e C, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

A microestrutura no perfil P10 é em blocos, com pedalidade moderada a forte, parte massiva, com plasma orgânico e organo-mineral. Esqueleto é constituído de litorelíquias de tufo alcalino, com bordas alteradas e ferruginizadas (Figura 44). Ocorrem raros grãos máficos como pontuações avermelhadas, alteradas (iddsingita) (Figura 45). Há ocorrência de restos orgânicos de *Cyathea* parcialmente ferruginizados e melanizados (black carbon), dentro dos agregados. Há presença de feições de iluviação de M.O. capeando os minerais, além de pontuações goethíticas e vidro vulcânico.

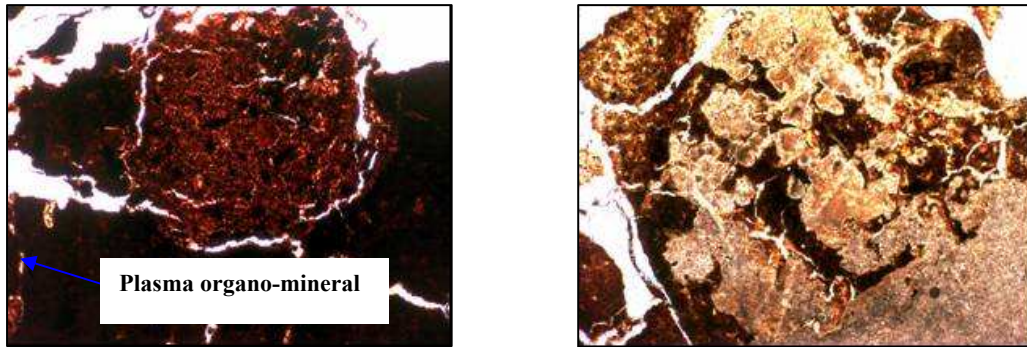


Figura. 44 - Fotomicrografias do CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico (P10), em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

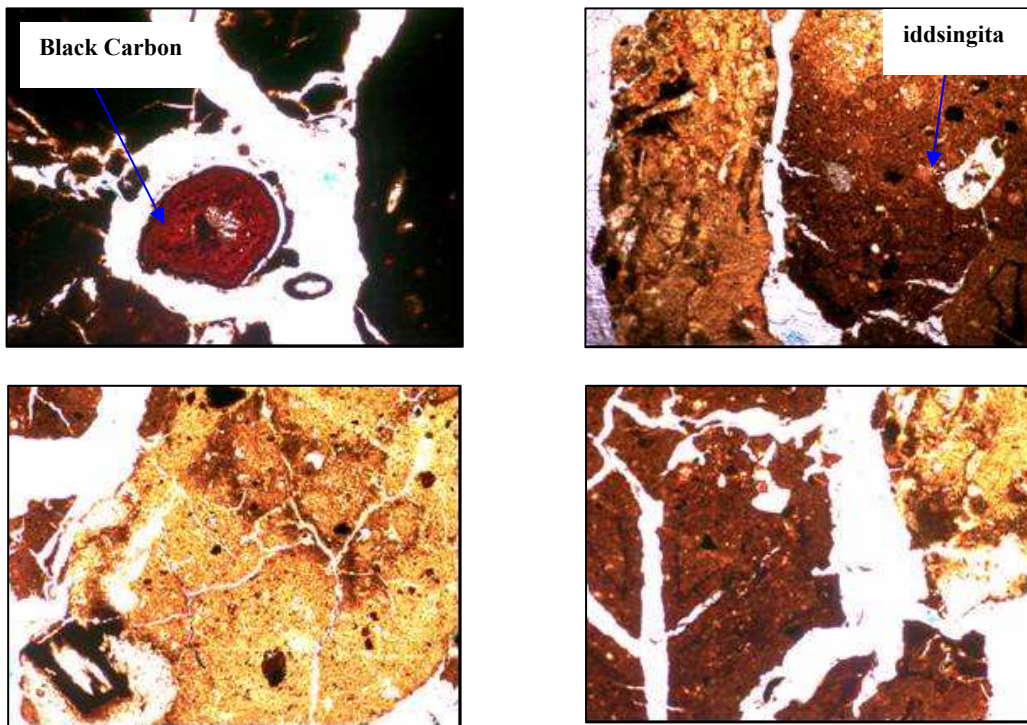


Figura. 45- Fotomicrografias do CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico (P10), contato entre os horizontes AB com Bi, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.



## 5. CONCLUSÕES

Foi realizado um estudo do meio físico da ilha da Trindade, com ênfase em solos, seguindo critérios pedogeomorfológicos para selecionar os principais pedoambientes da ilha. O uso do SIG permitiu a elaboração e interpretação integrada dos mapas temáticos gerados (Geologia, Solos, Geoambientes), além do Modelo Digital de Elevação (MDE). A partir desses mapas foi elaborada uma proposta preliminar de zoneamento para fins de gestão ambiental, prevendo zonas de recuperação nas áreas degradadas, e proteção específica nas zonas primitivas onde ainda existe vegetação, contendo espécies endêmicas e de grande importância ecológica e ambiental. Essa proposta de zoneamento pode subsidiar o plano de manejo da Unidade de Conservação ora sugerida.

Em Trindade há ocorrência de solos não existentes no continente, como Cambissolos Hísticos de rochas alcalinas e Organossolos, associados com florestas monodominantes de Samambaias Gigantes (*Cyathea sp.*), que representam ecossistemas únicos em ambientes insulares do mundo, requerendo ações específicas de pesquisa e monitoramento, para aprofundar o conhecimento ecológico. Os solos de Trindade apresentam características endêmicas, não sendo possível seu enquadramento satisfatório no SBCS. Faz-se necessária a criação de subníveis categóricos para os Neossolos, Cambissolos e Organossolos. Para os Neossolos de origem carbonática, sugere-se o subnível bioclástico, corroborando a sugestão de Marques (2004) para os solos de Fernando de Noronha. Os Neossolos Litólicos não mostram um contato lítico típico, pois a camada R permite a penetração de raízes onde existe umidade suficiente. Atípico é também o perfil 6, Cambissolo Háplico, que possui morfologia de latossolo, mas a estrutura diferenciada dos solos continentais devido à falta de pedoturbação biológica, desfavorecida pela pobreza da mesofauna do solo. O Cambissolo Hístico apresenta acúmulo de M.O. em relevo montanhoso e bem drenado. O mesmo acontece nos Organossolos, que apresentam horizonte A profundo. Atribui-se ao material fibroso e à pobreza em microrganismos a responsabilidade pela baixa taxa de decomposição deste material, já que essas características são atípicas para estes tipos de solos.

Os solos de Trindade apresentam uma estreita relação com as características químicas das rochas que compõem a paisagem, em função da juvenilidade da área e dos

processos erosivos acentuados, que são favorecidos pelo relevo íngreme, pela pouca profundidade dos solos e pela ausência de uma cobertura vegetal mais densa.

Em geral, apresentam altos teores de nutrientes, em especial o K, Ca, Mg e P, com destaque para o P, que apresentou maiores teores no perfil 2, estando o P ligado predominantemente nos óxidos de Fe e Al. O P na forma disponível foi superior no Organossolo e nos Cambissolos, que apresentam maiores teores em M.O., cujas substâncias húmicas e mesmo os ácidos orgânicos podem auxiliar na diminuição dos sítios de adsorção. Esses solos possuem elevada acidez, mas a complexação pela M.O. pode reduzir sua fitotoxicidade e inviabilizar a formação de oxihidróxidos de Al.

Neossolos Regolíticos psamíticos, constituídos de areias carbonáticas bioclásticas, são de ocorrência exclusiva em Trindade, além de Noronha, representando áreas históricas de desova de tartarugas marinhas. Portanto, medidas efetivas para sua proteção e monitoramento devem ser implementadas para auxiliar na conservação dessas espécies ameaçadas de extinção (*Chelonia mydas*).

Entre as frações da MOS, a fração humina foi predominante em todos os perfis estudados, apresentando maiores teores nos solos localizados em maiores altitudes, sendo o material fibroso (*Cyathea*) responsável pela resistência à decomposição. Os AH e AF se comportaram de forma semelhante, sendo os Cambissolos os que apresentaram teores superiores com tendência a diminuir em profundidade. A transformação da M.O. pode não estar favorecendo a formação de ácido húmico e, possivelmente, estar havendo a estabilização direta, via interação com a fração mineral.

Os dados da extração seqüencial de metais evidenciaram diferenças basicamente ligadas à litologia e à posição topográfica, permitindo distinguir dois ambientes pedogenéticos: um de solos jovens e menos intemperizados, aproximadamente até 450 m, e outro, de solos formados a partir de materiais de origem mais intemperizados de 450-600 m de altitude. Os metais Cu, K, Mn, Ni e Zn foram superiores na fração ligada à M.O. e na fração ligada a óxidos de Fe amorfos. Teores disponíveis foram muito baixos em relação aos teores totais em todos os metais, por se encontrarem nas estruturas cristalinas dos minerais, nos complexos de M.O. e Fe, tanto amorfos, quanto cristalinos.

A análise mineralógica da fração areia permitiu identificar a riqueza em minerais primários existentes na ilha. Esses minerais sofreram pouca intemperização, conferindo os altos teores de metais encontrados ainda nos solos, mesmo na fração argila.

A micromorfologia auxiliou a identificação de feições singulares nos solos da ilha, permitindo a descrição da estrutura e composição dos solos ora estudados. Essa análise identificou minerais primários em processos de alteração, além de características intrínsecas de cada perfil.

Pelas características endêmicas dos solos de Trindade, além de todas as singularidades ambientais da mais recente ilha vulcânica brasileira, propõe-se a criação de uma Unidade de Conservação em Trindade do tipo Parque Nacional Marinho, ordenando a área de acordo com suas limitações de uso, protegendo a integridade das zonas primitivas de maior biodiversidade.

## 6. LITERATURA CITADA

AB' SÁBER, A.N.; MULLER-PLANTENBERG, C. Previsão de Impactos. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 565 p., 1998.

ACQUAYE D. Some significance of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of cocoa in Ghana. *Plant and Soil* 19:65–80, 1963.

ADEPTU, J.H.; COREY, R.B. Organic phosphorus as a predictor of plant available phosphorus in soils of south-Nigeria. *Soil Science*, 19:65-80, 1976.

ALBUQUERQUE FILHO, M.R.de. Geoquímica de solos da Península Keller, Ilha Rei George, Antártica, como subsídio ao monitoramento ambiental. Universidade Federal de Viçosa – Viçosa/MG, 103 p., 2005 (Tese de Doutorado).

ALLOWAY, B.J. The origin of heavy metals in soil. In: ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soil. New York: John Wiley & Sons, p. 29-39, 1990b.

ALMEIDA, F.F.M. Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 197 p., 1961. (Monografia XVIII).

ALMEIDA, F.F.M. Petrologia da Ilha da Trindade. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP. 223 p., 1962.

ALMEIDA, F.F.M. As ilhas oceânicas brasileiras e uma hipótese sobre a origem do Atlântico, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 37:141–145, 1965.

ALMEIDA, F.F.M. A Ilha de Trindade. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 2000. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio092/sitio092.htm>. Acesso em: 10 abr. 2003.

ALVAREZ V.V.H.; NOVAIS, R.F.de; BARROS, N.F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa-MG, p. 25-32, 1999.

ALVES, R.J.V. Ilha da Trindade & Arquipélago Marin Vaz: Um Ensaio Geobotânico. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 144 p., 1998.

ARAÚJO, M.S.B.; SALCEDO, I.H. Formas preferenciais de acumulação de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar na região do Nordeste. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 21 (4):643-650, 1997.

ARAÚJO, M.S.B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SAMPAIO E.V.S.B. Frações de fósforo após extrações sucessivas com resina e incubação, em Latossolos e Luvisolos do semi-árido de Pernambuco. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 28:259-268, 2004.

BATISTELLA, M. Cartografia Ecológica do Arquipélago de Fernando de Noronha. Universidade de São Paulo, São Paulo, 236p., 1993. (Dissertação de Mestrado).

BECK, M. A.; SANCHEZ, P. A. Soil phosphorus fraction dynamics during 18 years of cultivation on a Typic Paleudult. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 58 (5):1424-1431, 1994.

BELL, K.; POWELL, J.L. Strontium isotopic studies of alkalic rocks. The potassium rich lavas of the Birunga and Toro-Ankole regions, East and Central Equatorial Africa. *Journal of Petrology*, 10:536-572, 1969.

BELOUSOVA, E.A.; GRIFFIN, W.L.; O'REILLY, S.Y.; FISHER, N.I. Igneous zircon: rare element composition as an indicator of source rock type. *Contributions to mineralogy and Petrology*, 143:602-622, 2002.

BENITES, V.M. Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata Mineira. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Minas Gerais, 123p. 1998. (Dissertação de Mestrado).

BENITES, V.M. Caracterização de solos e de substâncias húmicas em áreas de vegetação rupestre de altitude. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Minas Gerais, 71p., 2002. (Tese de Doutorado).

BESNARD, W. Resultados científicos do Cruzeiro do “Baependi” e do “Veja” à Ilha da Trindade: contribuição para o conhecimento da plataforma insular da Ilha da Trindade. São Paulo: Bolm. Inst. Paulista de Oceanografia, p. 37-48, 1951.

BESOAIN, E. Mineralogía de Arcillas de Suelos. Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperacion para Ia Agricultura. 1205 p., 1985.

BOCKHEIN, J.G. Soil endemism and its relation to soil formation theory. *Geoderma*, (in publication, available 10 May 2005).

BORGES JUNIOR, M. Distribuição e contaminação de Zn, Cd e Pb em perfis de solo e obtenção de valores de referência local no município de Vazante-MG. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Minas Gerais, 152p., 2002. (Tese de Doutorado).

BOWMAN, R.A.; COLE, C.V. An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from grassland soils. *Soil Science*, Baltimore, 125:95-101, 1978.

BRASIL. Lei nº9.985 de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 18 jul.2000b. Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acesso em: 25 mai.2006.

BREEMEN, N.V.; BUURMAN, P. Soil Formation. Kluwer Academic Publishers, London, 377p., 1998.

- BREWER, R. The basis of interpretation of soil micromorphological data. *Geoderma*, 8:81-94, 1972.
- BRYDON, J.E.; SOWDEN, J.E. A study of clay-humus complexes of a Chernozemic and Podzol soil. *Can. J. Soil. Sci.*, 39:136-143, 1959.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSIMA, T.; BABEL, U. Handbook for soil thin section description. England: Waine Research Publication. 152p., 1985.
- CANELLAS, L.P. Avaliação de características físico-químicas de ácidos húmicos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 162p., 1999. (Tese de Doutorado).
- CANELLAS, L.P. et al. Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos sólidos urbanos I. Métodos espectroscópicos (IV, UV e RMN 13C) e microscopia eletrônica de varredura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 24 (4):741-750, 2000a.
- CARDOSO, J.C. - Caracterização das principais unidades pedológicas do "Esboço da carta dos solos de S. Tomé". Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa. Estudos, Ensaios e Documentos, 53- 88 p., 1958.
- CASTRO, J.W.A. Depósitos holocênicos da Ilha da Trindade: Gênese e Controle Ambiental. In: WORKSHOP ILHAS OCEÂNICAS Brasileiras: PESQUISA E MANEJO, 1., Rio de Janeiro: Museu Nacional/UFRJ. Boletim de Resumos. 24p., 2005.
- CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, L; MARQUES Jr. J.; MARCHIORI, D.G. Características de Latossolos Roxos desenvolvidos de rochas alcalinas e básicas de Jaboticabal, SP. *Sci. agric.*, Piracicaba, 52 (2):226-232,1995.
- CHEN, C.R.; CONDRON, L.M.; DAVIS, M.R.; SHERLOCK, R.R. Seasonal changes in soil phosphorus and associated microbial properties under adjacent grassland and forest in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, 177 (3):539-557, 2003.
- CLEMENTE, E.P.; SCHAEFER, C.E.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; OLIVEIRA, F.S.; ALVES, R.J.; MELO, V.F. Solos "Endêmicos" da Ilha da Trindade. In: *Ilhas Oceânicas Brasileiras – da pesquisa ao Manejo*. Brasília: MMA, SBF, p.59-82, 2006.
- COKER, E.G.; MATTHEWS, P.J. Metals in sewage sludge and their potential effects in agriculture. *Wat. Sci. Tech.*, 15:209-225, 1983.
- COMANDO DO 1º DISTRITO NAVAL. História da ilha da Trindade. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/1dn/main/poit/index.htm>. Acesso em: 25 may.2003.
- COFFIN, D.E. A method for determination of free iron oxides in soils and clays. *Can. Journ. Soil Sci.*, 43:9-17, 1963.
- CORDANI, U.G. Idade do vulcanismo do Oceano Atlântico Sul. São Paulo: Instituto de Geociências e Astronomia, Boletim IGA, 1:9-75. 1970.

COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences  
Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54:1551- 1555, 1988.

CROSS, A.F.; SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, Amsterdam, 64 (3-4):197-214, 1995.

CUNHA, M.C.L; DANI, N.; FORMOSO, M.L.L. A importância do estudo Biogeoquímico na mobilidade dos elementos residuais em ambiente supergênico. *Revista Brasileira de Geociências* 20 (1-4):173-177, 1990.

CURI, N.; FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, 48:341-346, 1984.

DIAS, G.T.M. Granulados bioclásticos – Algas calcárias. *Rev. Bras. Geof.* 18 (3), São Paulo, 2000.

DILGER, R.; CAMPOS, J.B.; OLIVEIRA, J.C.de; OLIVEIRA, D.R. de; LOUREIRO, W. Bases metodológicas para estabelecimento de planos de manejo dinâmicos em unidades de conservação: o caso da estação ecológica do Caiuá – Paraná – Brasil. Plano de manejo ou manejo de plano? IN: *Cadernos da biodiversidade*. Paraná, 1 (2):64-72, 1998.

DUCHAFOUR, P. Humification et ecologie. *Cahiers Orstom*, Paris, 7 (4):379-390, 1970. (Sér. Pédologie).

DUDDY, I.R.; KELLY, P.R. Uranium in mineral sands: measurement and uses. *Australian Institute of Geoscientists Bulletin*, 26:1-5. 1999. Disponível em: <http://www.geotrack.com.au/minsand.htm>. Acesso em: 21 jun. 2006.

EGREJA FILHO, F.B. Extração seqüencial de metais pesados em solos altamente intemperizados: utilização de componentes-modelo e planejamentos com misturas ternárias na otimização do método. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 287p., 2000. (Tese de Doutorado).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212p., il. 1997.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa produção de informação, 412p., 1999.

ESWARAN, H.; SYS, C. and SOUSA E. Plasma infusion. A pedological process of significance in the humid tropics. *An. Edaf. Agrobiol.*, 34:665-674, 1975.

FAO World reference base for soil resources. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 109p., 1998. (World Soil Resource Report, 84).

- FARIA, F.X. Os solos da Ilha do Fogo (Arquipélago de Cabo Verde). Junta de Investigações científicas do Ultramar. Rev.Estudos, Ensaios e Documentos, nº129, Lisboa, 146 p., 1974.
- FELBECK JUNIOR, G.T. Structural chemistry of soil humic substances. **Adv. Agron.**, New York, 17:327-368, 1965.
- FITZPATRICK, E.A. Soil microscopy and micromorphology. New York, John Wiley & Sons, 304p., 1993.
- FONSECA, A. do C. Geoquímica dos Solos. In.: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S da; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.) Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.165-194, 1999.
- FONTES, M.P.F.; WEED, S.B. Iron oxides in selected Brazilian Oxisols: I. Mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:1143-1149, 1991.
- FREIXO, A.A.; CANELLA, L.P.; MACHADO, P.L.O.A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve-intra-agregado de dois latossolos sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26 (2):445-453, 2002.
- GÉRARD, M.; STOOPS, G.; CAQUINEAU, S.; PINHEIRO, J. Weathering and allophane neoformation in soils on volcanic ash from Azores. In: 12 TH International Meeting on Soil Micromorphology. Adana, Turkey. p.59-60, 2004.
- GIESE R.F. Introduction. In: J.W. Stucki & D.L. Bish (eds.), *Thermal analysis in clay science*, CMS Workshop Lecturers, vol. 3, The Clay Minerals Society, Boulder, p.1-7. 1990.
- GOODCHILD, M.F. Geographic Information Systems in undergraduate geography: A contemporary dilemma. *The Operational Geographer*, 8:34-38, 1985.
- GORINI, M.A. & BRYAN, G.M. The tectonic fabric of the Equatorial Atlantic and adjoining continental margins: Gulf of Guinea to Northeastern Brazil. *An. Acad. bras. Ciênc.*, v. 48 (supl.), p.101-119, 1976.
- GUAZELLI, W.; CARVALHO, J.C. A extensão da Zona de Fratura de Vitória-Trindade no oceano e seu possível prolongamento no continente, Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP, p.31-38, 1978. (Série Projeto Remac 4)
- GUERRA, A.J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da C. (Orgs). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- GUO, F.; YOST, R.S. Partitioning soil phosphorus into three discrete pools of differing availability. *Soil Science*, Baltimore, 163 (10):822-833, 1998.
- HARRISON, A.F. Labile organic phosphorus mineralization in relationship to soil properties. *Soil Biol. Biochem.* 14:343-51, 1982.



HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B.; CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 46:970-976, 1982.

HENDERSON P. General geochemical properties and abundances of the rare earth elements. In *Rare Earth Element Geochemistry* (ed. P. Henderson) Elsevier Publishing, Amsterdam, p.1-32, 1984.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis Modelo de valoração econômica dos Impactos ambientais em Unidades de conservação, 2002.. Disponível em:  
[http://www2.ibama.gov.br/~cniadoc\\_integra/ValEconomicaUC.pdf](http://www2.ibama.gov.br/~cniadoc_integra/ValEconomicaUC.pdf). Acesso em 15 jun. 2006.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Análise Estatística Espacial das Unidades de Conservação Federais do Brasil, 2005. Disponível em:  
<http://www2.ibama.gov.br/unidades/geralucs/estat/metodologia.htm>. Acesso em 20 jun. 2006.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Roteiro Metodológico de Planejamento – Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica, 2005. Disponível em:  
<[www.ibama.gov.br/siucweb/unidades/roteiro\\_metodologico\\_revisado\\_05\\_2005.pdf](http://www.ibama.gov.br/siucweb/unidades/roteiro_metodologico_revisado_05_2005.pdf)> . Acesso em: 10 jun.2006.

JACKSON, M.L. Soil chemical analysis: advanced course. Madison: Wisconsin University, 895p., 1969.

KAMPF, N.; CURTI, N. Óxidos de Ferro: Indicadores de ambientes pedogênicos geoquímicos. In: *Tópicos em Ciência do Solo*. 1:107- 138, 2000.

KRAUSKOPF, K.B.; BIRD, D.K. *Introduction to Geochemistry*, 3rd. ed.: McGraw-Hill, New York, 647 p. 1995.

LABAUVE, J.M.; KOTUBY-AMACHER, J.; GAMBRELL, R.P. The effect of soil properties and a synthetic municipal land-fill leachate on the retention of Cd, Ni, Pb and Zn in soil and materials. *J. Water Pollut. Control. Fed.* 60:379-385, 1988.

LAVELLE, P. ; BARROS, E. ; BLANCHART, L.C. ; CHAUVEL, A. ; DUBOISSET, A. ; LORANGÉ, G. ; NEVES, A. ; PASHANASI, B. ; ROSSI, J.O. Diversity of fauna and soil processes at different scales. In : CD – XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Águas de Lindóia, São Paulo, Brasil.

LE MAITRE, R.W. *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. Oxford, Blackwell. 193p., 1989.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Campinas-SP: SBCS, 3 ed., 84p., 1996.

LINQUIST B.A.; SINGLETON P.W.; CASSMAN K.G. Inorganic and organic phosphorus dynamics during a build-up and decline of available phosphorus in an ultisol. *Soil. Sci.* 162:254-263, 1997.

MacCALLISTER, D. L.; CHUIEN, W. L. Organic carbon quantity and forms as influenced by tillage and cropping sequence. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, 31: 465-479, 2000.

MACHADO, R.B.; NETO, M B.R.; HARRIS, M.B.; LOURIVAL, R.; AGUIAR, L.M.S. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado – Brasil. In: IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba, 2004. Anais. Curitiba: Fundação O Boticário, 2004. Vol. II.

MAGID, J. Vegetation effects on phosphorus fraction in set-aside soils. *Plant and Soil*, Dordrecht, 149 (1):111-119, 1993.

MANZATTO, H.R.H. Dinâmica da matéria orgânica em solo Glei Pouco Húmico cultivado com arroz inundado no vale do São João. Itaguaí : Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-Rio de Janeiro, 143p., 1990. (Dissertação de Mestrado).

MARQUES, F.A., RIBEIRO, M.R., BITTAR, S.M.B., LIMA NETO, J.A e JACOMINE, P.K.T. Características e classificação de Cambissolos e Vertissolos do Arquipélago de Fernando de Noronha. In CD: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Solo: Alicerce dos Sistemas de produções. Ribeirão Preto-SP, 2003.

MARQUES, F.A. Caracterização e classificação de solos da Ilha de Fernando de Noronha (PE). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-Pernambuco, 101p., 2004. (Dissertação de Mestrado).

MATA, S. Planejamento urbano e preservação ambiental. Fortaleza: UFC, 242 p., 1981.

MATTOS, C. Contribuição ao Planejamento e Gestão da APA Municipal de Campinas, SP. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/apasj/index.html>>. Acesso em: 11 out. 2005.

McKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.* 46:13-22, 1966.

McLAUGHLIN, M.L.; ALSTON, A.M. The relative contribution of plant residues and fertilizer to the phosphorus nutrition of wheat in a pasture/cereal system. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, 24:517-526, 1986.

MEDEIROS, J.S.; CÂMARA, G. Curso “Geoprocessamento para Projetos Ambientais”.2002. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/)>. Acesso em: 12 out.2005.

MELO, N.A. Subprograma de políticas dos recursos naturais. Brasília: MA/MRH/MAL, 165 p., 1997.

- MILANO, M.S. Unidades de conservação: conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo administração. Curitiba: [s.n.], 63 p., 1993.
- MILET-MUREAU, M.L.A. Voyage de La Pérouse autour du mond. Paris, 2:26-29, 1797.
- MILNES, A.R. and FITZPATRICK, R.W. Titanium and Zirconium Minerals. In: DIXON, J.B and WEED, S.B. Minerals in Soil Environments. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA. p. 1131-1205, 1989.
- MOREIRA, F.M.M.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e Bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 626p., 2002.
- MOTA, P.E.F. & KAMPF, N. Iron oxids properties as support to soil morphological features for prediction of moisture regimes in Oxisols of Central Brazil. Z. Pflanzenerähr. Bodenk., 155:385-390, 1992.
- MOTOKI, A., GOMES, C.B. & DUTRA, C.V. Assimilação de rochas encaixantes pelo magma Nefelina Sienítico do Maciço Alcalino da Ilha de Vitória, SP. 1º CBQq. 1:375-297, 1987.
- MOTOKI, A., Descrição Petrográfica de Rochas Ígneas. Apostila Didática para disciplina Petrologia I. Disponível em: [http://motoki5.tripod.com/Ign/Ign2004\\_3.pdf](http://motoki5.tripod.com/Ign/Ign2004_3.pdf). Acesso em: 15 jun 2006.
- MOTTA, P.E.F. Fósforo em Latossolos com diferentes mineralogias, cultivados e não-cultivados: fracionamento, sorção e disponibilidade para soja e braquiária com e sem micorriza. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 158p., 1999. (Tese de Doutorado).
- MUNSELL. Soil Color Charts. Maryland: 1994.
- MURPHY, J. and J.P RILEY. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta. 27: 31-36, 1962.
- NASCIMENTO, R.S. e GORAYEB, P.S.S. Basaltos da Suíte Parapuí, Gráben Jaibaras, Noroeste do Ceará: Caracterização, Petrografia, Geoquímica e Química Mineral. Revista Brasileira de Geociências 34(4):459-468, 2004.
- NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (ed.) Methods of soil analysis - chemical and microbiological properties. Part 2, 2 ed. Madison: American Society of Agronomy e Soil Science Society of America, cap. 29, p.539-579, 1982.
- NUNES, M. Os solos da Ilha de São Nicolau (arquipélago de Cabo Verde). Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa. Rev.Estudos, Ensaios e Documentos, nº94, Lisboa, 108 p., 1962.

OLIVEIRA, H.H. Proposta de Criação e Caracterização da Área de Proteção Ambiental de Descalvado – SP. 2002.

Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/apadesc/index.html>>. Acesso em: 12 set. 2005.

OLIVEIRA, J.B.; REZENDE, M.; CURI, N. Caracterização e classificação de latossolos variação Una e de solos afins da região de Guaíra, SP. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 15 (2):207-18, 1991.

PARFITT, R.L. Anion adsorption by soils and soil materials. Adv. Agron., 30:1-50, 1978.

PEREIRA NETO, J.T. Um sistema de Reciclagem e Compostagem, de baixo custo, de Lixo Urbano para Países em Desenvolvimento. Viçosa, MG. UFV, 16p, 1995. (Conselho de Extensão, UFV. Informe Técnico, 74)

PERES. M.T.L.P. Estudo de compostos ativos (biológicos e farmacológicos) de Croton urucurana. Avaliação do efeito alelopático de extratos de *Gleichenia pectinata* Willd (Pr.) e de seus aleloquímicos. Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, 1997. (Tese de Doutorado).

PÉRICO, E.; REMPEL, C.; ECKHARDT, R.R.; CEMIN, G. Determinação de Possíveis Áreas de Proteção Ambiental – APAs na Região da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta – RS, Utilizando Métodos de Sensoriamento Remoto. Disponível em: <<http://www.univates.br/sections.php>>. Acesso em 11 set. 2005.

PETERMAN, Z.E. and HEDGE, C.E. Cenozoic alkali olivine basalt, Guadalupe Island. Bull. Geol. Soc. Am., 82:495, 1971.

PIRAKORNPHANICH, P.; WADA, K. Metal-humus complexes in a horizon of Thai and Kovan red and yellow soils. Journal of Soil Science, Oxford, 39:529-537, 1998.

PISSARRA, J.B. - Mineralogia dos solos de São Tomé e Príncipe. Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa. Rev. Estudos, Ensaios e Documentos, nº116, Lisboa, 82 p., 1965.

PIVELLO, V.R.; BITENCOURT, M.D.; MESQUITA JUNIOR, H.; NAVARRO de, BATALHA, M.A. Banco de Dados em SIG para Ecologia Aplicada: Exemplo do Cerrado Péde- Gigante, SP. Caderno de Informações Georreferenciadas, v. 1, n. 3, art. 4, 1999. Disponível em: <<http://orion.cpa.unicamp.br/revista/cigv1n3a4.html>>. Acesso em: 25 set. 2005.

POMBO, L.C.A.; KLAMT, E.; KUNRATH, L; GIANLUPPI, D. Identificação de óxidos de ferro na fração argila de Latossolo Roxo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6:13-17, 1982.

POTT P. J. A handbook of silicate Rock analysis. Blackie. Glasgow. 622 p. 1987.

PRIOR, G.T. Petrographic notes on the rock specimens collected in the little island of Trinidad, South Atlantic, by the Arctic Expedition of 1839-1843 under Sir James Clark Ross. *Mineralogical Magazine Journal of the Mineralogical Society*, 22 (58):317-323, 1900.

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo*. São Paulo: Ceres/ Potafos, 343 p., 1991.

RESENDE, M.N. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 11 (128):3-18, 1985.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36 (1):150-160, 2001.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J. Depleção do fósforo inorgânico de diferentes frações provocada pela extração sucessiva com resina em diferentes solos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 24:345-354, 2000.

RIBEIRO, M.R., MARQUES, F.A., BITTAR, S.M.B., FERRAZ, F.B., JACOMINE, P.K.T. e LIMA, J.F.W.F. Caracterização e classificação de Neossolos do Arquipélago de Fernando de Noronha. In CD: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Solo: Alicerce dos Sistemas de produções. Ribeirão Preto-SP, 2003.

ROBERTS, T.L.; STEWART, J.W.B. Update of residual fertilizer phosphorus in western Canadian soils. Saskatoon: University of Saskatchewan, p.1-15, 1987. (Publication, 523).

ROCHA, J.S.M. da. Área de proteção ambiental (APA) de Osório Morro da Borússia. Osório: Prefeitura Municipal de Osório, 188 p., 1995.

ROCHA, J.S.M. da. *Manual de projetos ambientais*. Brasília: MMA, 446 p., 1997.

ROCHA, A.T.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; RIBEIRO, M.R. Fracionamento do fósforo e avaliação de extratores do P-disponível em solos da Ilha de Fernando de Noronha. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, 9 (2):178-184, 2005.

ROSS, J.L.S. *Geomorfologia – Ambiente e Planejamento*. Coleção Repensando a Geografia. 4. ed. São Paulo: Editora Contexto, 85 p., 1997.

SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 1.ed. Porto Alegre: Genesis Edições, 1999.

SCHAEFER, C.E.G.R.; ALBUQUERQUE, M.A.; CAMPOS, J.C.F.; CHARMELO, L.L.; SIMAS, F.N.B. *Elementos da Paisagem e Gestão da Qualidade Ambiental*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 21 (202):20-44, 2000.

SCHAEFER, C.E.G.R. Brazilian latosols and their B horizon microstructure as long-term biotic constructs. *Australian Journal Soil Research*, 39:909-926, 2001.

SCHAEFER, C.E.G.R., CLEMENTE, E.P, OLIVEIRA, F.S. e FIALHO, G.M. Solos e Geomorfologia da Ilha da Trindade. Anais do 1 Workshop sobre Ilhas Oceânicas Brasileiras, CD-ROM. 2005.

SCHNITZER, M. Soil organic matter — the next 75 years. *Soil Sci.*, 151:41-58, 1991.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A; DERZE, G.R. e ASMUS, H.E. Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica adjacente incluindo Depósitos Minerais. Escala 1:2.500.000, Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral, 501p., 1984.

SCHMIDT, J.P.; BUOL, S.W.; KAMPRATH, E.J. Soil phosphorus dynamics during seventeen years of continuous cultivation: fractionation analyses. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 60 (4):1168-1172, 1996.

SCHWERTMANN, U. & KÄMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:251-255, 1983.

SHARPLEY, A.N., and SMITH, S.J. Fractionation of inorganic and organic phosphorus in virgin and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:127-130, 1985.

SHUMAN, L.M. Fractionation method for soil microelements. *Soil Sci.*, 140:11-22, 1985.

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 18:541-547, 1994.

SILVA, F.C.; VAN RAIJ, B. Disponibilidade de fósforo em solos Avaliada por diferentes extratores. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 34 (2):267-288, 1999.

SMECK, N.E. Phosphorus dynamics in soils and landscapes. *Geoderma*, Amsterdam, 36 (3-4):185-199, 1985.

STELLFELD, M.C. Sistema de Informações Geográficas Aplicado ao Ecoturismo na Chapada dos Veadeiros. Instituto de Geociências/Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/posg/mest/mest162.htm>>. Acesso em: 28 agos. 2005.

STEVENSON, J. F. Humus chemistry, genesis, composition. New York, John Wiley, 443p., 1982.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York, J. Wiley & Sons, 496p., 1994.

STEWART, J.W.B.; HEDLEY, M.J.; CHAUHAN, B.S. The immobilization, mineralization and redistribution of phosphorus in soils. In: WESTERN CANADA

PHOSPHATE SYMPOSIUM, 1980, Edmonton. Proceedings Edmonton: Alberta Soil Science Society, p. 276-306, 1980.

STEWART, J.W.B; TIESSEN, H. Dynamics of soil organic phosphorus. *J. Biogeochemistry*, 4 (1):41-60, 1987.

STOOPS, G.; MARCELINO, V., ZAUYAH, S. and MAAS, A. Micromorphology of soil of humid tropics. In: *Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis. Developments in Soil Science 22*. A. Ringrose-Voase and G.H. Humphries (Eds.), Elsevier, Amsterdam. p.1-15, 1994.

TAN, K.H.; HAJEK, B.F.; BARSHAD, I. In: *Methods of Soil Analysis: Part 1 - Physical and Mineralogical Methods*; Klute, A., ed.; SSSA: Madison, 2<sup>nd</sup> ed. cap. 7, 1986.

TAUK-TORNISIELO, S. M. *Análise Ambiental: Uma visão multidisciplinar*. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista – Unesp, 206 p., 1995.

TEÓDULO, M.J.R.; LIMA, E.S.; NEUMANN, V., M.L.; LEITE, P.R.; SANTOS, M.L.F. Comparação de métodos de extração parcial de metais traço em solos e sedimentos de um estuário tropical sob a influência de um complexo industrial portuário, Pernambuco Brasil. *Estudos Geológicos*. 13:23-34, 2003.

TESSIER, A., CAMPBELL, P.G.C., BISSON, M.I. Sequential extraction procedure for the speciation of particular trace metals. *Analytical Chemistry*, 51 (7):844-51, 1979.

TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B.; COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Science Society of America. Journal*, Madison, 48 (2):853-858, 1984.

TIESSEN, H.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Nutrients and soil organic matter dynamic under shifting cultivation in semi-arid northeastern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environments*, Amsterdam, 38:139-159, 1992.

UDO, E.J.; UZU, F.O. Characteristics of phosphorus adsorption by some Nigerian soils. *Soil Science American Proceedings*, Madison, 36:879-883, 1972.

VAN BREMEN, N.; BUURMAN, P. *Soil Formation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 380 p., 1998.

VELTHEIM, R.V. *Geologia da ilha da Trindade. Relatório prévio da Expedição João Alberto à ilha da Trindade*. Rio de Janeiro: [s. n.], 1950. (inédito).

VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Comparação de húmus de um Solonchak, uma Rendzina e um Litólico da região semi-árida do Rio Grande do Norte. *R. Brasileira Ciência Solo*, Campinas, 4:49-56, 1980.

VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; MELFI, J.A. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8 (3):277-283, 1984.

VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. L'humus des sois du Brésil. Natur et relations avec l'environnement. *Chiers Orstom*, Paris, 24 (2):83-95, 1988 (Sér.Pédologie).

WAGNER, W.L.; HERBEST, D.R.; SOHMER, S.H. *Manual od the Flowering Plants of Havaí*. v. 1 e 2. Havaí: University of Havaí Press e Bishop Museum Press, 1854 p., 1991.

WALKER, T.W.; SYERS, J.K. The fate of phosphorus during pedogenesis. *Geoderma*, Amsterdam, 15 (1):1-19, 1976.

WEAVER, B.L. Geochemical of the highly - undersaturated ocean island basalt suites from the South Atlantic Ocean Fernando de Noronha and Trindade *Contributions to Geology and Petrology*, 105:502 –515, 1990.

WHITTIG, L.D.; ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KUTER, A., ed. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, p.331-362, 1986. (Agronomy Series, 9)

WILLIAMS, P.G.L. *Mineralogical and Theoretical Applications of M'Ossbauer Spectroscopy*. Ph.D. Thesis, University of Cambridge, England. 1970.

WILLIAMS, J.; SYRES J.; WALKER, T. Fractionation of soil inorganic phosphate by a modification of Chang and Jackson procedure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 31:736-739, 1967.

WILLIAMS, J.D.H.; MAYER, T.; NRIAGU, J.O. Extractability of phosphorus minerals common in soils and sediments. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 44 (3):462-465, 1980.

WRIGHT, C. J.; COLEMAN, D.C. The effects of disturbance events on labile phosphorus fractions and total organic phosphorus in the southern Appalachians. *Soil Science*, Baltimore, 164 (6):391-402, 1999.

YOEMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1467-1476, 1988.



# ANEXOS



# **ANEXO 1**

## **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

### **Perfil 1: NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico**

*Localização:* 20 S; 29 W. Terço superior de Duna vegetada com cyperus, logo abaixo da crista fonolítica e tálus, com vegetação de *Cyperus atlanticus*, em relevo ondulado.

*Altitude:* 26 metros

*Vegetação:* *Cyperus atlanticus*.

*Rochosidade:* não rochoso .

*Formação geológica:* Dunas quaternárias de calcários recifais com contribuição de sedimentos de rochas vulcânicas, subordinada.

*Erosão:* não aparente

*Horizontes:* (A1, A2, C)

A1- (0-10 cm) - Forte pequena blocos subangulares e grãos simples, raízes abundantes

A2 (10-20 cm) - Grãos simples; raízes abundantes.

C (40-100 cm) - Areia; grãos simples, raízes comuns

### **Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico**

*Localização:* 2050813 S; 2931547 W. Atrás do POIT, em área de relevo suave ondulado, em terço inferior de rampa pedimentada, com blocos e matacões rochosos. Representa o nível mais baixo de rampas pedimentadas atrás de Praia dos Portugueses, recoberta de *Cyperus*.

*Altitude:* 49m

*Vegetação:* *Cyperus atlanticus* em stand uniforme, com revegetação de *Colubrina glandulosa* com quatro anos.

*Rochosidade:* Rochoso com mais de 25% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de lava ankaratritica e fonolitos.

*Formação geológica:* Depósitos de tálus rochoso de blocos da Formação Trindade e Desejado, com sedimentos inconsolidados de pedimentação.

*Erosão:* Em sulcos e ravinas forte

*Horizontes:* (A fraco; A2 com mais MO que A1)

A1 (0-10 cm) - forte pequena e média blocos subangulares e fraca pequena granular

A2 (10-25 cm) - Moderada pequena blocos subangulares e moderada média granular e grãos simples; presença de superfícies lustrosas fracas, sem cerosidade; canais de raízes e fases jovens de baratas abundantes, aranhas e formigas pequenas raras.

Raras raízes de cyperus e raízes comuns de colubrina, horizontais. Pouca atividade biológica.

C1 (25-40 cm) - fraca média blocos e massiva com fragmentos e cascalhos de rochas vulcânicas diversas

C2 (40-55 cm) - massiva com fragmentos e cascalhos de rochas vulcânicas diversas

*Observações:* Canais de raízes semelhantes a Colubrina em A2 e C1; fragmentos arestados de rocha vulcânica em todo o perfil. Solo com rochosidade e sulcos /ravinas com selamento expondo o C1, onde a erosão se retarda.

### **Perfil 3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico**

*Localização:* 2051016 S; 2931368 W. Terço superior de rampa logo abaixo da saia de tálus, com vegetação de *Cyperus atlanticus*, em relevo ondulado, com blocos e matacões rochosos de fonólito do Pico da bandeira (situado acima).

*Altitude* 91 metros

*Vegetação:* *Cyperus atlanticus* puro, com falhas decorrentes de erosão.

*Rochosidade:* rochoso com mais de 20% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de fonolitos.

*Formação geológica:* leque coluvial pedimentado da saia do Pico da Bandeira, com tipos fonolíticos

*Erosão:* laminar forte e em sulcos severa

*Horizontes:* (A1, A2, C1 e C/R)

A1- (0-10 cm) - Forte pequena blocos subangulares e moderada média granular, raízes abundantes

A2 (10-25/40 cm) - Forte média blocos subangulares e moderada média granular; com fragmentos de cascalho de fonolito ou ankaratrito intemperizado, até 20 cm de prof.; raízes abundantes.

C1 (40-60 cm) - Saprolito de rocha branda mais amarelada de fonolito e andesito sódico

C/R (60-80 cm) - Rocha pouco alterada (mais vermelha)

*Observações:* canais de minhocas e raízes; perfil coletado em terço superior de ravina anfeátrica. Solo com rochosidade e pouca atividade biológica.

#### **Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico**

*Localização:* 2051359 S; 2931500 W. Terço inferior da borda do Morro Vermelho, na saia abaixo do Pico do Elefante.

*Altitude:* 196m

*Vegetação:* *Cyperus atlanticus*

*Relevo local:* 10% declividade, regional 30%

*Rochosidade:* Rochoso com mais de 25% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de fonolitos e lavas ankaratríticas.

*Formação geológica:* Tufos e colúvios da Formação do Morro Vermelho (lavas ankaratríticas)

*Erosão:* Em sulcos severa, laminar forte e voçorocas de canais de escoamento concentrados

*Horizontes:*

A1 (0-10 cm) - Forte pequena blocos subangulares e moderada média granular

AB (10-20 cm) - Forte pequena e média blocos subangulares e moderada média granular.

Bt1 (20-50 cm) - Forte média blocos subangulares cerosidade forte e abundante

Bt2 (50-70 cm) - Forte média a grande blocos subangulares cerosidade moderada e comum, com fragmentos intemperizados de rochas vulcânicas

C1 (70-100 cm) - Fraca média a grande blocos subangulares, cerosidade fraca, friável com fragmentos de rocha

C2 (100-140 cm) - Fraca média blocos subangulares e fragmentos de rochas vulcânicas ocupando mais de 15% do solo.

*Observações:* Solo com rochosidade e pouca atividade biológica, com canais de carangueijos. Solos decapitados ao lado, cobertos por espécie de malvaceae.

#### **Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico**

*Localização:* 2051621 S; 2930960 W. Topo aplainado do platô do Príncipe, abaixo da saia de tálus do Morro da gruta, com vegetação de *Cyperus atlanticus*, em relevo plano, com poucos blocos e matacões rochosos de lava.

*Altitude:* 136 metros

*Vegetação:* *Cyperus atlanticus* fechado, com falhas decorrentes de erosão.

*Rochosidade:* rochoso com 5-10% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de lava.

*Formação geológica:* Escórias globosas e fibrosas, horizontalmente dispostas no Platô

*Erosão:* laminar forte, abaixo do platô, em sulcos severa

*Horizontes:* A1, A2, C1 , C2 e C3

A1 (0 -10 cm) - Cascalhento; forte média granular e grãos simples, raízes abundantes; raros artrópodos de solos e baratas

A2 (10-30 cm) - Cascalhento; forte pequena blocos subangulares e grãos simples; com fragmentos de escórias soltas; raízes abundantes.

C1 (30-50 cm) - Escórias

C2 (50-60 cm) - Lamelas cimentada de escória e tufos.

C3 (60-90 cm) - Camada de escórias com lamelas, horizontalizada, com cascalhos mais grosseiros

### **Perfil 6- CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico**

*Localização:* 2051545 S; 2932385 W. Topo aplainado do platô abaixo do Pico do Desejado, vegetação de *Bulbostylis* e alguns *Cyperus*, em relevo plano, com blocos e matacões rochosos de fonólito nas vizinhanças da borda do platô devido à erosão laminar severa pelo pastoreio de cabras.

*Altitude:* 448 metros

*Vegetação:* Típica área de *Bulbostylis* em mais de 90%, eventuais *Cyperus* e *Pityrogramma*. Falhas decorrentes de erosão e solo truncado.

*Rochosidade:* Rochoso em menos de 5% da área, blocos/matacões de fragmentos de fonolitos.

*Formação geológica:* Tufos básicos em platô latossolizado *in situ*, com contribuições coluviais; material mais antigo e conservado da ilha, pela natureza porosa dos tufos

*Erosão:* Laminar forte e em sulcos severa nas bordas

*Horizontes:* (A, Bi1, Bi2), perfil profundo e poroso até 150 cm, observados.

A- (0-5 cm) - Forte média granular e moderada pequena blocos subangulares; raízes abundantes

Bi1 (5-50 cm) - Fraca média blocos subangulares e moderada média granular; raízes comuns.

Bi2 (50-140+ cm) forte pequena granular (maciça porosa) e fraca/moderada média blocos subangulares

*Observações:* Solo com muitas locas de carangueijos e pouca atividade biológica aparente; muito friável e leve na base (80-140 cm). Mineralogia aparente de gibbsita com Fe alto, goethítico; não há fragmentos de rochas nem minerais primários evidentes.

### **Perfil 7. CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico**

*Localização:* 2051356 S; 2932317 W. Base de rampa na saia do pico do Desejado, na área coberta de Pityrogramma onde foram feitas covas para Colubrina; em relevo local suave, geral montanhoso, com raros blocos e matacões rochosos de fonolito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa o nível elevado típico de cobertura de Pityrogramma abaixo do Desejado.

*Altitude:* 478m

*Vegetação:* Campo herbáceo dominado por Pityrogramma (campo rupestre com stand uniforme de pteridófitas -*Pityrogramma calomelanos*)

*Rochosidade:* Rochoso com 10-20% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de fonolitos.

*Formação geológica:* Depósito de tálus de pedimento da Formação Desejado, com tipos fonolíticos

*Erosão:* Laminar moderada, na encosta abaixo em sulcos e ravinas forte

*Horizontes:* (O1, A1, Bi, BC)

O (0-3 cm) - Material fibric de caudex e pecíolos de Pityrogramma e raros *Bulbostylis*;

A (3-15 cm) - Horizonte com parte fibric e forte pequena blocos subangulares. Rizóides incorporados de Pityrogramma.

Bi (15-42 cm) - Forte pequena blocos subangulares, canais biológicos de minhocas

BC (42-80 cm) - Forte pequena blocos subangulares com fragmentos de fonolito

*Observações:* Canais de minhocas, túneis de carangueijos e raízes

### **Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fíbrico**

*Localização:* 2051241 S; 2932550 W. Topo de anfiteatro ravinado com vegetação de Cyathea, em relevo montanhoso, em terço superior de vertente, com blocos e matacões rochosos de fonólito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa o nível elevado da Ilha, abaixo do Platô do Desejado, com Myrsinea.

*Altitude:* 554 m

*Vegetação:* Aparência de Floresta nebulosa (elfin forest)/ transicional para campo rupestre com stand uniforme de Cyathea delgadii, sub-bosque de Pityrogramma calomelanos e Peperomia glabella

*Rochosidade:* Rochoso com mais de 25% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de fonólitos.

*Formação geológica:* Formação Desejado, com tipos fonolíticos

*Erosão:* Local não aparente, na encosta abaixo em sulcos e ravinas forte

*Horizontes:* (O1, A1, C)

O (0-30 cm) - material fíbrico com abundantes fungos filamentosos e líquens sobre tapetes de material indecomposto de folhas de Cyathea e Pityrogramma; solo úmido e aspecto de xaxim

A2 (30-50 cm) - Horizonte parcialmente fíbrico e fraca pequena blocos subangulares com fragmentos de cascalho de fonólito intemperizado ou não. Rizóides de Cyathea e Pityrogramma.

C1 (50-80+ cm) - Saprolito pouco alterado de fonólito e andesito sódico fraturados e perfurados com materiais fíbricos preenchendo fraturas e blocos menos intemperizados

*Observações:* canais de minhocas e raízes; perfil coletado em terço superior de ravina anfiteátrica. Solo com rochosidade e pouca atividade biológica.

### **Perfil 9- CAMBISSOLO HÍSTICO distrófico**

*Localização:* 2050978 S; 2932781 W. Terço superior de vertente de face sul, mais úmida, ravinada, com floresta nebulosa de Cyathea, em relevo montanhoso, com poucos blocos e matacões rochosos de fonólito recoberto de líquens crustosos e foliosos.



Representa o nível mais elevado e antigo de floresta de pteridófitas da Ilha, abaixo do Platô do Desejado (trilha Desejado-Fazendinha).

*Altitude:* 517 m.

*Vegetação:* Floresta nebulosa uniforme de *Cyathea delgadii*, comunidade de sub-bosque de *Peperomia glabella*

*Rochosidade:* não rochoso, com alguns afloramentos em 20% da área (fragmentos de fonolitos).

*Formação geológica:* Formação Desejado, com tipos fonolíticos

*Erosão:* local não aparente, na encosta abaixo em sulcos e ravinas forte

*Horizontes:* (O1, O2, A1, C/A, C)

O1 (0-20 cm) - Material fibrico com abundantes fungos filamentosos e líquens sobre tapetes de material indecomposto de folhas de *Cyathea*; solo úmido e aspecto de xaxim

O2 (20-35 cm) - Horizonte parcialmente fibrico com raros fragmentos de cascalho de fonolito muito intemperizados. Rizóides de *Cyathea*.

A (35-55 cm) - Fraca moderada pequena blocos sub-angulares (estrutura fezes de minhocas)

C/A (55-70 cm) - Idem da estrutura de A com mistura com saprolito friável, de fonolito leve, perfurado e embebido com materiais fibricos preenchendo fraturas e blocos menos intemperizados

C (70-110+ cm) - Altamente friável e solto com fragmentos arestados e arredondados de fonolito, com diâmetros variados

*Observações:* Canais de minhocas e rizóides em A e C/A; Solo com alguma rochosidade e pouca atividade biológica, raras formigas carnívoras.

### **Perfil 10- CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico**

*Localização:* 2051162 S; 2932533 W. Topo do platô do desejado voltado à face sul, mais úmida, com vegetação de Floresta de Myrsinae floribunda, em relevo local plano a suave ondulado, com raros blocos e matações rochosos de fonólito aflorantes.

*Altitude:* 599 metros

*Vegetação:* Floresta Nebulosa de Myrsinae floribunda, com cobertura herbácea de *Pityrogramma*, *Cyperus*, *Bulbostylis* *Cyathea* *jovens* e abundante liteira.

*Rochosidade:* não rochoso, com menos de 5% da área coberta de fragmento de fonolitos.

*Formação geológica:* Fonolito da formação Desejado

*Erosão:* não aparente

*Horizontes:* (A1, A2, C1 e C/R)

A1 (0-10 cm) - Forte pequena e média blocos subangulares, raízes abundantes, canais de minhocas

AB (10-20 cm) - Forte pequena a média blocos subangulares; raízes abundantes. Canais de minhocas

Bi (20-45 cm) - Fraca média blocos subangulares e fraca pequena granular

BC (45-65 cm) - Fraca média blocos subangulares com fragmentos de fonolito (rocha pouco alterada)

*Observações:* Muitos canais de minhocas e raízes até topo de Bi; serapilheira de folhas e troncos de Myrsinea com Usnea e líquens crustosos e samambaias nos troncos. Ocorrência de Cyathea nas fraldas e ocupando o sub-bosque. Raízes de Myrsinae até topo do AB; solos com pedregosidade nos topos do platô.

## **ANEXO 2**

### **EXTRAÇÃO SEQUENCIAL**

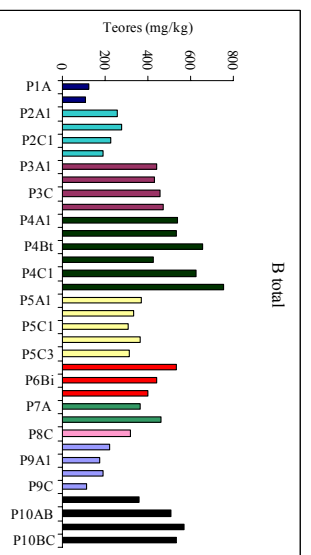
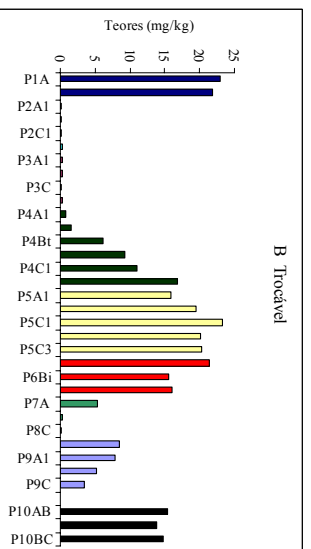
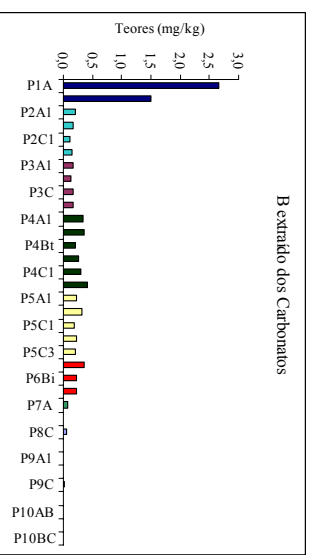
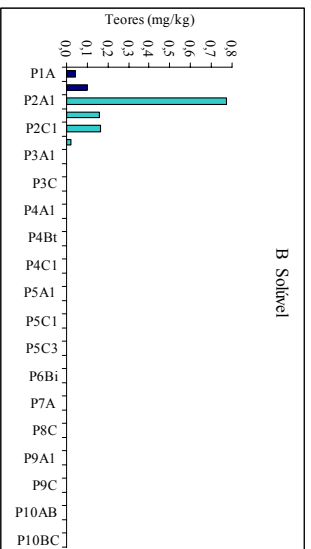


Figura 46 - Teores de B total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

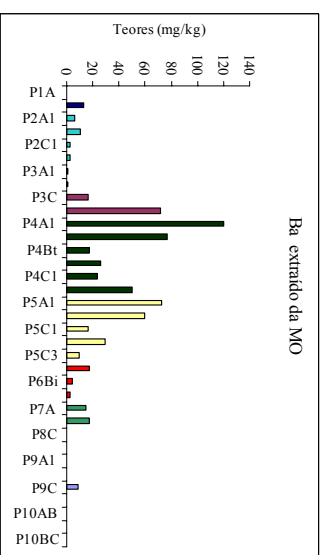
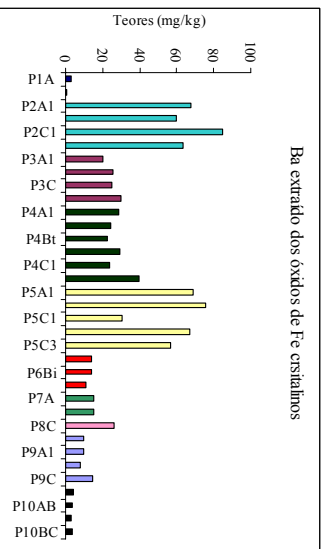
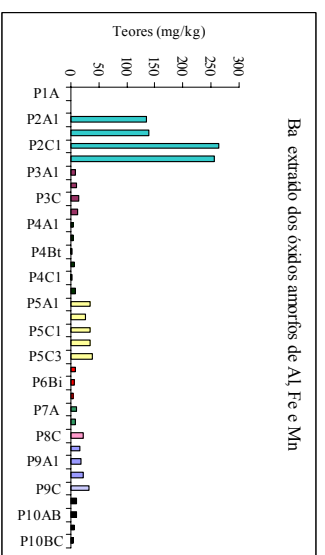
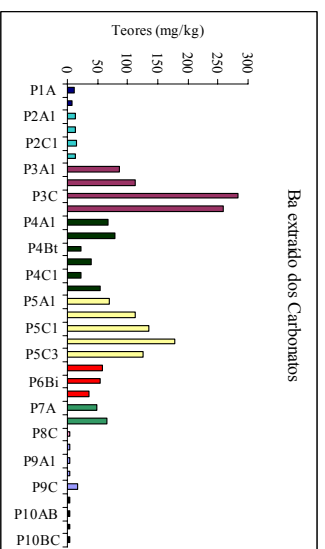
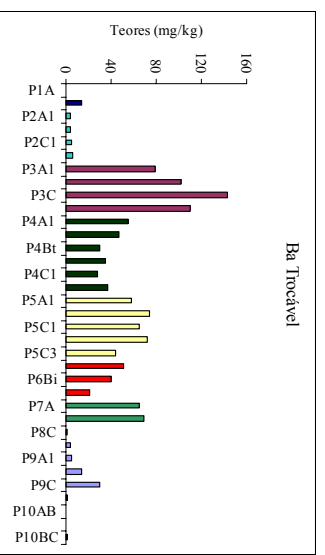
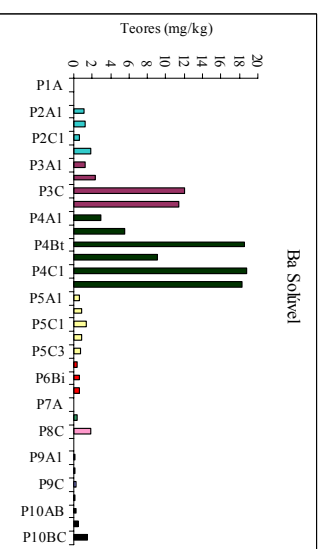


Figura 47 - Teores de Ba total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

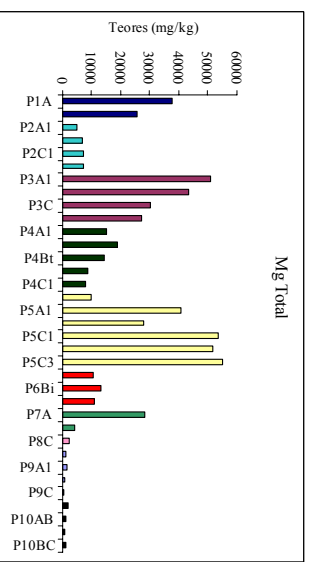
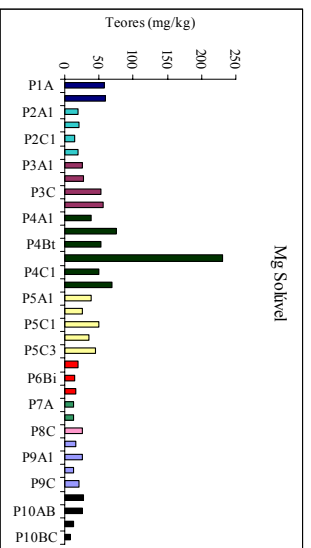


Figura 48 - Teores de Mg total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

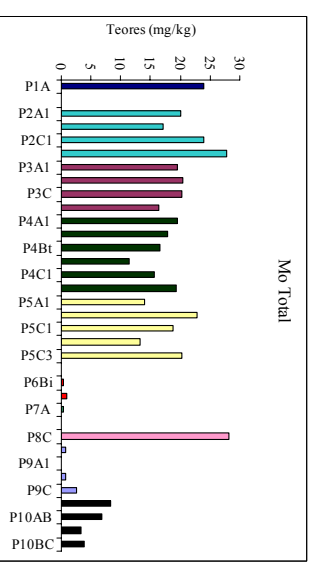
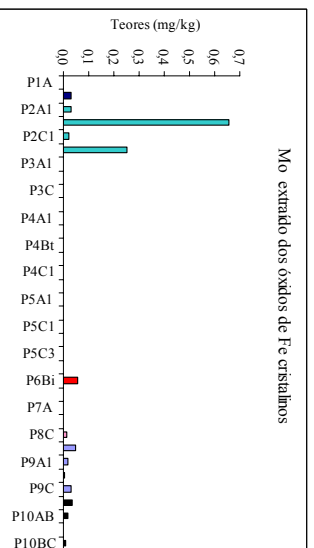
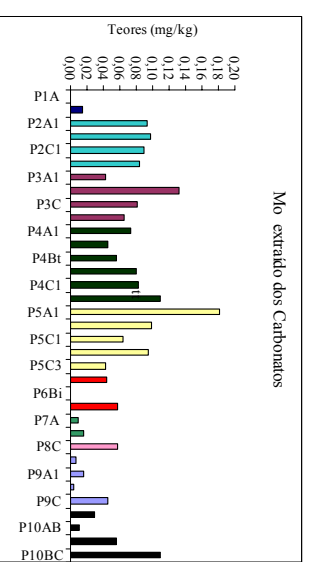
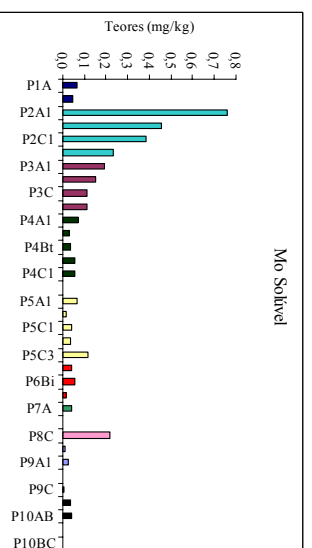


Figura 49 - Teores de Mo total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

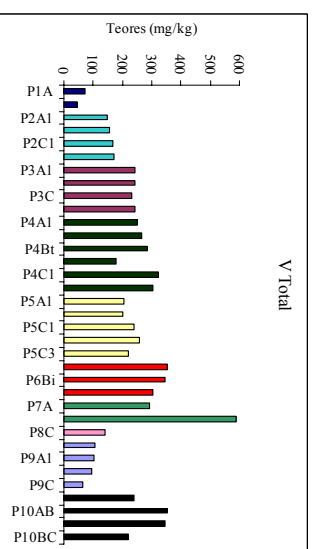
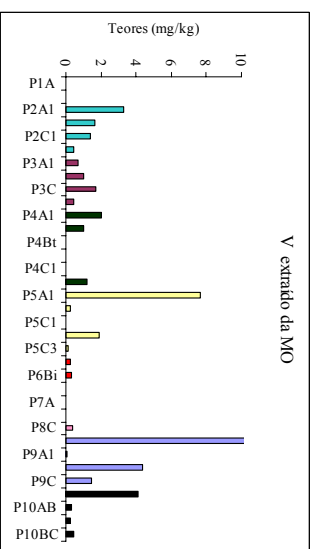
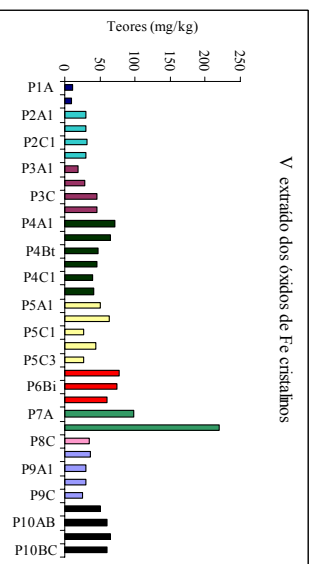
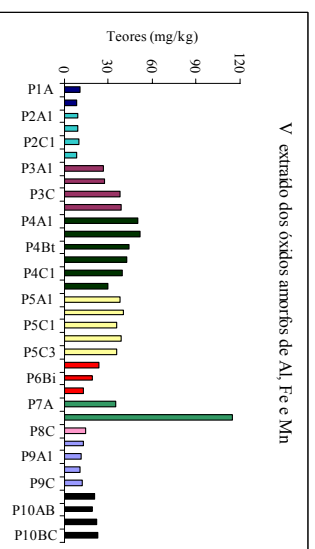
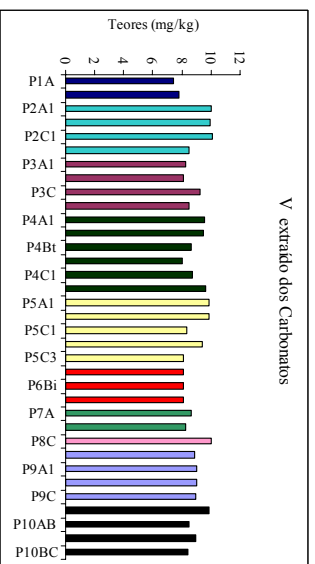
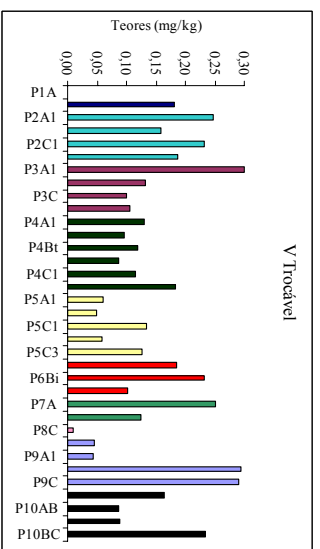
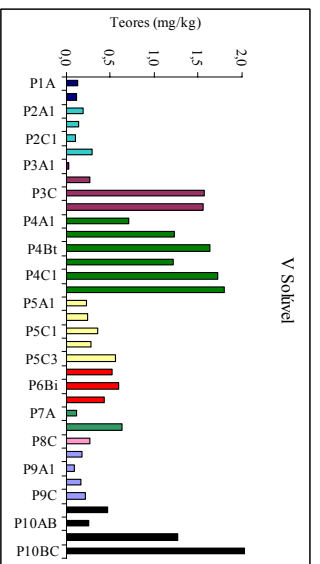


Figura 50 - Teores de V total e obtidos nas diferentes frações submetidos à extração sequencial

## **ANEXO 3**

### **DIFRATOGRAMAS DE RAIO-X**

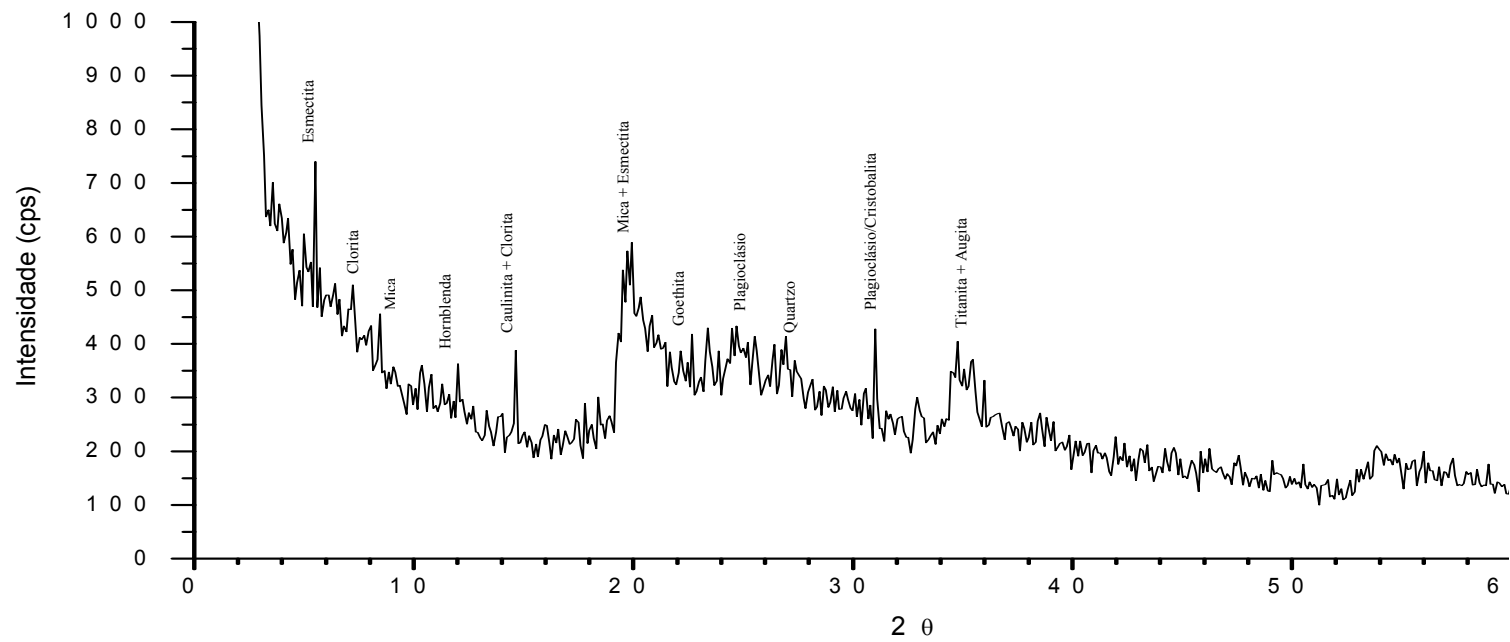


Figura 51- Difratoograma de raio-x da argila natural do Perfil 2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico, horizonte A2



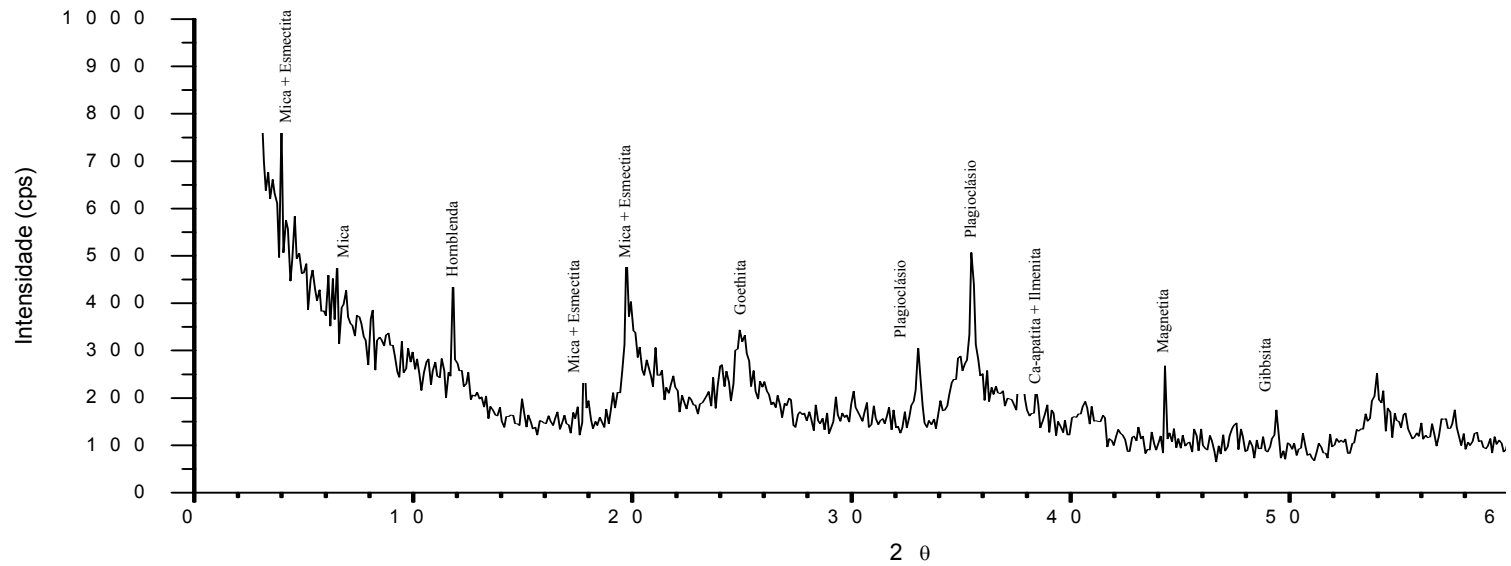


Figura 52- Difratoograma de raio-x da argila natural do Perfil 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico, horizonte AB

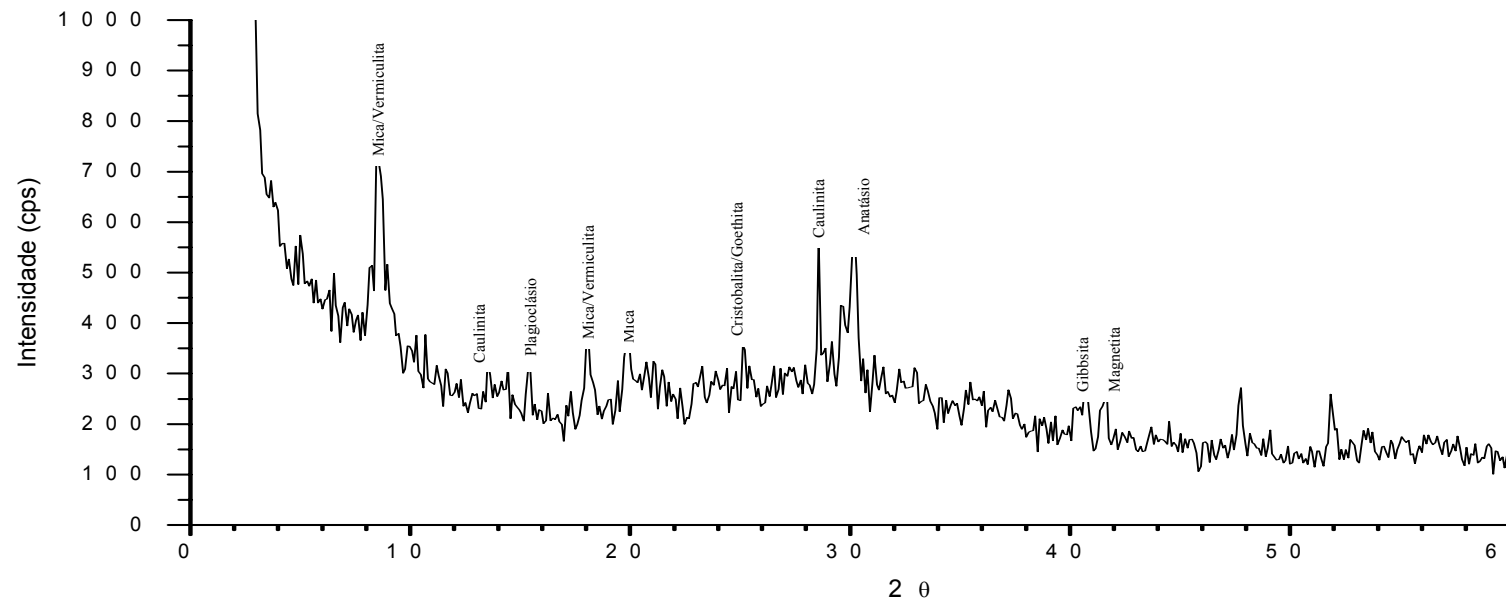


Figura 53 - Difratoograma de raio-x da argila natural do Perfil 8 - ORGANOSSOLO FÓLICO Fibrico, horizonte C

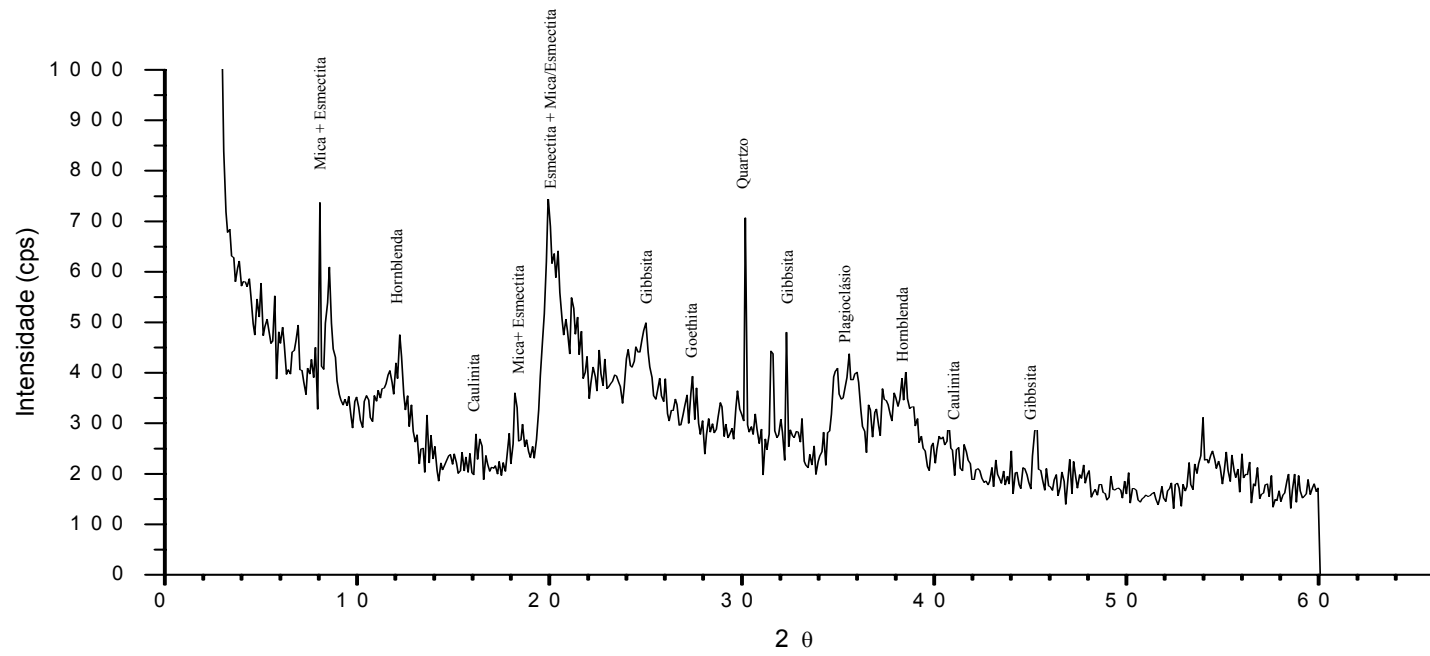


Figura 54 - Difratoograma de raio-x da argila natural do Perfil 9 - CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico, horizonte O2