



# Pesquisas Agronômicas para a Agricultura Sustentável na Amazônia Central

Organizadores:  
Hiroshi Noda

Luiz Augusto Gomes de Souza  
Danilo Fernandes da Silva Filho

NERUA - CSAS - INPA

**PESQUISAS AGRONÔMICAS  
PARA A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL  
NA AMAZÔNIA CENTRAL**

**Omar Abdel Aziz**

Governador do Estado do Amazonas

**José Melo de Oliveira**

Vice-Governador do Estado do Amazonas

**Odenildo Teixeira Sena**

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação do Amazonas – SECTI

**Maria Oliva de Albuquerque Ribeiro Simão**

Diretora-Presidenta da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM



Esta obra foi financiada pelo Governo do Estado do Amazonas com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM

**PESQUISAS AGRONÔMICAS  
PARA A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL  
NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Organizadores:

Hiroshi Noda

Luiz Augusto Gomes de Souza

Danilo Fernandes da Silva Filho

Copyright © 2013 Hiroshi Noda

Coordenação Editorial

**Hiroshi Noda**

**Luiz Augusto Gomes de Souza**

**Danilo Fernandes da Silva Filho**

Fotos

**Arquivo NERUA**

Capa/Projeto Gráfico

**Wega Comunicação**

Revisão

**Arleane Passos**

**Epifânio Leão**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

---

Pesquisas agronômicas para a agricultura  
sustentável na Amazônia Central / organizadores  
Hiroshi Noda, Luiz Augusto Gomes de Souza, Danilo  
Fernandes da Silva Filho. – Manaus, AM : Wega, 2013.

“Nerua/CSAS/INPA”.

Bibliografia.

ISBN 978-85-66808-03-2

1. Agricultura – Aspectos ambientais 2. Agricultura  
sustentável 3. Agricultura sustentável – Amazônia  
4. Agronomia – Pesquisas 5. Desenvolvimento  
sustentável 6. Recursos naturais – Conservação  
I. Noda, Hiroshi. II. Souza, Luiz Augusto Gomes de.  
III. Silva Filho, Danilo Fernandes da.

13-03153

CDD-630.275

---

Índices para catálogo sistemático:

1. Agricultura sustentável na Amazônia Central :

Pesquisas agronômicas 630.275

NERUA – Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico

E-mail: [nerua@inpa.gov.br](mailto:nerua@inpa.gov.br)

Site: <http://nerua.inpa.gov.br>

Fone: (92) 3643-1859

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

Coordenação de Sociedade, Ambiente e Saúde – CSAS

Av. Efigênio Sales, 2239 – Aleixo

Fone: (92) 3643-1859

CEP: 69060-020 – Caixa Postal: 478

Manaus-Amazonas-Brasil

## CONSULTORES AD HOC

ARLETE MACHI TAVARES DE MELO

Fitotecnia e Olericultura – arlete@iac.sp.gov.br

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo (1984), mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade de São Paulo (1990) e doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade de São Paulo (1997). Atualmente é Pesquisadora Científica do Instituto Agrônomo de Campinas, Revisor de periódico da *Bragantia* (São Paulo, SP. Impresso), Revisor de periódico da *Horticultura Brasileira* (Impresso), Membro de corpo editorial da *Horticultura Brasileira* (Impresso), Membro de corpo editorial da *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, Revisor de periódico da *Acta Amazonica* (Impresso) e Membro de corpo editorial da *Agronomia colombiana*. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia. Atuando principalmente nos seguintes temas: pimentão, *Capsicum annum*, híbrido, melhoramento.

DIMAS MENEZES

Melhoramento e Fitotecnia – dimas@depa.ufrpe.br

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (1976), mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) pela Universidade de São Paulo (1980) e doutorado em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (1998). Atualmente é Professor Adjunto IV da Universidade Federal Rural de Pernambuco. É professor convidado do curso de Pós-graduação em Produção Vegetal da UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST. Exerceu por seis anos a vice-presidência da Associação Brasileira de Horticultura (ABH). Foi coordenador do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Melhoramento de Plantas. Atualmente está Coordenador do Curso de Agronomia da UFRPE. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Melhoramento Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: melhoramento genético, *Allium cepa* L., cebola tropical, *Lactuca sativa* L., *Coriandrum sativum* L., *Solanum lycopersicum*, *Capsicum Annuum*, cultivo hidropônico, convencional e orgânico.

HASIME TOKESHI

Fitopatologia e Agroecologia – htokeshi@zaz.com.br

Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP (1958) e Ph.D. na The Ohio State University (1971). Iniciou como professor assistente (1959), chegando a professor titular do departamento de Fitopatologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (1988). Desde novembro de 1991 tem se dedicado aos estudos de solos supressivos a doenças e demonstrado que a supressão de doenças está interrelacionada com as propriedades físicas e microrganismos benéficos usados na agricultura sustentável e natural. Em 2003 assumiu a coordenação do programa de melhoramento de hortaliças para o sistema de agricultura sustentável da Fundação Mokiti Okada.

NEWTON PEREIRA STAMFORD

Solos e Microbiologia do Solo – npstamford@ufrpe.br

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1966), mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1971) e doutorado em Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ/USP (1978). Pós Doutorado em Sevilla, Espanha (CIDA – Centro de Investigación y Desarrollo Agrário) 1994-1995. Professor titular da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Agronomia. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia, Fertilidade do Solo e Fertilização, atuando principalmente nos seguintes temas: Fertilizantes de rochas, Materiais orgânicos enriquecidos por diazotróficos de vida livre, Proteção de plantas usando o Biopolímero Quitosana, Fixação Biológica do nitrogênio, fungos micorrízicos, leguminosas tropicais, inoculação com Bradyrhizobium e rizóbio.

# SUMÁRIO

<b>PRÓLOGO</b> .....	11
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 1</b> PRODUÇÃO DE POLINIZADORES PARA A AGRICULTURA NA AMAZÔNIA.....	19
Gislene Almeida CARVALHO-ZILSE	
<b>CAPÍTULO 2</b> CULTIVARES DE CUBIU ( <i>Solanum sessiliflorum</i> DUNAL) PARA OLERICULTURA SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA.....	27
Danilo Fernandes da SILVA FILHO, Hiroshi NODA, Francisco Manoares MACHADO	
<b>CAPÍTULO 3</b> ESTABILIDADE DA RESISTÊNCIA GENÉTICA DA CULTIVAR YOSHIMATSU AO AGENTE PATOGÊNICO DA “MURCHA BACTERIANA” DO TOMATEIRO .....	43
Hiroshi NODA, Francisco Manoares MACHADO, Rosalee Albuquerque COELHO NETTO, Danilo Fernandes da SILVA FILHO	
<b>CAPÍTULO 4</b> ANÁLISE MORFOLÓGICA E AGRONÔMICA EM ETNOVARIEDADES DE <i>Capsicum</i> , MANTIDAS <i>IN SITU</i> , POR POPULAÇÕES TRADICIONAIS DA AMAZÔNIA .....	61
Danilo Fernandes da SILVA FILHO, Maslova Carmo OLIVEIRA, Pedro Chaves da SILVA, Lúcia Helena Pinheiro MARTINS, Hiroshi NODA, Francisco Manoares MACHADO	
<b>CAPÍTULO 5</b> CARACTERIZAÇÃO DE POPULAÇÕES DE <i>Ralstonia solanacearum</i> NO ESTADO DO AMAZONAS.....	73
Bernard BOHER, Rosalee Albuquerque COELHO NETTO, Hiroshi NODA	

## **CAPÍTULO 6**

EFEITO DA CALAGEM E DO POTÁSSIO NO CUPUAÇUZEIRO  
(*Theobroma grandiflorum*) EM CAMBISSOLO DA AMAZÔNIA  
OCIDENTAL – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS NO SOLO E NA PLANTA..... 87  
Marta Iria da Costa AYRES, Sonia Sena ALFAIA

## **CAPÍTULO 7**

EVOLUÇÃO DA VASSOURA-DE-BRUXA EM CUPUAÇUZEIROS  
NO BANCO DE GERMOPLASMA DO INPA ..... 101  
Jorge Hugo IRIARTE MARTEL, Marco Antônio de Freitas MENDONÇA, Charles Roland CLEMENT,  
Mozar Alves GONDIM NETO, Marcelo Domingues Martins RAIZER

## **CAPÍTULO 8**

ADUBAÇÃO DE PUPUNHEIRA PARA PRODUÇÃO DE PALMITO NA AMAZÔNIA ..... 113  
Kaoru YUYAMA, Bianca Galúcio PEREIRA, Elaine Cristian de Sousa COELHO

## **CAPÍTULO 9**

RENDIMENTO PRODUTIVO E ECONÔMICO DA PUPUNHA,  
MANDIOCA, BANANA-PACOVÃO, ABACAXI E URUCU, EM  
MONOCULTIVOS E CONSÓRCIOS NA REGIÃO DE MANAUS, AM ..... 123  
João Batista MOREIRA GOMES, Luiz Antônio de OLIVEIRA

## **CAPÍTULO 10**

QUALIDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS CÍTRICOS NA AMAZÔNIA CENTRAL. .... 133  
Jorge Hugo IRIARTE MARTEL, Marcos Antônio de Freitas MENDONÇA, Charles Roland CLEMENT

## **CAPÍTULO 11**

PROPAGAÇÃO E PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAMU-CAMU..... 145  
Kaoru YUYAMA, Bianca Galúcio PEREIRA, Elaine Cristian de Sousa COELHO,  
Sandra Nagata da ROCHA

## **CAPÍTULO 12**

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E DO MATERIAL  
FOLIAR DE LEGUMINOSAS COM POTENCIAL PARA ADUBAÇÃO  
VERDE DE AGROECOSSISTEMAS DE PRESIDENTE FIGUEIREDO, AM ..... 165  
Rafael Carletti Marcolino da SILVA, Luiz Augusto Gomes de SOUZA

## **CAPÍTULO 13**

EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE COM PUERÁRIA E MUCUNA  
SOBRE A DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO E ENXOFRE  
PARA O ARROZ, EM LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA ..... 185  
Gilberto de Assis RIBEIRO, Takashi MURAOKA

## **CAPÍTULO 14**

MANEJO DO NITROGÊNIO EM AGROSSISTEMAS  
DE TERRA FIRME E VÁRZEA NA AMAZÔNIA ..... 201  
Sonia Sena ALFAIA, Maria do Rosário Lobato RODRIGUES, Katell UGUEN  
e Marta Iria da Costa AYRES

## **CAPÍTULO 15**

EFEITO DO COMPOSTO DE LIXO URBANO NO SUBSTRATO DE PRODUÇÃO  
DE MUDAS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS INOCULADAS COM RIZÓBIOS ..... 219  
Luiz Augusto Gomes de SOUZA, Dércio SCHOLLES

## **CAPÍTULO 16**

EFEITO DA ADIÇÃO DE CARVÃO E SERRAGEM EM SOLO  
LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL NO  
DESENVOLVIMENTO E NODULAÇÃO NATURAL DE FEIJÃO-CAUPI ..... 233  
Newton Paulo de Souza FALCÃO, Luiz Augusto Gomes de SOUZA, Danielle Monteiro de OLIVEIRA

## **CAPÍTULO 17**

CAPACIDADE DE NODULAÇÃO E FIXAÇÃO DE N<sub>2</sub> EM FABACEAE  
DA ILHA DE MARACÁ, MUNICÍPIO DE AMAJARI, RR ..... 253  
Luiz Augusto Gomes De Souza

## **CAPÍTULO 18**

ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR NA AMAZÔNIA CENTRAL ..... 273  
Arlem Nascimento de OLIVEIRA, Luiz Antônio de OLIVEIRA, Francisco Wessen MOREIRA

## **CAPÍTULO 19**

MICROMORFOLOGIA DE ARGILO-MINERAIS E ÓXIDOS OCORRENTES  
EM CONCREÇÕES DE Fe/Mn EM SOLOS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL  
DO BRASIL E OKINAWA, JAPÃO ..... 293  
Alexandre Pereira de BAKKER, Yoshihiro TOKASHIKI, Lal Vidhana ARACHCHI

## **CAPÍTULO 20**

PESQUISA TRANSDISCIPLINAR EM AGRICULTURA ..... 307  
Sandra do Nascimento NODA, Hiroshi NODA, Ayrton Luiz Urizzi MARTINS,  
Maria Silvesnázia Paiva MENDONÇA



## PRÓLOGO

*“entre os brasileiros que estudaram a história da Mata Atlântica e contemplaram a presença de seus arvoredos remanescentes, a Floresta Amazônica provoca especial alarme e presságio. O último serviço que a Mata Atlântica pode prestar, de modo trágico e desesperado, é demonstrar todas as terríveis consequências da destruição de seu imenso vizinho do oeste”.*

Da obra *A ferro e fogo – A história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira*, de Warren Dean (1996).

A vegetação natural da Amazônia Centro Ocidental tem sido mantida, ainda hoje, quase totalmente preservada, graças às formas de manejo ambiental praticadas pelos agricultores familiares tradicionais. Os sistemas de produção adotados pelas populações autóctones têm oferecido elevados patamares de auto suficiência e sustentabilidade, conservando a sócio-biodiversidade e mantido a floresta como elemento permanente da paisagem. O compartilhamento de recursos genéticos vegetais, prática corrente adotada por esses agricultores, tem permitido a segurança alimentar das comunidades rurais e exerce um importante papel no processo de conservação, dispersão e resgate de espécies vegetais cultivadas.

Um diversificado e complexo universo, revelado pelos estudos de Harald Sioli, nas várzeas amazônicas, onde o pulso das águas dos rios explica o ritmo e harmonia da produção e reprodução biológica, é o mesmo da visão dos agricultores tradicionais. Investigações antropológicas, botânicas e agronômicas realizadas por Darrell Posey, Warwick Estevam Kerr e Paulo Sodero Martins levaram ao reconhecimento do papel essencial das populações tradicionais no processo de conservação da biodiversidade.

Na segunda metade da década de 70 do século passado, no momento em que os grandes projetos de desenvolvimento promoviam o processo acelerado de ocupação da Amazônia Oriental transformando suas florestas em fazendas de gado, em imensos reservatórios de água para geração de energia elétrica, áreas de exploração mineral e madeira, foi criada a Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) sendo seu fundador o professor Warwick Estevam Kerr e seu primeiro coordenador científico, o professor Alejo von der Pahlen.

Naquele contexto, qual o papel a ser desempenhado pelo INPA quanto ao desenvolvimento da ciência e tecnologia agronômica na Amazônia?

Segundo José de Souza Martins (Estudos Sociedade e Agricultura, 15, 2000) na Região Amazônica, na década de 70 do século passado, existiam mais de meio milhão de trabalhadores submetidos à escravidão para permitir a abertura de novas e modernas empresas agropecuárias e esse retrocesso histórico espantoso ocorreu em nome da modernização econômica e tecnológica. José Gomes da Silva em um artigo publicado, em agosto de 1990, na Folha de São Paulo, já afirmava que, ao contrário do que ocorria no Brasil, nas nações modernas as políticas públicas voltadas para a agricultura contemplam mais o produtor que o produto.

Havia, portanto, necessidade das ações de pesquisa e extensão estarem estruturadas e integradas em três eixos fundamentais: as populações humanas e suas formas de produção agrícola; a conservação dos ecossistemas e recursos naturais e desenvolvimento de tecnologias agro-ecológicas. Hoje, completadas três décadas e meia de atuação do INPA em pesquisas agronômicas na Amazônia este livro pretende avaliar o cumprimento de sua missão no sentido de gerar conhecimentos científicos e tecnológicos para o desenvolvimento de uma agricultura amazônica sustentável, sob o ponto de vista social e ambiental. Este livro representa um registro das contribuições não somente do seu quadro de pesquisadores, mas também, de outras instituições que participaram em parceria nas ações desenvolvidas pelo INPA.

Um princípio da genética de populações diz que o destino de uma população depende dos genes dos seus fundadores. Sabendo disso, os pesquisadores do INPA são orgulhosos de sua ascendência pois, ao lado do seu criador, Warwick Estevam Kerr, estão nomes de cientistas que influenciaram não somente aqueles seus discípulos do INPA, mas a pesquisa agrônoma brasileira. A leitura deste livro nos capítulos sobre solos, fixação biológica de nitrogênio e solubilização de fósforo trazem a contribuição de Guido Ranzani e Johana Dobereiner na formação dos autores. Artigos abordando temas como genética e melhoramento de plantas, espécies hortícolas nativas, genética e manejo de abelhas nativas, sistemas agroflorestais trazem lembranças de Warwick Estevam Kerr, Alejo von der Pahlen e Hiroshi Nagai. Artigos sobre fitopatologia ressaltam a importância da contribuição de Elliot Kitajima e Armando Takatsu que realizaram, no final da década de setenta, os primeiros levantamentos sobre a ocorrência de fitopatógenos na região de Manaus. É interessante observar que todos os artigos fazem a abordagem dos temas, levando-se em conta algum aspecto da missão a ser cumprida pelo INPA, como gerador de conhecimentos científicos e tecnológicos: as populações humanas, como usuárias; as formas de produção agrícola, como contexto sócio ambiental e a conservação dos ecossistemas e recursos naturais e o desenvolvimento de tecnologias agro-ecológicas, como objetivos fundamentais.

Com a reestruturação do organograma institucional, ocorrida em 2012, os pesquisadores do INPA das áreas de melhoramento genético e conservação de hortaliças, fitopatologia e espécies leguminosas arbóreas vinculadas ao Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico – NERUA passaram a integrar a Coordenação de Sociedade, Saúde e Ambiente. Na trajetória de pesquisas do NERUA tem sido observada, permanentemente, a necessidade de aproximação à realidade das populações humanas rurais amazônicas, pois, se ocorresse, maiores seriam as possibilidades da contribuição da ciência para o desenvolvimento sustentável e a conservação dos recursos ambientais desta região. A premissa básica dos diferentes projetos tem sido a necessidade de se elevar os níveis de organização social dos agricultores familiares para que, a partir daí, as comunidades tivessem condições de acessar, autônoma e permanentemente, as conquistas socioeconômicas necessárias para a melhoria da qualidade de vida: segurança alimentar, saúde, educação, energia, cultura e acesso à informação.

A criação da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Amazonas FAPEAM – foi um passo fundamental não somente para o desenvolvimen-

to da pesquisa científica e tecnológica, mas também, para a formação de recursos humanos nesta região. Portanto, nos foi honrosa a acolhida da FAPEAM à proposta do NERUA para a publicação deste livro. À Financiadora de Projetos e Pesquisas – FINEP e à FAPEAM agradecemos o apoio financeiro às atividades de pesquisas no âmbito do projeto de título: *Consolidação do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Sustentabilidade da Agricultura Familiar no Contexto do Agronegócio no Amazonas* dentro do convênio FINEP – FAPEAM – EMBRAPA – INPA – UFAM.

Hiroshi Noda  
Coordenador do NERUA  
Dezembro de 2012

## APRESENTAÇÃO

A história econômica da Amazônia tem sido feita por ciclos econômicos que chegam como ondas, esgotam-se em pouco tempo e depois deixam o vazio da frustração em seu povo e as marcas da exploração em seu ambiente. Assim foi com as drogas do sertão do mercantilismo português, com a tentativa de produção agrícola organizada sob o governo do Marquês de Pombal, com a economia gomífera da época da borracha, com os grandes projetos desenvolvimentistas dos governos militares e, mais recentemente, com a pulverização de projetos desenvolvimentistas que vão desde o *agribusiness* em Rondônia e no Mato Grosso, a indústria eletroeletrônica e de duas rodas com a Zona Franca de Manaus, no Amazonas, a produção mineral no Pará e a economia florestal do Acre.

Enquanto isso, as atividades do setor primário da economia regional, que em princípio deveriam representar a base do processo de desenvolvimento produtivo de uma sociedade ou região, tem se mantido em patamares inexpressivos com a ausência de políticas públicas de incentivo. Na economia brasileira, em 2002, o valor adicionado bruto proveniente da atividade agropecuária dos sete estados da região Norte representou 8,81% do total do valor adicionado bruto nessa atividade em todo o Brasil. Em 2010, apesar do crescimento regional registrado em vários estados com vocação agrícola, esse percentual alcançou apenas em 9,98%. Mas há estados, como o Amazonas, onde a economia do setor primário teve crescimento muito

restrito. Em 2002, seu valor adicionado bruto em agropecuária representou 1,55% do total do Brasil e em 2010 cresceu apenas para 1,81%.

Por outro lado, abundam as notícias da destruição do ambiente amazônico com avanço do desmatamento em diversas frentes, alcançando patamares preocupantes em alguns estados e com ampliação das áreas já tidas como degradadas. É um cenário paradoxal: o comprometimento dos recursos ambientais com inexpressiva geração de riqueza em atividades agropecuárias.

Por que isso ocorre? O que fazer para reverter tal circunstância? Como incrementar a produção agrícola na Amazônia para que esta seja fonte de riqueza regional, sustentação da vida de seu povo e, ao mesmo tempo, contribua para que seu ambiente continue conservado e desenvolvendo seu papel ecossistêmico na dinâmica global? Como, enfim, modernizar os cultivos, sem adotar técnicas ou métodos que agridam sua integridade?

Certamente devem existir muitas respostas, mas a que o NERUA (Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônicos) apresenta neste livro requer atenção, em virtude da solidez e amplitude de seu conteúdo. Primeiro, há que se destacar não tratar-se apenas de uma coletânea de artigos científicos que vêm à tona na rotina acadêmica. A gênese e a história desse Núcleo expressa comprometimento de vida, de crença em valores relacionados ao fazer científico e ao papel dos pesquisadores no aporte dos saberes, comprometido com modos de desenvolvimento sustentáveis. O que era um ideal de pioneiros, que sob a liderança de Warwick Estevam Kerr e Alejo von der Pahlen instalaram, na década de 70, a Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), acabou ganhando um constructo cognitivo transdisciplinar, com metodologias, propósitos e agenda de investigações comprometidas, intensamente, com as realidades e necessidades das populações amazônicas, visando dotá-las de condições para absorverem as contribuições da ciência para melhoria de suas condições de vida. Esse ideário aparece de uma forma ou de outra, em todos os artigos deste livro, mas ele ganha clareza no apaixonado *prólogo* do Dr. Hiroshi Noda e no que poderia ser chamado de *epílogo*, o bem fundamentado capítulo sobre “Pesquisa Transdisciplinar em Agricultura”.

Como esse ideário tem um longo passado, os estudos apresentados decorrem de experimentos com séries históricas longas para quase todos os objetos de estudos que receberam atenção, o que agrega solidez aos resultados. Assim é com os estudos sobre cultivares de tomateiro que acumulam

observações desde 1983, cultivos consorciados de espécies regionais relevantes que se iniciaram em 1986, testes com cítricos que se desenvolvem desde 1980 e outros.

Em relação à agrodiversidade e relevância das espécies envolvidas, também a experiência acumulada revela comprometimento claro com preferências reconhecidas do povo da região e com espécies de grande importância para fins alimentares, econômicos, terapêuticos, cosméticos e outros. Esse é o caso da pupunha, do camu-camu, do cubiu, do cupuaçu, das hortaliças, das pimentas, dos cítricos e outros. Os trabalhos sobre essas espécies contêm desde as cadeias completas de conhecimentos agrônômicos que lhes são inerentes, passando por verdadeiros manuais passo a passo relativos ao cultivo, até as formas de uso e aproveitamento, incluindo mesmo as relações com o mercado.

Há também estudos aprofundados em condições adequadas e inadequadas para o êxito dos cultivos, como o manejo de nitrogênio e adição de carvão e serragem em solos de baixa fertilidade; dos patógenos mais recorrentes, como a vassoura-de-bruxa e a murcha bacteriana; das circunstâncias específicas associadas à diversidade de ambientes que a Amazônia encerra, como nos solos de várzea e de terra-firme; das estratégias naturais, simples e sustentáveis de manter a fertilidade do solo, com a chamada adubação verde, com uso de puerária e mucuna e também do composto de lixo urbano.

O conteúdo da obra também revela uma inusitada amplitude territorial verdadeiramente amazônica. Os estudos foram feitos de forma regular, replicados em diversos estados da Amazônia Brasileira e, em vários deles, há contribuição de outros países da Panamazônia. Há, até mesmo, estudos comparativos com o continente asiático, como é a avaliação de métodos e tecnologias empregadas em mineralogia de solos, especificamente o uso de Microscopia Eletrônica de Varredura de argilo-minerais óxidos presentes em concreções de Fe/Mn coletadas em Okinawa/Japão e Nova Califórnia/Rondônia. Mas revelam também o envolvimento de dezenas de pesquisadores de diversas áreas, oriundos das mais variadas instituições, sediadas em diversos estados brasileiros e muitos países. Tudo isso, testifica que esses estudos são construções coletivas sólidas, apoiados em cooperação de relevância científica.

Essa é a obra. Um acumulado maduro de conhecimentos sobre as possibilidades e as condicionalidades de uma produção agrônômica comprometida com os habitantes da Amazônia e a sustentabilidade socioambiental de seu desenvolvimento. É um esforço hercúleo e desenvolvido sob as mais diversas restrições, sejam econômicas ou políticas, mas, sobretudo, sob a mais desafiadora restrição que a Amazônia encerra – a sua complexidade.

Essa complexidade está presente em todos os trabalhos, mas uma amostra prototípica e eloquente pode ser encontrada em três linhas na conclusão do capítulo 5 (Caracterização de populações de *Ralstonia solanacearum* no estado do Amazonas). Depois dos autores fazerem um detalhado estudo sobre as populações desse agente e suas patogenicidades em relação a tomates (cv. *Yoshimatsu*), estudo este feito em diversas condições, eles encerram dizendo que são necessárias mais pesquisas para esclarecer o efeito de outros fatores como “*população de nematoides, temperatura do solo, teor de argila, encharcamento, entre outros*”. É como se dissessem: – o que estudamos é quase nada em relação ao que há por estudar.

Os capítulos que se seguem desvelarão essa valorosa contribuição do NERUA para a agricultura sustentável na Amazônia. Uma contribuição que, além de ser um grande legado é também um bem fundamentado tratado de agronomia verdadeiramente amazônica.

O INPA cumpre um dever histórico trazendo à tona essa importante obra e a Coordenação de Sociedade, Ambiente e Saúde (CSAS), unidade organizacional do INPA à qual se vincula o NERUA, orgulha-se de poder apresentá-la à sociedade como retorno dos recursos públicos que dão suporte às ações de pesquisa da instituição. Além da colaboração de autores oriundos de diversas instituições nacionais e internacionais, cujos agradecimentos encontram-se em seção própria, é relevante destacar a participação ativa da Coordenação de Tecnologia e Inovação (COTI) e da Coordenação de Biodiversidade (CBIO), unidades da estrutura interna do INPA, bem como, dos programas institucionais de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais (CFT) e Agricultura no Trópico Úmido (ATU).

Prof. Dr. José Alberto da Costa Machado  
Coordenador de Sociedade, Ambiente e Saúde (CSAS)

# PRODUÇÃO DE POLINIZADORES PARA A AGRICULTURA NA AMAZÔNIA

Gislene Almeida CARVALHO-ZILSE<sup>1</sup>

## Palavras chave:

Abelhas sem ferrão, Meliponicultura, Polinização, Biodiversidade

## INTRODUÇÃO

As abelhas executam um dos mais importantes serviços no planeta: elas polinizam as plantas. Há relatos de que Albert Einstein fez a seguinte observação: “*If the bee disappeared off the surface of the globe then man would only have four years of life left. No more bees, no more pollination, no more plants, no more animals, no more man*” (Holland, 2009). Ou seja, “se as abelhas desaparecessem da terra o homem teria somente quatro anos de sobrevivência. Sem as abelhas, não haveria mais polinização, com a extinção de plantas, animais e do homem”. Apesar de ser uma afirmação alarmante, é inegável a dependência humana dos serviços prestados por estes polinizadores na economia agrícola.

Estima-se que um terço da produção mundial de alimentos dependa da polinização por insetos, principalmente pelas abelhas *Apis mellifera* (Allsopp et al., 2008), o que nos coloca em alerta máximo diante do quadro de “colapso do desaparecimento das abelhas (*Colony Collapse Disorder* ou CCD)” que vem ocorrendo, desde 2006, em apiários nos Estados Unidos, Europa, Brasil e em outros países (Pettis, 2011). Este colapso tem sido registrado em colmeias de abelhas *Apis mellifera*, a principal espécie utilizada em serviços de polinização para o agronegócio mundial de produção de frutas, grãos, hortaliças, cereais etc.

<sup>1</sup> Grupo de Pesquisas em Abelhas, Coordenação de Biodiversidade, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (GPA/CBIO/INPA), Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: gislene@inpa.gov.br.

Do ponto de vista econômico, estima-se que os serviços de polinização por abelhas gerem um impacto anual de 200 bilhões de dólares (Kearns et al., 1998). Nos Estados Unidos a perda considerada é da ordem de 1,6 a 14,6 bilhões de dólares anuais (Allsopp et al., 2008), o que desperta uma preocupação global para os prováveis prejuízos que o colapso de milhares de colônias, tanto selvagens como manejadas, podem alcançar.

Do ponto de vista ecológico, as abelhas sem ferrão apresentam notável vocação aos serviços ambientais prestados à floresta amazônica respondendo por até 90% da polinização (Kerr et al., 2001) e, ainda, contribuindo para a dispersão de sementes (Bacelar-Lima et al., 2006).

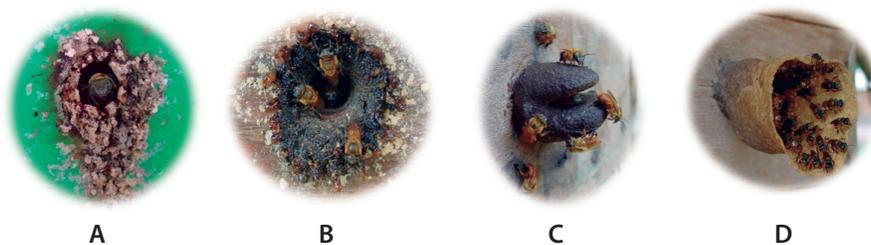
A polinização é parte integrante da conservação da biodiversidade natural. Assim, a crise global dos polinizadores é uma causa importante no que tange às consequências ambientais da agricultura moderna (Allsopp et al., 2008). Tal crise levou à proposição da Iniciativa Internacional de Polinizadores como um Programa da Convenção da Biodiversidade Biológica, sendo uma de suas premissas básicas o requerimento, para a agricultura sustentável, do desenvolvimento de polinizadores alternativos (polinizadores não-*Apis*), da melhoria da gestão do habitat de polinizadores selvagens e de práticas de gestão agrícola. O Brasil também estabeleceu a Iniciativa Brasileira de Polinizadores focada nos polinizadores nativos, especialmente, nas abelhas brasileiras sem ferrão.

O principal berço de polinizadores alternativos, em substituição as abelhas *Apis*, é a floresta amazônica, bioma que representa o habitat natural das abelhas sem ferrão ou abelhas indígenas, as quais foram pioneiramente cultivadas pelos povos indígenas nativos. As abelhas sem ferrão representam uma alternativa, em perspectiva de médio e longo prazo, para polinização comercial uma vez que são exímias polinizadoras de diversas plantas (Slaa et al., 2006). Exemplo disto são as espécies de plantas comumente encontradas nos quintais agroflorestais amazônicos tais como o açaí (*Euterpe oleracea*), o guaraná (*Paullinia cupana*), o taperebá (*Spondia* spp.), o urucum (*Bixa orellana*), a tapiirica (*Tapirira guianensis*) e plantas da Família Myrtaceae (goiabeiras, araçazeiros, pitangueiras, etc.), entre outras, que são diretamente beneficiadas pela polinização por abelhas sem ferrão levando ao aumento da produção e da qualidade dos frutos (Carvalho-Zilse e Nunes-Silva, 2012; Imperatriz-Fonseca et al., 2006).

Apesar de tradicionalmente serem manejados por estes povos, poucos são os registros sobre a atividade de criação de abelhas sem ferrão (Meliponicultura) no Estado do Amazonas, embora seja comum a presença de cortiços próximos às casas em comunidades do interior do Estado. Os comunitários informam que, culturalmente, os remédios são consumidos com um pouco de mel de abelha sem ferrão diluído em água. Por isso, sempre adotaram hábitos extrativistas em busca de mel e cera descartando o pólen por considerarem serem as fezes das abelhas. Até hoje, em muitas áreas do interior do Amazonas, se encontra o tradicional extrativismo de ninhos de abelhas nativas na busca do mel pelo seu sabor inigualável e uso medicinal intrínseco à cultura indígena (Kerr et al., 2001; Carvalho-Zilse e Nunes-Silva, 2012).

Em consonância com a proposição da Iniciativa Brasileira de Polinizadores, diversas experiências demonstram que esse caminho de extrativismo pode ser revertido quando a colheita indiscriminada do mel e dos ninhos dá lugar à criação técnica destas abelhas nas comunidades locais (Carvalho-Zilse, 2006; Venturieri et al., 2003 e 2010; Cortopassi-Laurindo et al., 2006; Venturieri, 2009).

Diante deste desafio, o Grupo de Pesquisas em Abelhas – GPA do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Figura 1) tem se empenhado, desde sua criação, em 2003, na execução de pesquisas sobre esses insetos e geração de tecnologias sociais para sua conservação e exploração comercial.



**Figura 1.** Espécies de abelhas sem ferrão mais comumente criadas em comunidades do Amazonas. **A** - *Melipona interrupta*; **B** - *Melipona seminigra*; **C** - *Melipona eburnea*; **D** - *Scaptotrigona xanthotricha*. Fotos: Nelson Zilse.

Dentre as atividades já realizadas pelo Grupo de Pesquisas em Abelhas, cinco principais projetos merecem destaque quanto à capacitação de produtores rurais e comunitários na atividade de Meliponicultura, no

intuito de contribuir para o aumento e manutenção de populações desses polinizadores e possibilitar o acesso a fontes alternativas de alimento e renda (Tabela 1). Todos estes projetos objetivaram o desenvolvimento de atividades de pesquisa científica e de campo, sobre a biologia, genética e manejo das espécies; assim como atividades de desenvolvimento de tecnologias sociais com capacitação de comunitários e produtores rurais em Meliponicultura.

Um total de onze espécies de abelhas sem ferrão foi manejado durante o desenvolvimento dos projetos, a saber: *Melipona interrupta*, *M. seminigra*, *M. rufiventris*, *M. nebulosa*, *M. eburnea*, *M. lateralis*, *Scaptotrigona xanthotricha*, *Scaptotrigona* sp., *Frieseomelitta* sp., *Scaptotrigona* sp. e *Trigona williana*. Todas as espécies foram testadas quanto à adaptação em modelo de colmeia padronizada e responderam positivamente ao manejo. Destas, quatro espécies se destacaram quanto à facilidade de manejo para multiplicação e produtividade de mel e por serem as mais comumente criadas nos municípios envolvidos nos diferentes projetos. São elas: *Melipona interrupta* (jupará), *Melipona seminigra* (jandaira ou urucu-boca-de-renda), *Melipona eburnea* (uruçu beijo) e *Scaptotrigona xanthotricha* (abelha-canudo) (Figura 1).

O modelo de colmeia padronizada utilizado nas atividades foi proposto a partir de modificações com base em diversos modelos de caixas existentes na literatura. Desta forma, foi possível o aprimoramento e teste de campo deste modelo com diferentes espécies de abelhas e em diversas comunidades. O modelo da colmeia padronizada (Figura 2) revolucionou a velocidade de multiplicação de colmeias e o índice de sobrevivência das colmeias filhas possibilitando assim o rápido aumento do número de colmeias em meliponários e facilitando o processo de capacitação técnica no manejo dos meliponários. As adaptações propostas e testadas em campo foram: 1) Acréscimo de alça inferior denominada lixeira, com altura máxima de 1 cm; 2) Abertura de frestas na parte inferior do ninho permitindo que as abelhas circulem entre o ninho e a lixeira; 3) Colocação de um furo (de 2 cm de diâmetro) na parede traseira do sobreninho, a fim de permitir a ventilação dentro da colônia; 4) Redução da altura da melgueira para 5 cm para que as abelhas construam apenas uma camada de potes para mel ou pólen, facilitando assim, a colheita destes produtos.

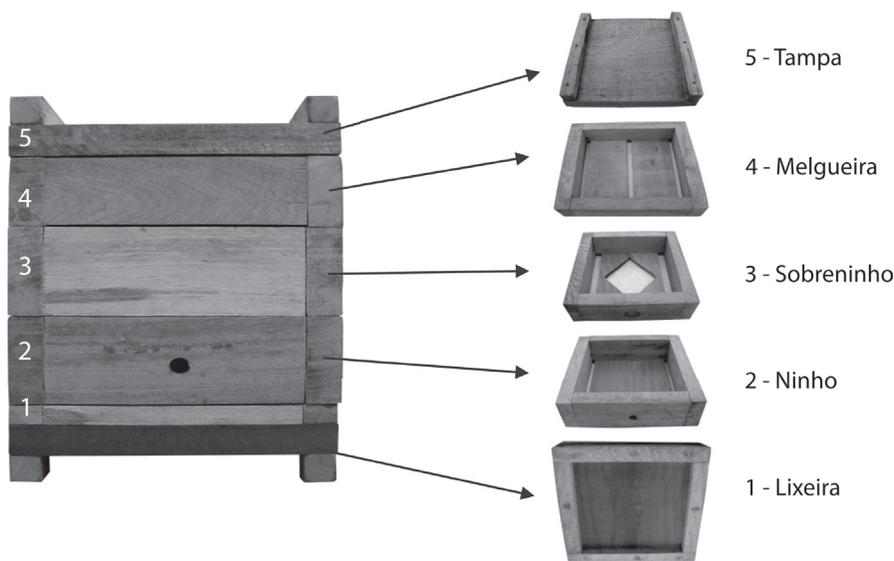
**Tabela 1.** Principais projetos envolvendo capacitação em Meliponicultura desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisas em Abelhas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – GPA/INPA.

Projeto	Financiador	Período	Resultados	
			Nº de pessoas capacitadas	Nº de colmeias alcançado
Desenvolvimento de tecnologias para implantação em comunidades rurais da Amazônia	BASA	2001 a 2002	2	235
Estudos biológicos e citogenéticos das abelhas sociais da Amazônia	SUFRAMA	2002 a 2006	62	141
Abelhas e polinização de plantas da várzea	PPG7 – Pró-Várzea	2003 a 2005	303	406
Estudos agrônômicos e sociais de comunidades rurais do Amazonas visando suas sustentabilidades em longo prazo	CNPq FAPEAM	2006 a 2012	20	193
Meliponicultura em São Gabriel da Cachoeira – Projeto Fronteira	FINEP	2008 a 2012	174	159
<b>Total</b>			<b>561</b>	<b>1134</b>

A colmeia padronizada facilitou a capacitação dos comunitários e produtores rurais, que foram treinados no manejo técnico para reprodução das colmeias, produção de mel e em boas práticas de Meliponicultura. O número de comunitários capacitados em cada projeto e a quantidade de colônias manejadas em colmeias padronizadas está descrito na Tabela 1.

Estes números revelam o potencial de reprodução induzida de diferentes espécies de abelhas sem ferrão e, conseqüentemente, o potencial para disponibilização destes polinizadores para uso no agronegócio uma vez que são dóceis e manejáveis. Carvalho-Zilse (2006) apresenta informações ainda mais impressionantes, sobre diversas outras iniciativas de capacitação em Meliponicultura desenvolvidas no Estado do Amazonas. Tomados juntos, tais resultados são uma resposta positiva ao requerimento de polinizadores pela Iniciativa Brasileira de Polinizadores – IPI e, também, muito promissores como alternativa ao declínio das colmeias de abelhas *Apis*.

É certo que o domínio da reprodução e a disponibilização quantitativa e qualitativa de abelhas sem ferrão como polinizadores não findam em si. São necessários estudos quanto ao potencial efetivo de polinização destas abelhas frente a diferentes culturas agrícolas. Mas, sem dúvida, a facilidade de manejo e de reprodução rápida e bem sucedida de suas colmeias intensifica seu potencial uso na agricultura sustentável da região Amazônica e de outras regiões do Brasil.



**Figura 2:** Modelo de colmeia padronizada utilizada nos projetos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisas em Abelhas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – GPA/INPA. Fotos: Nelson Zilse.

## **SOBRE O GRUPO DE PESQUISAS EM ABELHAS**

O Grupo de Pesquisas em Abelhas (GPA) foi criado junto à Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas do Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas (INPA) pela Portaria N° 021/2003 de 06 de fevereiro de 2003 com o objetivo de pesquisar sobre a biologia, genética e manejo das abelhas sem ferrão amazônicas e sua interação com o meio ambiente visando sua conservação e exploração sustentável. Ainda, de formar, em carreira acadêmica, recursos humanos especializados, além de atender a sociedade em geral. Ao longo de seus nove anos de existência formou 57 estudantes, sendo 12 estagiários voluntários, 24 bolsistas de Iniciação Científica, 2 estudantes em Trabalho de Conclusão de Curso, 2 estudantes em Monografia de Conclusão de Curso, 10 estudantes de Mestrado, 6 de Doutorado e 1

estágio Pós-doc. Produziu 21 artigos em periódicos, 1 livro, 2 capítulos de livros e três cartilhas didáticas, além de inúmeros cursos e palestras em reuniões científicas e projetos/atividades de extensão.

## AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao MCTI, CNPq, BASA, FAPEAM, SUFRAMA, Pro-Várzea/IBAMA, Fronteira/FINEP pelo apoio financeiro aos Projetos desenvolvidos pelo GPA/INPA. Também aos estagiários voluntários, bolsistas, estudantes de Iniciação Científica, de Mestrado e de Doutorado que contribuíram na estruturação e consolidação do grupo de pesquisas, na produção de conhecimentos sobre as abelhas sem ferrão amazônicas e nas atividades de capacitação em Meliponicultura. A autora agradece, especialmente, ao Prof. Warwick Estevam Kerr, pela criação do grupo de pesquisas e pelo constante incentivo, apoio e ensino dedicado à equipe do GPA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allsopp, M.H.; de Lange, W.J.; Veldtman, R. 2008. Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. *PLoS ONE* 3(9): e3128.

Bacelar-Lima, C.G.; Freire, D.C.B.; Coletto-Silva, A.; Costa, K.B.; Laray, J.P.B.; Vilas-Boas, H.C.; Carvalho-Zilse, G.A. 2006. Melitocoria de *Zygia racemosa* (Ducke) Barneby & Grimes por *Melipona seminigra merrillae* Cockerell, 1919 y *Melipona compressipes manaosensis* Schwarz, (Hymenoptera, Meliponina) en la Amazonia Central, Brasil. *Acta Amazonica* 36(3):343–348.

Carvalho-Zilse, G.A. 2006. Meliponicultura na Amazônia. In: Anais do VII Encontro sobre Abelhas (Ribeirão Preto – SP). CD-ROM.

Carvalho-Zilse, G.A.; Nunes-Silva, C.G. 2012. Threats to the stingless bees in the brazilian amazon: how to deal with scarce biological data and an increasing rate of destruction. In: Bees: Biology, Threats and Colonies. Ed. Nova Publishers. Chapter 4. p. 147-168.

Cortopassi-Laurino, M.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Roubik, D.W.; Dollin, A.; Heard, T.; Aguilar, I.; Venturieri, G.C.; Eardley, C.; Nogueira-Neto, P. 2006. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie* 37 (2): 275-292.

Holland, N. 2009. The economic value of honeybees. BBC Business and economics reporter; 23 April 2009. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8015136.stm>. Acesso em 10/09/2012.

Imperatriz-Fonseca, V.L.; Saraiva, A.M.; De Jong, D. (ed.). 2006. *Bees as pollinators in Brazil – assessing the status and suggesting best practices*. Ed. Holos. Ribeirão Preto, SP. 112p.

Kearns, C.A.; Inouye, D.W.; Waser N.M. 1998. Endangered mutualisms: The conservation biology of plant-pollinator interactions. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29: 83-112.

Kerr, W. E.; Carvalho, G. A; Silva, A. C.; Assis, M. G. P. 2001. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. *Parcerias Estratégicas*, 12: 20-41.

Pettis, J. 2011. Retrospective look at factors contributing to colony to losses in the U.S. over the years. Abstracts Book of the 42<sup>nd</sup> International Apicultural Congress of Apimondia. Buenos Aires, Argentina, from 21<sup>st</sup> to 25<sup>th</sup> September. p. 151-153e.

Slaa E.J., Sánchez Chaves L.A., Malagodi-Braga K., Hofstede F.E. 2006. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie* 37: 293-315.

Venturieri, G.C. 2009. The impact of forest exploitation on Amazonian stingless bees (Apidae, Meliponini). *Genet. Mol. Res.* 8(2): 684-689.

Venturieri, G. C.; Raiol, V.F.O.; Pereira, C.A.B. 2003. Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina), entre os agricultores familiares de Bragança-PA. Brasil. *Biota Neotropical*, 3(2): 17-23.

Venturieri, G.C.; Venturieri, G.R.; Pires, N.V.C.R.; Contrera, F.A.L. 2010. Uso de *Melipona* (Apidae, Meliponini) na polinização de solanáceas em casa de vegetação. In: Anais do IX Encontro sobre Abelhas (Ribeirão Preto-SP): 220-224.

# CULTIVARES DE CUBIU (*Solanum sessiliflorum* DUNAL) PARA OLERICULTURA SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA

Danilo Fernandes da SILVA FILHO<sup>1</sup>, Hiroshi NODA<sup>1</sup>,  
Francisco Manoares MACHADO<sup>1</sup>

Palavras chave:

Solanaceae, *Solanum sessiliflorum*,  
Recursos Genéticos, Novo Produto

## INTRODUÇÃO

Há trinta anos, quando iniciaram as pesquisas com ciências agrônômicas, pelo INPA, além das linhas criadas para o melhoramento genético das espécies convencionais (tomate, pimentão, berinjela, alface, pepino entre outras espécies), foram iniciadas pesquisas para o conhecimento das espécies alternativas nativas e/ou introduzidas de outras regiões do Trópico Úmido. Entre as espécies nativas da Amazônia, o cubiu, devido à possibilidade de seu uso de múltiplas formas tais como: alimento, medicamento e cosmético, tem sido objeto de estudo constante ao longo de mais de três décadas.

A partir do ano de 1976, os pesquisadores do NERUA (Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos do Amazonas) iniciaram a coleta de subamostras de cubiu mantida por agricultores familiares da Amazônia em seus sítios, pomares e roças. Nos dois primeiros anos de pesquisa, os resultados preliminares das pesquisas realizadas em Manaus foram publicados em revistas científicas e Pahlen (1977), considerou que o cubiu seria um produto agrí-

<sup>1</sup> Coordenação Sociedade Ambiente e Saúde, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – CSAS/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: danilo@inpa.gov.br.

cola com potencial destacado para a agroindústria moderna e posteriormente, Silva Filho (2009) constatou que o cubiu está sendo cultivado com sucesso por muitos agricultores em várias regiões brasileiras.

Hoje, a coleção de cubiu mantida por pesquisadores do INPA conta com mais de 162 subamostras, que vêm sendo trabalhadas em atividades de pesquisas integradas por especialistas das áreas agrônomicas, tecnologia de alimentos, nutrição humana e saúde de várias instituições de pesquisa e de ensino do Brasil. Esta parceria interinstitucional permitiu a elaboração de trabalhos científicos em nível de iniciação científica, monografias, dissertações de mestrado, tese de doutorado, capítulos de livros e artigos, publicados em revistas nacionais e internacionais. Entre os trabalhos científicos importantes, desenvolvidos na Amazônia brasileira e peruana constam os de Pahlen (1977), Salick (1987), Silva Filho et al. (2005), Andrade et al. (2010), Cáceres et al. (2012). Entretanto, o trabalho mais completo encontrado na literatura internacional é um manual técnico publicado por Silva Filho (1998), que reúne informações sobre o cultivo, melhoramento, industrialização, com ênfase à conservação da espécie.

## ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

*Solanum sessiliflorum* var. *sessiliflorum* provavelmente teve origem via seleção indígena em algum lugar da distribuição de *S. sessiliflorum* var. *georgicum* na Amazônia equatoriana ou colombiana. Schultes (1984) sugeriu que o cubiu é originário da Amazônia Ocidental, onde foi inicialmente cultivado pelos ameríndios pré-colombianos, sugestão também aceita por Whalen et al. (1981). Bruche (Brucher, 1968) sugeriu, mais especificamente, que a origem tenha sido no alto Rio Orinoco (Venezuela e Colômbia) onde Humboldt e Bonpland encontraram a espécie, em uma localidade denominada São Fernando do Atabapo, onde coletaram material botânico e deram-lhe o nome de *Solanum topiro*.

Supõe-se que sua distribuição pré-colombiana estendeu-se ao longo dos Andes desde o Rio Madre de Dios no Sul do Peru, ao médio Rio Orinoco na Venezuela e Colômbia e entrou na planície amazônica ao longo dos rios principais que drenam os Andes. Ainda hoje o cubiu é mais abundante na Amazônia Ocidental, sugerindo que não foi distribuído em toda bacia amazônica na época pré-colombiana (Patiño, 1963). Atualmente, o cubiu é encontrado na Amazônia brasileira, peruana e colombiana, e em todas

as regiões geográficas do Brasil (depois de um trabalho de divulgação feito pelo serviço de extensão do INPA), onde está sendo cultivado e industrializado, principalmente na produção de cápsulas para o controle do diabetes e cosméticos (sabonetes, loções, xampus, entre outros).

### **CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Solanum sessiliflorum* DUNAL**

A espécie *S. sessiliflorum* é uma planta que varia em altura, dependendo do genótipo, entre 0,5 m e 2,0 m. O caule em geral é cilíndrico, e mede entre 2,1-5,9 cm de diâmetro (dependendo muito da condição ambiental onde esta se desenvolve) apresentando pelos simples e estrelados em geral sésseis, com 5-7 pontas (Silva Filho, 2002). Na fase inicial de crescimento a planta descreve forma arqueada ou ereta, ramificando-se facilmente próximo do nível do solo. Estas características são comuns em muitas Solanáceas, especialmente em espécies do gênero *Solanum* (Whalen et al., 1981).

As lâminas das folhas variam de 45-58 cm de comprimento na maturidade. São largamente ovais, repandas, de base truncada, frequentemente assimétricas com 5-7 nervuras laterais, proeminentes nas duas faces (com espinhos na var. *georgicum*), espiraladas, em fascículos de três nós, longo-pecioladas; pecíolos com 14-15 cm de comprimento; margens lobado-denteadas, os dentes são largos, deltoides; serícea, com pubescência de pelos simples, e estrelados com um ponto central de onde divergem as ramificações ou raios; os raios laterais têm 5-7 mm de comprimento; nervuras densamente cobertas de pelos estrelados, os raios laterais bem desenvolvidos partindo de um ponto central; superfície abaxial densamente cinéreo-pubescente, pelos estrelados, curto-pedicelados; pecíolos relativamente curtos, 1/10 a 1/4 do comprimento da lâmina, estrelado-pubescentes (Silva Filho, 2002).

Para Whalen et al. (1981), as folhas das espécies da Seção *Lasiocarpa*, estão entre as maiores encontradas no gênero *Solanum*, com lâminas que podem ultrapassar 0,50 m de comprimento.

As inflorescências são cimas axilares, ou pseudo-axilares, curtas, 3-10 mm de comprimento, com 6-16 flores, as mais inferiores, 2-5 flores perfeitas, estrelado pubescentes; pedicelos 2-7 mm de comprimento; cálice verde, largamente campanulado, 2-3,5 mm de comprimento, 5-8 mm de largura, externamente estrelado-pubescente; lobos do cálice ovais a largamente ovais, agudos no ápice, 8-14 mm de comprimento todos com nervu-

ra proeminente; corola branca ou esverdeada, estrelado-rotácea, 1,8-2,8 cm de diâmetro, dividida quase até a base em lacínias em geral de dois tipos: ovais ou ovado-lanceoladas, com o ápice em forma de capuz, externamente estrelado-pubescentes, internamente glabras; lacínias de vários tipos, anteras lanceoladas a linear-lanceoladas, ligeiramente coniventes, 6,5-9,5 mm de comprimento, frequentemente, fracamente curvadas no ápice; o par superior de anteras frequentemente maior do que as três anteras mais inferiores; estilete glabro, 8-11 mm de comprimento nas flores perfeitas, mais reduzidos ou atrofiados nas flores estaminadas (Silva Filho, 2002). Este mecanismo é conhecido como enantiostilia ou enantiomorfia, que de acordo com Weberling (1989) facilita a polinização cruzada.

Os frutos das subamostras de cubiu que fazem parte da coleção do INPA apresentam nove diferentes fenótipos, classificadas como baga ou solanídio; infrutescência com 1-8 frutos globosos, ovoides, piriformes ou cilíndricos, quando jovens, densamente estrelado-pubescentes (os pelos decíduos deixam as bagas perfeitamente glabras ainda na pré-maturação); pelos 0,4-1 (2) mm de comprimento, curto-pedicelados com 15-50 raios laterais de 0,1-0,8 (1,5) mm de comprimento; vermelho-alaranjados, vermelhos ou amarelos, quando maduros (Silva Filho, 2009).

São observadas numerosas sementes por fruto (1000 sementes pesam 1 g), lenticulares, amarelas, largamente ovais, discoides a reniformes, 3,2-4,0 mm de comprimento, testa lisa e endosperma duro; margens espessadas; embrião curvo, cilíndrico. Germinação fanerocotiledonar, cotilédones ovoides, inteiros, penínervos, longo-peciolados. Eófilos alternos, sem estípulas (Silva Filho, 2009).

## POPULAÇÕES E RAÇAS DE CUBIU

O INPA mantém uma coleção de cubiu bem representativa da Amazônia brasileira nas últimas três décadas. Este material genético é mantido *ex-situ* na Estação Experimental de Hortaliças e em câmara de sementes, renovada periodicamente para manter a qualidade das sementes.

A coleção é usada principalmente em programas de melhoramento genético e de sistemas de cultivos, e para determinar a possibilidade da existência de variedades tradicionais (landraces) de cubiu, como existem em outras fruteiras. Clement (1989) sugeriu que existe pelo menos uma raça de cubiu na região do Alto Solimões, e a incluiu como evidência para apoiar a existência de um centro de diversidade de cultivos amazônicos naquela região.

Uma raça primitiva é um conjunto de indivíduos que compartilham de um conjunto gênico comum e que foram submetidos a pressões seletivas semelhantes, praticadas por grupos humanos (étnicos) na mesma região geográfica relativamente restrita. Como corolário deste conceito, uma etnovariabilidade é um conjunto de genes/genótipos mantidos por um grupo étnico (Silva Filho, 2002).

## ASPECTOS ECOLÓGICOS QUE SE RELACIONAM AO CUTIVO DO CUBIU

O clima da Amazônia ocidental é classificado como “A” (clima tropical chuvoso) no esquema de Köppen, o qual abrange os tipos “Am” e “Af”. O tipo “Am” (chuvas do tipo monção) apresenta estação seca de pequena duração, geralmente sem influência significativa no comportamento da vegetação e ocorre no sudoeste da Amazônia. O tipo climático “Af” (constantemente úmido) apresenta um mínimo de variação anual, tanto em temperatura quanto a chuva, e mantém-se sempre num nível elevado, ocorrendo no noroeste da Amazônia (RADAMBRASIL, 1977).

Na zona climática “Am”, a pluviosidade varia entre 2000 e 2750 mm, com uma estiagem variando de 1 a 3 meses, geralmente, no período de julho a outubro. A temperatura média anual apresenta-se entre 27 e 32°C. Em Iquitos, Peru, por exemplo, a pluviosidade média anual é 2400 mm e a temperatura média de 31°C (Salati, 1985).

Na zona climática “Af”, a pluviosidade varia entre 2750 e 3500 mm, sem uma estiagem regular, embora existam períodos curtos (menores que um mês) de estiagem isolada. Por ser mais chuvosa, a temperatura média anual é um pouco menor, entre 26 e 30°C. Em Letícia, Amazônia colombiana, por exemplo, a pluviosidade média anual é de 3000 mm e a temperatura média é 27°C (Salati, 1985).

Na Amazônia brasileira, o cubiu também pode ser cultivado em zonas climática “Aw” da Amazônia oriental, onde a pluviosidade média anual pode atingir apenas 1200 mm e a temperatura média anual varia entre 28 e 32°C. Nesta zona, o cubiu não cresce na terra firme em plantio aberto sem irrigação, pois a estiagem anual pode chegar a seis meses de duração. Logicamente, na várzea, não existem estas limitações (Silva Filho, 1998).

O cubiu cresce na maioria dos solos da Amazônia, desde os Latossolos e Argissolos ácidos e de baixa fertilidade da terra firme, com texturas desde arenosa a argilosa, até os gleis húmicos neutros e de alta fertilidade da várzea, com texturas desde limo-arenosa a limo-argilosa, variando desde o

nível até 1.500 m acima do nível do mar. No entanto, acima de 1000 m sua produção é reduzida (Villachica, 1996).

## USOS DO CUBIU

### 1 – Como alimento

O cubiu tem um sabor característico que não se pode comparar com o sabor de outras frutas. No entanto, lembra o sabor de tomate e limão juntos, o que faz sentido já que o cubiu perdeu sua importância, em décadas atrás, quando foram introduzidas as duas espécies na Amazônia.

A polpa da placenta (tecido que forma a cavidade locular dos frutos onde se concentram as sementes) é ligeiramente mais ácida e bem mais saborosa do que a polpa aderida à casca. Em algumas etnovariedades, a polpa pode apresentar um sabor levemente amargo, que pode ser em função do solo ou da água com qual é irrigado. Devido à baixa relação brix/acidez 3,5 a 6,0, o cubiu apresenta baixo grau de doçura. Por isso, o fruto é mais consumido *in natura*, como tira gosto de bebidas alcoólicas (Silva Filho, 1998).

A utilização principal dos frutos é no preparo de sucos, doces, geleias e compotas. Também podem ser consumidos na forma de molho (picante ou não) para acompanhar os churrascos de todos os tipos de carnes. Na Amazônia brasileira, os frutos fazem parte das sopas de peixe popularmente conhecidas como “caldeirada” ou “peixada”. Na Amazônia peruana, um molho picante elaborado a partir dos frutos de cubiu, acompanha um churrasco feito com o coração bovino, conhecido por “antecuche”. Este prato é muito apreciado pela população local e pelos inúmeros turistas que visitam as regiões que fazem fronteira com o território peruano.

Algumas receitas caseiras ou industriais usando o cubiu como matéria prima, estão descritas em Silva Filho (1998). Recentemente o doce do cubiu tem sido usado como recheio de bombons de chocolate na indústria caseira de Manaus.

### 2 – Como medicamento

Da parte vegetativa da planta, a folha tem grande utilidade. As folhas maceradas produzem um suco de cor verde que curam com muita eficiência lesões provocadas por queimaduras causadas pelo fogo, água fervente e produtos químicos. A aplicação imediata das folhas maceradas

sobre a parte da pele queimada logo após o acidente, evita a formação de bolhas. Em um estágio mais avançado da queimadura, o suco da folha permite a cicatrização dos ferimentos em curto prazo de tratamento (Salick, 1987). Em São Carlos, município do estado de São Paulo, um laboratório está fabricando e testando experimentalmente, em humanos, um creme cicatrizante que tem demonstrado resultados animadores (Silva Filho, 2005).

O suco da cavidade locular dos frutos é utilizado no controle de coceiras da pele causado por microrganismos que encontram-se disseminados nos vários ambientes frequentados pelo homem. A polpa do cubiu em forma de suco ou liofilizada e encapsulada está sendo utilizada para controlar colesterol, diabetes, excesso de ácido úrico e outras doenças causadas pelo mau funcionamento dos rins e do fígado, na Amazônia peruana (Salick, 1987).

### **3 – Como cosmético**

Os índios e caboclos peruanos utilizam o suco puro do cubiu para dar brilho aos cabelos. Acreditando nas propriedades do cubiu e levando em consideração que o mercado para produtos cosméticos em qualquer parte do mundo é grande e crescente, estão sendo lançados, experimentalmente, na região sudeste do Brasil, alguns produtos tais como: sabonetes, cremes faciais, xampus e colônias (Silva Filho, 2002).

## **PROCEDIMENTOS AGRONÔMICOS PARA A SELEÇÃO DAS CULTIVARES**

Na fase inicial, de um total de 20 acessos Pahlen (1977) verificou que entre as populações testadas muitas eram susceptíveis ao ataque de pragas (insetos e nematoides) e doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, mas havia variabilidade genética ampla para forma, número, tamanho, peso dos frutos, resistência ou tolerância às pragas e doenças detectadas.

Depois de dez anos de pesquisas, no final da década de 70, os pesquisadores do INPA reuniam 162 subamostras de cubiu, procedentes de diferentes regiões da Amazônia brasileira, peruana e colombiana. Ao longo do tempo estes materiais genéticos foram caracterizados, avaliados e sofreram seleções entre e dentro das populações. As 28 populações mais avançadas no processo de seleção e que formaram a base para a seleção dos nove biótipos considerados como cultivares e que estão sendo apresentados, constam na Figura 1.



**Figura 1.** Origem e localização geográfica de 28 etnovariiedades de cubiu que serviram de base para a seleção de 9 cultivares da espécie: Brasil: 1. Benjamin Constant/AM; 2. São Paulo de Olivença/AM; 3. Barcelos/AM; 4. São Gabriel da Cachoeira/AM; 5. São Sebastião do Uatumã/AM; 6. Apuí/AM; 7. Humaitá/AM; 9. Lábrea/AM; 12. Boca do Acre/AM; 13. Santo Antônio do Içá/AM; 14. Coari/AM; 15. Barreirinha/AM; 16. Eirunepé/AM; 17. Manicoré/AM; 18. Carauari/AM; 19. Tefé/AM; 20. Borba/AM; 21. Novo Airão/AM; 22. Canutama/AM; 23. Autazes/AM; 24. Jutai/AM; 25. Atalaia do Norte/AM e 28. Codajás/AM. Colômbia: 8. Putumayo e 26. Letícia; Peru: 10. Iquitos; 11. Tarapoto e 27. Yurimagua.

## PROPAGAÇÃO DO CUBIU

O cubiu é essencialmente propagado por sementes. Quanto mais novas forem as sementes, melhor será o seu poder de germinação. As mudas podem ser preparadas em recipientes, como na produção de mudas de tomate, pimentão e outras Solanáceas. Com 30 gramas de sementes viáveis é possível produzir 10.000 mudas. O substrato recomendado para encher os recipientes para semeadura (copos plásticos, sacos de papel ou polietileno, bandejas de isopor, etc.) deve conter partes iguais de solo arenoso, argiloso e qualquer tipo de matéria orgânica (1:1:1 v:v:v). Para evitar doenças que normalmente ocorrem quando se faz semeadura em solos contaminados por microrganismos fitopatogênicos na fase inicial, recomenda-se irrigar o substrato com uma solução de água sanitária na proporção de 1 litro desse produto em 10 litros d'água e aguardar 48 horas para efetuar a semeadura,

colocando-se três sementes por recipiente e à medida que as plantas vão crescendo procede-se o desbaste, retirando as mais fracas, deixando uma planta vigorosa para o plantio definitivo (Silva Filho, 1989).

### **PREPARO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

O preparo do solo pode ser manual ou mecanizado. Em solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo (Utiolos), pode ser preparado manualmente, pois a textura facilita o manejo e deixa o solo bem solto. A mecanização é mais recomendada para solos argilosos como a classe dos Latossolos Amarelos (Oxisolos) e de várzea (Gleis), porque o seu manejo manual é mais difícil. Portanto, a mecanização do solo é recomendada para torná-lo solto e favorecer o melhor desenvolvimento radicular inicial das plantas, bem como o estabelecimento e sobrevivência após o plantio.

### **ESPAÇAMENTO**

O espaçamento entre as plantas pode variar de acordo com a intensidade do cultivo, da cultivar e do tipo do solo. Geralmente há cultivares que crescem pouco e elas podem ser plantadas em qualquer tipo de solo em um espaçamento de 1,0 x 1,0 m. As cultivares que crescem mais de 1,50 m de altura, em solos com baixa fertilidade natural exige um espaçamento mínimo de 1,00 x 1,50 m e para os solos de várzea espaçamentos de 1,50 x 2,00 m ou 2,00 x 2,00 m. Este critério deve ser acatado porque um plantio muito denso torna a colheita dos frutos muito incômoda às pessoas que executam esta tarefa (Silva Filho, 1998).

### **FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL**

O cubiu pode crescer sem receber nenhum tipo de adubo. Neste caso, a produção é muito baixa, não atingindo 20 toneladas de frutos por hectare. Geralmente em solos Latossolo e Argissolo, as plantas crescem e têm produção menor sem adubo. Em um cultivo situado em uma área de floresta virgem, uma planta de uma cultivar que produz frutos pequenos pode produzir mais de 80 frutos, pesando 4 kg no total. Se uma planta com essa característica fosse cultivada em um espaçamento de 1,0 x 1,0 m, o rendimento por hectare seria de 40 toneladas (Silva Filho, 1998).

A planta responde muito bem a adubação orgânica. O esterco de boi e especialmente de galinhas poedeiras, quando curtidos corretamente, pode substituir a adubação mineral. Em Manaus, o esterco de animais é um pro-

duto escasso para os agricultores locais, mas geralmente os criadores de animais utilizam este subproduto em suas pastagens, hortas e pomares.

O adubo orgânico utilizado experimentalmente no INPA é proveniente de um sistema de compostagem desenvolvido por meio de acumulação de partes de materiais vegetais e esterco bovino (como inoculante). Semanalmente as camadas são reviradas e umedecidas, sem excesso de água. Normalmente, o processo de fermentação e cura do composto demora entre 80 e 90 dias. Geralmente se utiliza de um a dois quilos de composto orgânico por cova.

Em qualquer atividade agrícola em solos do Amazonas é muito difícil obter uma produção satisfatória na ausência de esterco animal, ou de adubos minerais. Quando praticada a adubação mineral deve ser associada a materiais orgânicos, do contrário a resposta das plantas é insignificante. Os melhores rendimentos, do ponto de vista econômico, têm sido obtidos com a aplicação de 80 g de superfosfato triplo, 60 g de cloreto de potássio e 10 g de uréia por cova e aplicação parcelada desse último, de quinze em quinze dias, até o início da colheita dos frutos.

## **TRANSPLANTE**

O plantio definitivo pode ser feito a partir dos 60 dias após a sementeira, estágio em que as plantas apresentam quatro ou mais folhas definitivas e 15 cm de altura. O transplante deve ser feito no início da época chuvosa, em dia nublado, quando não se pratica a irrigação. Com irrigação é possível fazer o transplante em qualquer época, desde que as plantas estejam devidamente aclimatadas.

A produção de frutos do cubiu inicia a partir do sexto mês após a sementeira e a partir daí a produção econômica é considerada nos três primeiros meses, podendo se estender por cinco meses, no máximo, dependendo do manejo e da fertilidade do solo. O rendimento por hectare depende do material genético cultivado, da fertilidade do solo, do fornecimento de água, da densidade de plantas e do tipo de manejo adotado.

## **PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS**

Adotou-se nos diferentes ambientes (de várzea ou terra firme) onde foram pesquisadas as populações, o delineamento experimental em blocos casualizados, com 20 a 30 tratamentos (as populações) e três a quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas por uma área de 7,5 m<sup>2</sup>, contendo cinco plantas úteis.

As análises de variância das variáveis estudadas foram efetuadas por um critério de grupamento de médias, para avaliar as diferenças existentes entre os tratamentos, adotando o modelo matemático preconizado por Steel & Torrie (1960).

## **MÉTODOS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS**

Procedeu-se as estimativas dos parâmetros genéticos, coeficientes de variação genética, fenotípica e ambiental e de herdabilidade no sentido amplo usando as características da planta, dos frutos e dos componentes de produtividade das populações avaliadas. Por meio das estimativas das magnitudes das variâncias entre plantas dentro das populações conseguiu-se identificar que o hábito reprodutivo do cubiu é autogâmico.

As estimativas de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais foram estimadas de acordo com a metodologia adotada por Falconer (1981). Essas correlações foram calculadas a partir das estimativas das covariâncias.

Na análise de grupamento utilizou-se a técnica baseada na Distância Generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) proposta por Tocher (Mahalanobis, 1936). O método de otimização de Tocher demonstra que a média dos valores das distâncias intragrupos deve ser menor que as distâncias intergrupos. Para a formação do primeiro grupo, identificou-se o par de genótipos que representa o menor valor da distância ( $D^2$ ) na matriz de dissimilaridade entre genótipos.

Por meio da análise de trilha, utilizando-se as correlações genéticas entre os caracteres avaliados, efetuou-se a análise do coeficiente de caminharmento para demonstrar o significado dessa técnica em relação à associação genética entre os caracteres e a produção total de frutos de cubiu.

Empregou-se a técnica de avaliação da variabilidade genética das populações de cubiu, por meio de marcadores moleculares, para detectar entre o material básico estudado, as nove populações com distâncias genéticas mais marcantes e que poderiam ser selecionadas e aproveitadas como progenitores em programa de melhoramento genético do cubiu.

## **CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, DIMENSIONAIS E PRODUTIVAS DA CULTIVARES DE CUBIU**

Os frutos das diferentes cultivares desenvolvidas pelo grupo de melhoristas genéticos do INPA constam da Figura 2. Nela observa-se o quanto

é ampla a variabilidade fenotípica dos frutos e que poderão ser utilizados tanto pelas donas de casa (indústria caseira) como pela agroindústria (indústria tecnológica). As cultivares identificadas na figura com os números 9, 23 e 24 apresentam características apropriadas para o uso em molhos, sucos e geleias. Os frutos maiores, com peso superior a 100 g, e espessura da polpa entre 7 mm e 12 mm (números 8, 12, 13, 19 e 20) podem ser utilizados nas formas de doces, compotas, liofilizados para uso em cápsulas e fabricação de cosméticos.



Figura 2. Variação fenotípica em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) de nove cultivares criadas para o cultivo na Amazônia.

Na Tabela 1, as cultivares de cubiu estão identificadas com o nome de batismo, homenageando as pessoas que acreditaram na importância do cubiu como alternativa para agricultura sustentável da Amazônia e valorizaram a ideia da pesquisa, divulgando a existência de uma espécie nativa com potencial de criar oportunidades de geração de emprego e renda para os agricultores familiares da região. Entretanto, o cubiu avançou as fronteiras da região Norte e está sendo cultivado em todas as regiões brasileiras. Diante disso é possível acreditar que a preservação da espécie estará assegurada: porque quanto mais se cultiva uma planta, ela jamais desaparecerá da Terra.

**Tabela 1.** Nomes de batismo e características das cultivares de cubiu desenvolvidas para o cultivo na Amazônia. Manaus, INPA, 2003.

Cultivar	Forma do Fruto	Largura do Fruto (cm)	Comprimento do Fruto (cm)	Espessura da Polpa (mm)	Peso do Fruto (g)	Rendimento (t ha <sup>-1</sup> )
Warker	Cilíndrico angular	5,4	8,1	3,7	149,0	60,00
Hironoda	Achatado irregular	6,3	5,8	7,1	150,0	55,00
Manuca	Redondo pequeno	5,0	5,2	5,7	55,0	105,00
Marlene	Cordiforme	8,7	8,4	14,1	300,0	70,00
Apahlen	Cordiforme angular	5,5	8,2	11,7	150,0	80,00
Moacir	Ovalado	7,7	9,2	1,5	251,7	75,00
Cbueno	Cilíndrico	3,4	3,1	1,8	18,5	90,00
Luyama	Redondo angular	7,7	6,7	16,5	94,5	80,00
Fátima	Redondo médio	5,7	5,9	5,8	97,7	70,00

## POTENCIAL ECONÔMICO DAS CULTIVARES DE CUBIU

Conforme estudo técnico, a implantação e generalização do cultivo e uso do cubiu na região amazônica tem importância pelo seu uso econômico. É possível que o pequeno produtor plante o cubiu em áreas, que sejam capazes de ter um retorno econômico adequado e, ainda, constituam um componente importante no sistema de cultivo consorciado, visando à preservação ambiental e ao desenvolvimento sustentável.

Para fins de orientação dos agricultores que se interessem por um investimento no cultivo da espécie a partir de um hectare, podem ser estimados os custos totais e os diversos custos variáveis, fixos e de capital por um valor de R\$ 12.300,00.

A produtividade global no fim de 30 meses poderia ser de 142%. Deve-se considerar que as estimativas dos custos e lucros se baseiam na produtividade de uma cultivar estimada no mínimo 50 toneladas por hectare, e que o quilo do fruto seja vendido por R\$ 3,00 (três reais). O lucro operacional no final deste período seria de R\$ 80.838,90. No entanto, o tamanho do mercado precisa sempre ser avaliado antes de se iniciar, pois o preço de R\$ 3,00 é baseado em um valor abaixo do que atualmente está sendo vendido em feiras e mercados de Manaus.

Para o cubiu tornar-se uma cultura valiosa, será preciso que a sua potencialidade seja reconhecida pela agroindústria. Antes que isso aconteça, o seu uso em pequena escala na indústria caseira de bombons, doces e

licores já pode vislumbrar uma possibilidade concreta para os pequenos agricultores que vivem na fronteira do Brasil com o Peru e a Colômbia. Existe um mercado local para exportação de sucos e néctares, que não é satisfeito devido a falta de matéria-prima.

A comercialização do cubiu é feita em pequena escala, por agricultores familiares, nas feiras, mercados e nas suas próprias casas, bem como na base de troca com vizinhos. Nas maiores cidades da Amazônia Ocidental (Iquitos e Pucallpa, Peru; Letícia, Colômbia) existem pequenas cadeias de comercialização, com os produtores vendendo frutos para intermediários (geralmente no porto da cidade), que os comercializam nas feiras e mercados (Silva Filho, 1998).

Geralmente, os frutos são vendidos em sacolas (30 a 40 frutos pequenos), ou peso (quilograma) sendo o último caso o mais comum. O preço varia de local para local. Mas nunca uma sacola ou quilo, são comercializados por menos de R\$ 3,00. Em Manaus, os frutos são encontrados em maior escala nas feiras. Em forma de polpa congelada, já existem pequenas indústrias que vendem o cubiu por R\$ 7,00 o quilo, preço semelhante ao cobrado pelas polpas de maracujá e cupuaçu.

Nas lanchonetes, restaurantes e hotéis de muitas cidades da Amazônia brasileira, peruana e colombiana, especialmente em Iquitos (Peru), Letícia (Colômbia) e Tabatinga, sucos e sorvetes são as principais formas de comercialização. O valor destes produtos é sempre compatível com a categoria e localização do estabelecimento que os oferecem.

Em Manaus já existe uma pequena produção de doces, geleias, compotas, licores e bombons. Assim como acontece no Peru, onde uma pequena produção de sucos e néctares industrializados e comercializados em outras partes do país, especialmente em Lima (Peru). Este mercado parece ser limitado pela falta de marketing, mas com amplas possibilidades de ser expandido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, J. S; Coelho, E. G.; Silva Filho, D. F. 2010. Postharvest conservation of cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) fruits in response to passive modified atmosphere associated with refrigeration. *Acta Horticulturae*, v. 864, p. 439-444, 2010.

Brücher, H. 1968. Plant genetics and development in tropical zones. *Applied Sciences and Development*, 2: 85-95.

Caceres, L.G.; Andrade, J. S.; Silva Filho, D.F. 2012. Effects of peeling methods on the quality of cubiu fruits. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 32(2): 255-260.

Clement, C.R. 1989. A center of crop genetic diversity in Western Amazonia. *Bioscience*, 39: 624-631.

Falconer, D.S. 1981. *Introduction to quantitative genetics*. 2<sup>a</sup> ed. London: Longman, 340p.

Mhalanobis, P.C. 1936. On the generalized distance in statistic. *Procedure National Science*, 2:49-55.

Pahlen, A.V.D. 1977. Cubiu (*Solanum tojiro* Humbl. & Bonpl.), uma fruteira da Amazônia. *Acta Amazonica*, 7: 301-107.

Patiño, V.M. 1963. Plantas cultivadas y animales domesticos en America Equinoccial. 1 ed. Imprenta Departamental: Cali, Colombia. p. 408-411.

RADAMBRASIL. 1977. *Levantamento dos recursos naturais*. Rio de Janeiro: Graphos Industrial Gráfica Lada, v. 15, 431p.

Salati, E. 1985. *The climatology and hidrology of Amazonia*. In: Prance, G.T.; Lovejoy, C.T. ed. Amazonia. Oxford – New York – Toronto – Sydney – Frankfurt: Pergamon Press, p. 18-48.

Salick, J. 1987. Cocona (*Solanum sessiliflorum*) production and breeding potentials of the peach-tomato. In: Wickens, N.H; Day, P. New crops for food and industry. Ed. Chapman and Hall. p. 258-264.

Schultes, R.E. 1984. Amazonian cultigens and their northward migrations in pre-Colombian times. In: *Pre-historic plant migration*. Cambridge: Harvard University Press. p. 19-38.

Silva Filho, D.F. 1998. *Cocona (Solanum sessiliflorum Dunal): cultivo e utilizacion*. Caracas, Venezuela: Secretaria Pro-Tempore. Tratado de Cooperacion Amazonica. 114p.

Silva Filho, D.F. 2002. *Discriminação de etnovariedades de cubiu (Solanum sessiliflorum Dunal, Solanaceae) da Amazônia, com base em suas características morfológicas e químicas*. INPA/UFAM, AM. Tese de Doutorado. 116p.

Silva Filho, D.F.; Yuyama, L.O.K.; Aguiar, J.P.L.; Oliveira, M.C.; Martins, L.H.P. 2005. Caracterização e avaliação do potencial agrônômico e nutri-

cional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. *Acta Amazonica*, 35:399-406.

Silva Filho, D.F. 2009. Domesticação e melhoramento de hortaliças amazônicas. In: Domesticação e melhoramento de espécies amazônicas. (Ed.) Borém, A.; Gomes Lopes, M.T. e Clement, C.R. Viçosa, MG. p. 460-486.

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1960. *Principles and procedures of statistics*, New York: Mc-Graw-Hill. 481p.

Villachica, H. 1996. Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). In: Frutales y hortalizas promissorios del Amazonas. Por Hugo Villachica. Lima, Peru: Secretaria Pro-Tempore. p. 98-102.

Wahlen, M.D.; Costich, D.E.; Heiser, C.B. 1981. *Taxonomy of section Lasio-carpa*. *Gentes Herbarum*, 12(2):41-129.

Weberling, F.; Schwates, H.O. 1989. *Taxonomia vegetal*. Tradução da 4ª ed. Alemã Pflanzensystematik por Werner S. Rothschild, revisão e notas de Antônio Lamberti. Editora Pedagógica e Universitária. 314p.

# ESTABILIDADE DA RESISTÊNCIA GENÉTICA DA CULTIVAR YOSHIMATSU AO AGENTE PATOGÊNICO DA “MURCHA BACTERIANA” DO TOMATEIRO

Hiroshi NODA<sup>1</sup>, Francisco Manoares MACHADO<sup>1</sup>,  
Rosalee Albuquerque COELHO NETTO<sup>1</sup>, Danilo Fernandes da SILVA FILHO<sup>1</sup>

## Palavras chave:

Melhoramento Genético, Tomateiro, *Solanum lycopersicon*, *Ralstonia solanacearum*, Murcha Bacteriana

## INTRODUÇÃO

As solos dos ecossistemas de terra firme da região amazônica apresentam, predominantemente, baixa capacidade de troca catiônica e o manejo inadequado desse recurso natural pode comprometer a sustentabilidade da atividade agrícola, principalmente em se tratando de cultivo de espécies de ciclo anual. Os solos do ecossistema de várzea dos rios de água branca apresentam alta fertilidade natural, mas constituem uma pequena porção do território amazônico e são possíveis de serem utilizados apenas durante o curto período das vazantes. Assim, uma produção sustentável de hortaliças na Amazônia depende da adoção de estratégias e tecnologias que, além de possibilitar a superação das referidas limitações sejam capazes de adequar geneticamente as espécies aos estresses ambientais prevalentes nos trópicos úmidos.

O Programa de Melhoramento Genético de Hortaliças do INPA tem como objetivo gerar conhecimentos e produtos destinados aos agricultores da região do trópico úmido e, com isso, contribuir para uma produção diversificada de alimentos, de alto valor nutritivo e de fácil acesso a toda

1 Coordenação Sociedade Ambiente e Saúde, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – CSAS/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: hnoda@inpa.gov.br.

população da Amazônia. A estratégia escolhida para alcançar o objetivo foi trabalhar em duas vertentes, levando-se em conta os níveis de adaptabilidade genética das espécies olerícolas aos ambientes quentes e úmidos: Espécies Convencionais – aquelas mais conhecidas e consumidas, mas com baixos rendimentos quando cultivadas em ambientes tropicais úmidos e; Espécies Não Convencionais – apresentam elevados valores nutricionais, são adaptadas geneticamente para o cultivo no ambiente amazônico, mas são pouco conhecidas e consumidas pelas populações urbanas.

As espécies convencionais mais conhecidas e consumidas na região amazônica são as mesmas de outras regiões brasileiras. Por exemplo, o consumo de tomate, *per capita*, na Região Norte é de 3,30 kg, ou seja, 64% da média brasileira ou, ainda, 68% da média da Região Sul (IBGE, 2004). O tomate é a mais importante hortaliça convencional que vem sendo estudada pelo INPA e o foco principal das pesquisas foi direcionado na incorporação da resistência genética ao patógeno *Ralstonia solanacearum*, causador da doença “murcha bacteriana” um fator limitante ao cultivo nos trópicos úmidos.

#### **MURCHA BACTERIANA DO TOMATEIRO: INTERAÇÃO ENTRE HOSPEDEIRO X PATÓGENO X AMBIENTE**

Na região tropical de baixa altitude, o patógeno *R. solanacearum* é encontrado mesmo em solos ainda não cultivados e a gama de hospedeiros abrange mais de 200 espécies de plantas distribuídas em mais de 33 famílias. Sua variabilidade genética é extremamente elevada, como foi demonstrado pelos levantamentos efetuados na Amazônia (Coelho Netto et al., 2003).

Até o final da década de oitenta, do século passado, havia duas tendências distintas no que tange à interpretação dos mecanismos controladores da resistência genética do tomateiro em relação ao patógeno *Ralstonia solanacearum*. Alguns autores encontraram evidências de controle oligogênico na reação de resistência (Acosta et al., 1964; Digat & Derieux, 1968). Entretanto, as cultivares americanas *Saturn* e *Venus*, consideradas resistentes segundo esta interpretação, apresentaram reação de susceptibilidade à *R. solanacearum* quando avaliadas, no Brasil, em casas de vegetação, com temperaturas máximas (acima de 30°C), consideradas elevadas para o tomateiro (Couto et al., 1979 e Martins et al., 1988). Por outro lado, Russel (1978) e Villareal, (1980), afirmam, respectivamente, que a herança é complexa e o controle da expressão de resistência está fortemente correlacionado com as condições ambientais.

Noda et al. (1986), avaliando genótipos de tomateiro em experimento de campo, em solos naturalmente infestados por *R. solanacearum*, verificaram que a evolução do processo da doença “murcha bacteriana” apresentava características epidemiológicas bem definidas, onde níveis elevados de resistência, conferida por um genótipo, foram devidos aos baixos níveis de velocidade do progresso da doença na população hospedeira.

## PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO TOMATEIRO DO INPA

No final da década de setenta e início de oitenta do século passado, algumas técnicas como, por exemplo, o tratamento do solo para eliminação do patógeno ou enxertia de tomateiros susceptíveis em porta enxertos resistentes foi utilizado por olericultores, das áreas de produção próximas de Manaus, para o controle da murcha bacteriana. Entretanto, em função da pouca efetividade essas técnicas acabaram por serem abandonadas. Segundo Hayward (1991), o desenvolvimento de cultivares de tomateiro com resistência à murcha bacteriana é, provavelmente, o componente mais importante das estratégias de controle, sendo o mais conveniente e o menos dispendioso, especialmente em países com agricultura subdesenvolvida ou em desenvolvimento.

Em 1976, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia iniciou a implementação de um programa de melhoramento genético do tomateiro, cuja abordagem considera a presença do patógeno *R. solanacearum* como um elemento da biodiversidade dos solos agrícolas. Nessa contingência, a resistência genética do hospedeiro ao patógeno deve permanecer estável seja em relação ao tempo, aos diferentes espaços de cultivo frente à extrema variabilidade genética do patógeno e aos estresses ambientais que podem interferir negativamente na expressão do caráter. Dessa forma, foram adotados métodos que, levando em conta todos os fatores intervenientes na complexa interação hospedeiros x patógeno x ambiente, permitissem avaliações confiáveis dos níveis de resistência das progênies selecionadas. Uma vez que, nas condições de cultivo, a expressão da resistência genética do tomateiro é resultante da sua interação com populações de *R. solanacearum*, presume-se que sua estabilidade, no tempo e espaço, possa ser estimada a partir de estudos que considerem os níveis de variabilidade genética do patógeno e a capacidade do hospedeiro em completar um ciclo reprodutivo quando cultivado em ambientes desfavoráveis e heterogêneos (temperatura e umidades elevadas) e na presença de solos naturalmente infestados pelo patógeno.

## MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO

O método de avaliação de genótipos resistentes adotado é ensaios de campo em áreas infestadas por *R. Solanacearum*, usando-se dois padrões constantes de referência (testemunhas) de reação do hospedeiro ao patógeno: as cultivares de tomate Santa Cruz Kada, com reação de susceptibilidade e Caraíba, com reação de resistência (Noda et al., 1986; Noda & Machado, 1993; Noda, 1997 e Noda et al., 1997).

Nas avaliações de resistência ao patógeno é utilizada uma variação do método descrito por Kuriyama (1975), no qual as plantas com ausência ou pouco sintomas da doença no final do ciclo são consideradas resistentes. A presença da bactéria nos feixes vasculares é constatada, segundo método descrito por Király et al., (1970) e consiste na exsudação de células bacterianas na forma de um líquido de coloração leitosa quando pequenos pedaços de tecido afetado pelo patógeno são colocados sobre uma placa de vidro com água. Os experimentos são realizados em áreas com solos naturalmente infestados por *R. solanacearum* nos ecossistemas de terra firme, na Estação Experimental de Hortaliças “Dr. Alejo von der Pahlen” do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, no município de Manaus e de várzea (áreas inundáveis), na Estação Experimental de Ariaú, à margem do Rio Solimões, no município de Iranduba. As leituras de ocorrência de murcha bacteriana são iniciadas após o transplante das mudas no campo e, em intervalos semanais, faz-se o registro das plantas afetadas pela doença, anotando-se, também, a posição das plantas nas parcelas.

A resistência ao patógeno é avaliada através da estimativa do parâmetro epidemiológico Taxa de Infecção (QR), proposta por Plank (1963), para doenças sem multiplicação, calculada pela fórmula:

$$QR = \frac{1}{t_2 - t_1} \left( \log_e \frac{1}{1 - ID_2} - \log_e \frac{1}{1 - ID_1} \right)$$

onde:

$t_1$ : número de dias entre a data do transplante e a data da 1ª avaliação.

$t_2$ : número de dias entre a data do transplante e a data da última avaliação.

ID<sub>1</sub>: Índice de Doença na 1ª avaliação.

ID<sub>2</sub>: Índice de Doença na última avaliação.

Os valores do Índice de Doença (ID) são estimados através da fórmula:

$$ID = \frac{PD}{PT} \text{ onde,}$$

PD: Número de plantas na parcela com sintoma de murcha bacteriana.

PT: Número total de plantas na parcela.

A capacidade produtiva do tomateiro cultivado em solos infestados pelo patógeno é estimada através do parâmetro Produção Total de Frutos (P), expresso em gramas/cova, correspondendo ao peso total de frutos coletados em todas as etapas de colheita.

No período de 1976 a 1983 foram realizadas, entre germoplasma nacionais, dos Estados Unidos, França, Formosa, Peru, Colômbia, Holanda e Japão, triagens de genótipos resistentes e detecção de progenitores potenciais para a obtenção de híbridos  $F_1$ . Em 1983 realizou-se a avaliação de progênies  $F_4$  e  $F_5$  de dez cruzamentos promissores, selecionados sob condição de cultivo em solo naturalmente infestado por *R. solanacearum* e conduzidas pelo método genealógico. Os resultados obtidos naquele ensaio permitiram a escolha do cruzamento HT-16, obtido em 1976, cujos progenitores são as introduções IH-40, procedente do IRAT (Caiana, Guiana Francesa) e UH-7976, procedente da Universidade de Hawaii (EUA) e o processo de seleção teve prosseguimento pelo método genealógico (Noda et al., 1986).

## RESULTADOS ALCANÇADOS PELO PROGRAMA

O patógeno *R. solanacearum* é um patógeno extremamente importante, porque é endêmico nos solos da região amazônica, surgindo mesmo nas áreas onde os solos não foram, ainda, plantados com as espécies hospedeiras cultivadas. As condições ambientais prevaletentes nesta região, temperaturas do solo e do ar elevadas, altos níveis de umidade do solo, baixa intensidade de luz e dias curtos aumentam a incidência da “murcha bacteriana” (Gallegly Jr. & Walker, 1949). Winstead & Kelman (1952) mostraram que a susceptibilidade de plantas resistentes decresce na medida em que a idade das mudas avança de 4 para 8 semanas, evidenciando que a idade da planta é um fator importante na expressão da resistência.

Dois tipos de ensaios têm sido utilizados para avaliação da reação de resistência do tomateiro ao patógeno: a triagem em casas de vegetação de plantas na fase juvenil e triagem no campo, sob condições de solos infestados pelo patógeno (Noda et al., 1986). O primeiro método oferece a vantagem de tornar possível o ensaio, usando-se grande número de indivíduos em pouco espaço, para permitir o controle das condições do ambiente que possam interferir na expressão do caráter. Entretanto, os resultados obtidos com plântulas nem sempre estão de acordo com aqueles obtidos em testes com plantas adultas (Mew & Ho, 1976). Os ensaios realizados em solos naturalmente infestados pelo patógeno apresentam a desvantagem de restringir o número de indivíduos, mas por outro lado, constituem uma simulação mais perfeita das condições naturais da interação hospedeiro X patógeno X ambiente e oferecem a vantagem adicional de permitir a estimação do grau de associação entre níveis de doença na população de plantas e o consequente prejuízo no rendimento econômico (Noda et al., 1986).

#### **AValiação CONTINUADA NO TEMPO USANDO TESTEMUNHAS CONSTANTES**

Durante o processo de avaliação e seleção, no período de 1983/92, observou-se, consistentemente, a ocorrência de contrastes significativos para os caracteres de resistência à *R. solanacearum* e de produção de frutos sob condição de cultivo em solos infestados pelo patógeno. As progênies selecionadas para as etapas subsequentes apresentaram maiores níveis de resistência ao patógeno e maiores capacidades de produção em solos infestados quando comparadas tanto contra a testemunha susceptível (grupo Santa Cruz) como contra a testemunha resistente (Caraíba). Noda et al., (1986), mostraram que o caráter Taxa de Infecção (QR), por se tratar de um parâmetro epidemiológico, consegue detectar maiores números de contrastes significativos quando comparado com outros parâmetros que não consideram a resistência do hospedeiro como uma resultante de um processo cuja expressão varia em função do tempo.

Os dados obtidos em experimentos realizados no período de 1983 até 2005 (Tabela 1) mostram uma tendência de elevação dos níveis de resistência das progênies e linhagens derivadas do cruzamento HT-16, quando comparadas com os referenciais constantes. Quando ocorreram ausências completas de doença nas progênies, como foi observado em alguns experimentos (gerações  $F_8$ , realizado em 1988;  $F_{10}$ , realizado em 1992 e Linhagem Yoshimatsu L-3, em 2005), presume-se que foram devidas aos menores níveis do potencial de inóculo do solo ocorridos naqueles experimentos.

Os dados sobre os níveis de resistência obtidos pela testemunha resistente Caraíba, em 1988 (QR = 0,0079), em 1992 (QR = 0,0039) e em 2005 (QR = 0,0079) que foram os mais elevados considerando-se todo o período de 1986 a 2005, reforçam a sugestão da ocorrência de níveis mais baixos de potencial de inóculo nos locais onde se realizaram os experimentos de 1988 e 2005. Por outro lado, nos ensaios realizados em 1987 e 2001, para avaliação das progênies F<sub>7</sub>, F<sub>9</sub> e F<sub>13</sub> (Linhagem Yoshimatsu L-3), respectivamente, foram observados os maiores valores da Taxa de Infecção para a testemunha Caraíba. Mesmo naquelas condições, as resistências estimadas das progênies selecionadas na geração F<sub>7</sub> foram 17 vezes mais elevadas em relação a cultivar Caraíba, 29 vezes superior na geração F<sub>9</sub> e 17 vezes superior na geração F<sub>13</sub>. Assim, o uso de testemunhas susceptível e resistente constantes mostrou ser muito recomendável para a avaliação do nível de contaminação do solo com o patógeno em cada experimento e esse procedimento é um recurso muito valioso para se estimar o ganho genético ocorrido no processo de seleção das progênies.

**Tabela 1.** Estimativas de progresso nos níveis de resistência genética de progênies HT-16 de tomate à *Ralstonia solanacearum* tomando-se como referências constantes os cultivares susceptíveis (Grupo Santa Cruz) e resistente (Caraíba), no período de 1983/2005.

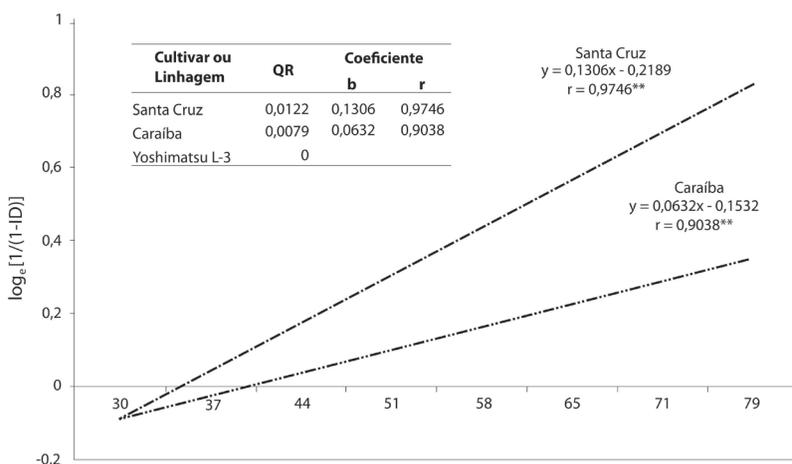
Época de realização da avaliação	Taxa de infecção (QR) de progênies e cultivares			Relação (%) (QR) Progênies / (QR) Testemunhas x 100	
	(1) Santa Cruz	(2) Caraíba	(3)	(3) / (1)	(3) / (2)
1983	0,0665	-	0,0074	11,13	-
1986	0,1625	0,0236	0,0075	4,62	31,78
1987	0,0907	0,0528	0,0031	3,42	5,87
1988	0,1098	0,0079	0,0000	0,00	0,00
1991	0,0078	0,0202	0,0007	8,97	3,47
1992	0,0731	0,0039	0,0000	0,00	0,00
1996	0,0344	0,0017	0,0002	0,58	11,76
2001	0,0939	0,0299	0,0017	1,81	0,57
2003	0,0254	0,0122	0,0004	1,57	3,28
2005	0,0122	0,0079	0,0000	0,00	0,00

(1) Testemunha susceptível (grupo Santa Cruz).

(2) Testemunha resistente (Caraíba).

(3) Linhagens Yoshimatsu L-3 e suas gerações precedentes.

Outro resultado relevante encontrado nas pesquisas realizadas pelo Programa do INPA é aquele relacionado à epidemiologia da doença. Dados obtidos na série de experimentos realizados confirmam as observações de Noda et al., (1986) no sentido da doença “murcha bacteriana” do tomateiro apresentar uma característica epidemiológica bem definida, na qual níveis elevados de resistência conferidos por um genótipo são devidos aos baixos níveis de velocidade do progresso da doença na população de hospedeiro. Os dados obtidos em experimento recente, realizado em 2005, permitiram a elaboração da Figura 1 que mostra o progresso da murcha bacteriana no período de 79 dias, compreendido entre as sete etapas semanais de medições, referente ao experimento de avaliação de progênies F<sub>13</sub>, realizado na Estação Experimental de Hortaliças “Alejo von der Pahlen”, em Manaus, localizada no ecossistema de terra firme. Os valores dos coeficientes b das equações de regressão linear que estimam a Taxa de Infecção (QR) ajustada são muito próximos daqueles valores obtidos usando-se a fórmula de Plank (1963). Tanto para a testemunha susceptível Santa Cruz Kada como para a cultivar Caraíba, padrão de resistência, encontrou-se associações estreitas e significativas entre o tempo de avaliação e severidade da doença. A ausência da regressão linear relativa à progênie F<sub>13</sub> do cruzamento HT-16 (Linhagem Yoshimatsu L-3), também avaliada em experimento realizado em 2005 é explicada pela ausência de ocorrência de doença naquela progênie (QR = zero).



ID: Índice de Doença.

\*\* Significativo ao nível de 1% de Probabilidade pelo teste t.

Figura 1. Evolução da murcha bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum*, em cultivares e linhagem de tomate, cultivadas em solo naturalmente infestado pelo patógeno. Estação Experimental “Alejo von der Pahlen”, Manaus, 2005.

## SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE CARACTERES DE RESISTÊNCIA AO *R. solanacearum*, CAPACIDADE PRODUTIVA SOB CONDIÇÕES DE CULTIVO EM AMBIENTES QUENTES E ÚMIDOS E PRODUÇÃO DE FRUTOS COM QUALIDADE SUPERIOR

Um dos grandes problemas enfrentados pelos melhoristas de tomateiro para incorporação resistência genética ao patógeno *R. solanacearum* tem sido a obtenção de variedades que associem no mesmo genótipo altos níveis de resistência e capacidade produtiva de frutos, levando-se em conta quantidade (peso) e qualidade dos frutos (formato, tolerância à rachadura, resistência à podridão apical causada pela deficiência de cálcio). As condições ambientais prevalentes na Amazônia, temperatura e umidade elevadas, são desfavoráveis não somente para o desenvolvimento da planta como ao processo produtivo. Altas temperaturas provocam o abortamento das flores devido tanto às anormalidades causadas no desenvolvimento do pólen como, também, pela inviabilização do processo de polinização. Altas temperaturas provocam um crescimento anormal do estilo fazendo com que o estigma se posicione acima do nível do cone das anteras dificultando a polinização (Rick, 1978; Villareal et al., 1977 e Villareal, 1980). Assim, nos trópicos úmidos, a expressão de resistência do tomateiro ao patógeno deve ocorrer para condições de cultivo em ambientes quentes e úmidos, possibilitando que a planta complete seu ciclo, quando cultivada em solos infestados pelo patógeno. Ao mesmo tempo, a resistência genética ao patógeno deve estar associada à capacidade da planta produzir frutos de boa qualidade.

Havia, portanto, necessidade do Programa de Melhoramento Genético do Tomateiro do INPA levar em conta a incorporação, na variedade a ser criada, genes que conferissem capacidade de frutificação em ambientes quentes e úmidos e produção de frutos de qualidade. Os trabalhos realizados até 1983 (Noda et al., 1986), permitiram que se tomasse a decisão de utilizar o cruzamento HT-16 (IH-40 X UH-7976) para dar continuidade ao processo de seleção pelo método genealógico, uma vez que este material apresentava, consistentemente, altos níveis de resistência ao patógeno, em condições de cultivo em ambientes quente e úmido. Em 1988, obteve-se uma linhagem, a partir de uma progênie  $F_5$ , que deu origem à cultivar resistente ao patógeno, denominada Yoshimatsu 4 (Noda & Machado, 1992). Esta cultivar apresenta como característica mais importante o alto nível de resistência ao patógeno, mas é muito variável em relação às características da produção, em termos de quantidade e qualidade de frutos. Uma vez que no início do processo seletivo, para obtenção da cultivar Yoshimatsu 4, a

ênfase foi dada, quase que exclusivamente, em relação à resistência ao patógeno, presumiu-se que deveria ocorrer, dentro das progênies do cruzamento HT-16, quantidade de variabilidade genética suficiente para permitir seleção de genes para alta capacidade de pegamento de frutos sob condições de cultivo em ambientes quente e úmido e que apresentasse, também, boa qualidade de frutos. Estas características do cruzamento HT-16 ficaram evidentes em um experimento, com três progênies  $F_7$ , realizado em 1989, onde o material HT-16 mostrou possuir variabilidades genéticas, entre e dentro de progênies  $F_7$ , possíveis de serem exploradas, para o caráter capacidade de pegamento de fruto, quando cultivado em temperaturas elevadas (Noda & Machado, 1992). Em experimentos realizados no semiárido brasileiro, Menezes (1998) confirmou nossos resultados, quando cultivando sob temperaturas elevadas, observou uma excelente capacidade de pegamento de frutos da cultivar Yoshimatsu 4-11, cultivar obtida posteriormente à Yoshimatsu 4.

#### **HERANÇA DA RESISTÊNCIA DO TOMATEIRO AO PATÓGENO *Ralstonia solanacearum***

Considerando-se que nas avaliações em condições de campo, em áreas infestadas, a interação entre hospedeiro x patógeno processa-se em níveis populacionais e, levando-se em conta que a variabilidade genética de *R. solanacearum* tem sido ampla mesmo em áreas restritas, infere-se que a modalidade de resistência expressa pela variedade Yoshimatsu, é do tipo horizontal ou poligênico. Todos os dados obtidos nos ensaios de campo confirmaram a hipótese de que a herança envolvida na resistência ao patógeno da variedade Yoshimatsu é poligênica. Assim, pode ser afirmado que esta variedade apresentará variação nos níveis de resistência em função da agressividade da população de patógeno ou do potencial de inóculo do solo infestado, mas não ocorrerá risco de quebra da resistência incorporada. Evidências adicionais de que o controle envolvido no mecanismo de resistência da variedade Yoshimatsu é poligênico têm sido obtidas através das diversas modalidades de ensaios, em diferentes locais, inclusive fora dos trópicos úmidos.

No exterior, experimentos realizados por Prior et al. (1996) e por Kowithayakorn (comunicação pessoal) na Tailândia, confirmaram os resultados obtidos no Brasil. Menezes (1998), utilizando a metodologia de triagem de genótipos resistentes em solos naturalmente infestadas pelo patógeno, no Estado de Pernambuco, demonstrou que a herança envolvida no controle da expressão de resistência na variedade Yoshimatsu é governada por mais

de um gene ou bloco gênico, exibindo dominância, além de efeitos aditivos no aumento do caráter. Este autor encontrou, também, efeitos positivos na capacidade geral e específica de combinação para o caráter pegamento de frutos, produção de frutos, número de frutos, peso médio de frutos, número de lóculos e sobrevivência. Lopes et al. (1994), efetuando inoculações artificiais com isolados de diversas regiões do Brasil e Campos et al. (1998), no Estado de Tocantins, realizando inoculações com isolados locais, confirmaram a resistência da variedade Yoshimatsu em relação à *R. solanacearum*. Oliveira et al., (1998) inocularam a cultivar Yoshimatsu 4-11 com dois isolados, um classificado como biovar I e outro como biovar III e chegaram à conclusão que a herança da resistência é de natureza quantitativa com dominância parcial, sendo observado a presença de efeito aditivo significativo.

As maiores magnitudes dos coeficientes de variação experimentais têm ocorrido, de maneira geral, para o caráter produtivo quando comparados com aqueles observados para o parâmetro Taxa de Infecção, que expressa níveis de resistência. Esses dados sugerem que, apesar de tratar-se de um caráter de herança complexa, a magnitude da herdabilidade da resistência do tomateiro ao patógeno *R. solanacearum* é superior às características relacionadas à produção. Mesmo porque, quando o cultivo é realizado em condição de solo infestado pelo patógeno, a resistência genética é um componente que interfere decisivamente no ciclo de vida e capacidade produtiva do hospedeiro.

Ensaio realizados no ecossistema de terra firme, no período 1997-2000 indicaram que a Linhagem Y-95-3 (Yoshimatsu) possui potencial muito interessante no que se refere à resistência ao patógeno, produtividade (38,40 t/ha) e qualidade de fruto. Nos experimentos nenhuma planta da linhagem Y-95-3 apresentou sintomas de murcha bacteriana, sendo que a cultivar testemunha Santa Cruz Kada foi totalmente destruída pelo patógeno. Em 1998, no período de maio a agosto, foi realizada seleção dentro da linhagem Y-95-3 para características relacionadas à qualidade do fruto. O prosseguimento da seleção, dentro do cruzamento HT-16, tem como objetivo, a detecção de genótipos, principalmente, capazes de produzir frutos de melhor qualidade (resistência à podridão estilar e menor índice de rachadura). As avaliações, nos ecossistemas de várzea e terra firme, em áreas de produtores da região do Alto Solimões, no ano agrícola 98/99, confirmaram nossa expectativa no sentido da redução da ocorrência de podridão estilar e rachamento de frutos.

Foi demonstrado, experimentalmente, que a variabilidade do patógeno é extremamente elevada mesmo em áreas restritas. Numa mesma parcela (5 m<sup>2</sup>) foram isoladas de plantas infectadas com as biovars I e III (Boher, 2001). Observou-se, também, que as cultivares consideradas resistentes (Hawaii 7997; Yoshimatsu e Caraíba) e as susceptíveis expressaram essas características, apesar da alta variabilidade genética na população do patógeno. Levando-se em conta os conceitos enunciados por Plank (1975), esses resultados evidenciam que os diferentes genótipos de patógeno variam em agressividade e não em virulência. Outro resultado interessante obtido nos experimentos foi à presença das biovars I e III nas plantas infectadas das parcelas com a testemunha susceptível (Santa Cruz Kada) e a ausência da biovar III nas plantas infeccionadas nas parcelas com material resistente. Nessas observou-se somente a biovar I. O fato das cultivares com maiores níveis de resistência serem infectadas somente por isolados da biovar I reforça a hipótese que esta biovar apresenta maior agressividade em relação à biovar III. Ou seja, na expressão da resistência genética, não ocorre interação específica entre o patógeno e o hospedeiro, mas diferentes níveis de agressividade do patógeno, expressos sob a forma de diferentes níveis de resistência do hospedeiro.

#### **ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA RESISTÊNCIA SOB CONDIÇÃO DE CULTIVO EM AMBIENTES ADVERSOS**

As evidências no tocante aos altos níveis de resistência da variedade Yoshimatsu ao patógeno *R. solanacearum* serem de controle poligênico indicavam, por outro lado, a necessidade em se estimar, também, os níveis de adaptabilidade genética e a estabilidade fenotípica da cultivar Yoshimatsu 4-11 e das gerações mais avançadas do cruzamento inicial HT-16. Isso foi realizado por meio de experimentos simultâneos, em solos naturalmente infestados pelo patógeno, nos dois principais ecossistemas da Amazônia onde se pratica a agricultura: terra firme (áreas não inundáveis) e várzea (áreas inundáveis). As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e da estabilidade fenotípica foram obtidas segundo o método proposto por Eberhart & Russell (1966). Os resultados desses experimentos foram apresentados por Pena (2010). A cultivar Santa Cruz Kada (padrão constante de susceptibilidade ao patógeno) foi a que apresentou, em todos os ensaios, maiores níveis de susceptibilidade de *R. solanacearum*, expressos em Taxa de Infecção (QR), em relação a todos os demais genótipos avaliados (Tabela 2), o que confirma observações anteriores obtidos por Noda et al., (1986) e Noda & Machado (1993). As estimativas dos quadrados médios dos des-

vios da regressão linear (QML) não foram significativas, com exceção para os genótipos Santa Cruz Kada e C-38. Com relação ao coeficiente de regressão linear ( $\beta$ ) constatou-se que os genótipos C-38 e Caraíba (padrão constante de resistência ao patógeno) que apresentaram valores de  $\beta > 1$ , indicando adaptação aos ambientes favoráveis. Os genótipos provenientes do cruzamento HT-16 (Yoshimatsu) apresentaram valores próximos a 1 indicando boa adaptabilidade genética aos ambientes em que foram avaliados. Analisando-se as magnitudes das variâncias dos desvios de regressão ( $\sigma^2d$ ), observa-se que, com exceção aos genótipos Santa Cruz Kada e C-38, todos os demais não foram significativos e, deste modo, apresentam alta previsibilidade às oscilações ambientais. Com exceção ao ocorrido com a cultivar Santa Cruz Kada, esses resultados são compatíveis com as estimativas dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), pois, esses valores, quando situados acima de 56%, indicam ajustamento adequado à regressão e evidenciam alta previsibilidade de comportamentos dos genótipos.

**Tabela 2.** Valores médios da resistência, expressos em Taxa de Infecção (QR), em tomateiros (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados em quatro ambientes com solos naturalmente infestados por *Ralstonia solanacearum* e estimativas de parâmetros de adaptabilidade genética e estabilidade fenotípica. (Fonte: modificado de Pena et al., 2010).

Genótipos	QR Média <sup>1</sup>	QML	$\beta$	$\sigma^2d$	$R^2$ (%)
Santa Cruz Kada	0,073 c	1,3351 **	0,4873 ns	0,3188 **	3,98
C-38	0,007 b	0,2191 *	1,8504 **	0,0398 *	78,47
Yoshimatsu 4-11	0,002 a	0,1296 ns	0,8577 ns	0,0175 ns	56,95
L-1-2002	0,001 a	0,1117 ns	0,7892 ns	0,0130 ns	56,52
L-2-2002	0,001 a	0,0887 ns	0,7411 ns	0,0073 ns	59,07
L-3-2002	0,001 a	0,0387 ns	0,9059 ns	0,0000 <sup>(i)</sup> ns	83,17
L-4-2002	0,001 a	0,1142 ns	0,8211 ns	0,0136 ns	57,93
Caraíba	0,003 a	0,1304 ns	1,5473 ns	0,0177 ns	81,07
Média	0,011				

<sup>1</sup> Dados não transformados.

QML = Quadrado Médio dos desvios de regressão linear;  $\beta$  = Coeficiente de regressão linear;  $\sigma^2d$  = Variância dos desvios da regressão;  $R^2$  = Coeficiente de determinação.

Nas colunas, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo estatisticamente. (i) Valor calculado menor do que zero.

Em relação à produtividade em frutos, em peso, observou-se que, com exceção de Yoshimatsu 4-11 e L-4-2002, os demais genótipos derivados do cruzamento HT-16 foram mais produtivos do que a testemunha resistente Caraíba (Tabela 3). O genótipo Santa Cruz Kada apresentou a menor produtividade e as estimativas dos parâmetros QML e  $\sigma^2d$  foram significativas evidenciando baixos níveis de adaptabilidade e estabilidade. Os genótipos L-1-2002 e L-2-2002 apresentam valor de  $\beta$  próximo a 1, evidenciando ampla adaptação e alta previsibilidade de comportamento. Por outro lado, os genótipos L-3-2002 e L-4-2002 apresentaram  $\beta < 1$ . Segundo Vencovsky & BARRIGA (1992), são genótipos menos respondíveis aos ambientes favoráveis, mas, também, são menos exigentes, podendo ser adequados para ambientes de qualidade inferior. O valor elevado do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ressalta que houve um bom ajustamento dos dados, ao modelo utilizado neste trabalho. O coeficiente de determinação mostra que os dados estão bem ajustados.

**Tabela 3.** Valores médios de rendimentos em frutos, expressos em Produção Total de Frutos (PTF), em tomateiros (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados em quatro ambientes com solos naturalmente infestados por *Ralstonia solanacearum* e estimativas de parâmetros de adaptabilidade genética e estabilidade fenotípica. (Fonte: modificado de Pena et al., 2010).

Genótipos	PTF Médias <sup>1</sup>	QML	$\beta$	$\sigma^2d$	$R^2$
Santa Cruz Kada	154,987 a	76,9774 *	1,1968 ns	17,0126 **	73,24
C-38	755,669 b	17,408 ns	1,4204 **	2,1201 ns	94,46
Yoshimatsu 4-11	706,999 b	19,3228 ns	1,3212 ns	2,5988 ns	92,99
L-1-2002	936,415 c	11,5130 ns	0,9548 ns	0,6464 ns	92,09
L-2-2002	882,527 c	26,0481 ns	1,0260 ns	4,2801 ns	85,59
L-3-2002	932,192 c	8,5684 ns	0,4218 **	0,0000 <sup>(i)</sup> ns	75,33
L-4-2002	843,216 bc	7,2940 ns	0,4685 **	0,0000 <sup>(i)</sup> ns	81,56
Caraíba	671,839 b	64,5094 **	1,1905	13,8955 ns	76,36
Média	735,480				

<sup>1</sup> Dados não transformados.

QML = Quadrado Médio dos desvios de regressão linear;  $\beta$  = Coeficiente de regressão linear;  $\sigma^2d$  = Variância dos desvios da regressão;  $R^2$  = Coeficiente de determinação.

Nas colunas, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo estatisticamente. <sup>(i)</sup> Valor calculado menor do que zero.

Foi observado que os genótipos L-1-2002, L-2-2002, L-3-2002 e L-4-2002 produziram satisfatoriamente em ambientes com alto potencial de inóculo. Esses genótipos apresentaram capacidade de produção mais elevada, mesmo em solos infestados com *R. solanacearum*, quando comparado com a testemunha resistente Caraíba. Noda & Machado (1993) já haviam observado que as progênes do cruzamento HT-16 apresentavam tendências ascendentes dos níveis de resistência quando comparadas com as cultivares Santa Cruz Kada e Caraíba. Por outro lado, concluiu-se que as progênes avançadas do cruzamento HT-16: L-1-2002, L-2-2002, L-3-2002 e L-4-2002 evidenciaram adaptação genética para o cultivo em ambientes de terra firme e várzea e superioridade, em relação à cultivar Yoshimatsu 4-11, para características de resistência à murcha bacteriana e rendimento de frutos sob condições de cultivo em ambientes com solos naturalmente infestados pelo patógeno *R. solanacearum*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho reconhecem a grandiosa contribuição do Dr. Bernard Jean Laurent Boher, falecido na França em 2012, que dedicou à Amazônia seus três últimos anos de vida profissional no Laboratório de Fitopatologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, de 1998 a 2000, antes de se aposentar, como pesquisador visitante do Institut de Recherche pour le Développement – IRD. Muito do que se conhece sobre *Ralstonia solanacearum* na Amazônia, sua extrema variabilidade genética, sua patogenicidade perante uma gama de hospedeiros de diferentes famílias, espécies e variedades de plantas cultivadas, a dinâmica de populações desse organismo, enfim, todo o conhecimento científico indispensável sobre o patógeno que permite ao melhorista o estabelecimento de estratégias metodológicas para a elaboração de programas robustos de melhoramento para incorporação de resistência genética no hospedeiro, sem dúvida, devemos ao Dr. Boher. Antes de regressar à França, o Dr. Boher teve o cuidado de preparar recursos humanos de alta qualidade e manter um excelente ambiente de trabalho para que as pesquisas pudessem ter continuidade após a sua saída. Fica dos seus colegas pesquisadores em melhoramento de hortaliças, que tiveram o privilégio do seu convívio, o registro das suas qualidades como cientista e cidadão do mundo e a gratidão não somente pelo nível de qualidade que inseriu às nossas pesquisas, mas também, pelo seu respeito e generosidade para com todos os amigos, colegas e o povo da Amazônia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J.C.; Gilbert, J.C.; Quinon, V.L. 1964. Heritability of bacterial wilt resistance in tomato. *Proceedings of American Society for Horticultural Science*, Geneva, 84: 455-462.
- Boher, B. 2001. Relatório Técnico. *Primeiro objetivo específico. Avaliação da variabilidade dos patógenos*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Convênio CNPq/ORSTOM – Processo nº 91007/97-7. Manaus. 31p + Anexo.
- Campos, G.A.; Silveira, M.A.; Azevedo, S.M.; Maluf, W.R.; Resend, J.T.V. 1998. Resistência de linhagens de tomateiro à murcha bacteriana no Estado do Tocantins. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 16 (1): (Resumo nº 046).
- Coelho Netto, R.A.; Marenco, K.R.; Pereira, B.G.; Noda, H.; Boher, B. 2000. Ocorrência de murcha bacteriana em moringa (*Moringa oleifera* Koenigii) causada por *Ralstonia solanacearum*. *Fitopatologia Brasileira*: 321.
- Coelho Netto, R.A.; Noda, H.; Boher, B. 2003. Agressividade de isolados de *Ralstonia solanacearum* provenientes de solanáceas no estado do Amazonas. *Summa Phytopathologica*, 29 (2): 208-211.
- Couto, F.A.A.; Mizubuti, A.; Matsuoka, K.; Campos, J.P. 1979. Avaliação do grau de resistência à *Pseudomonas solanacearum* de cinco cultivares de tomateiro e das progênes resultantes do cruzamento entre eles. *Revista de Olericultura*, XVII: 48-58.
- Digat, B.; Derieux, M. 1968. A study of the varietal resistance of tomato to bacterial wilt II. The practical value of F1 hybrids and their contribution to the genetic basis of resistance. In: *Proceedings of the Annual Meeting Caribbean Food Crops Society*. St. Augustine, p. 85-100.
- Eberhart, S.A.; Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6: 360-40.
- Gallegly Jr., M.E.; Walker, J.P. 1949. Relation of environmental factors to bacterial wilt of tomato. *Phytopathology*, 39: 932-946.
- Hayward, A.C. 1991. Biology and epidemiology of wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology*, v. 29, p. 65-87.
- IBGE. 2004. *Pesquisa de orçamentos familiares 2002-2003: aquisição alimentar domiciliar per capita: Brasil e grandes regiões*. IBGE, Coordenação de Índices de Preços. Rio de Janeiro: IBGE. 280p.

- Király, Z.; Klement, Z.; Solymosy, F.; Vóros, J. 1970. Methods in plant pathology with special reference to breeding for disease resistance. *Akadémiai Kiadó*. Budapest. 509p.
- Kuriyama, T. 1975. Testing methods for breeding disease-resistant vegetables in Japan. *Japan. Agriculture Research Quarterly*, 9:96-100.
- Lopes, C.A., Quezado-Soares, A.M.; Melo, P.E. 1994. Differential resistance of tomato cultigens to biovars I e III of *Pseudomonas solanacearum*. *Plant Disease*, 78: 1091-1094.
- Martins, O.M.; Reifschneider, F.J.B.; Takatsu, A.; Pessoa, H.B.S.V. 1988. Fonte de resistência em tomateiro à *Pseudomonas solanacearum*. *Horticultura Brasileira*, 6 (2): 17-19.
- Menezes, D. 1998. *Análise genética de um cruzamento dialélico em tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill)*. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 95p. (Tese de Doutorado).
- Mew, T.W.; HO, W.C. 1976. Varietal resistance to bacterial wilt in tomato. *Plant Disease Reporter*, 60: 264.
- Noda, H. & Machado, F.M. 1992. Avaliação de progênies de tomate (*Lycopersicon esculentum*) para cultivo sob temperaturas elevadas. *Acta Amazonica*, Manaus, 22 (2): 183-190.
- Noda, H. & Machado, F.M. 1993. Progresso na seleção de progênies de tomate resistentes à murcha bacteriana através da avaliação epidemiológica da doença. *Acta Amazonica*, Manaus, 23 (2/3): 107-114.
- Noda, H.; Pahlen, A. Von Der; Silva Filho, D.F. 1986. Avaliação da resistência de progênies de tomate à murcha bacteriana em solo naturalmente infestado por *Pseudomonas solanacearum*. *Revista Brasileira de Genética*, 9 (1): 55-66.
- Noda, H.; Paiva, W.O.; Silva Filho, D.F. & Machado, F.M. 1997. Melhoramento de hortaliças convencionais para cultivo no Trópico Úmido Brasileiro. In: Noda, H.; Souza, L.A.G. e Fonseca, O.J.M. *Duas Décadas de Contribuições do INPA à Pesquisa Agronômica no Trópico Úmido*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Ministério da Ciência e Tecnologia. Manaus. p. 59-87.
- Noda, H. 1997. *Tomato breeding for disease resistance in humid tropical conditions*. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on the Processing Tomato and 1<sup>st</sup> International Symposium on Tropical Tomato Diseases. ASHS Press, Alexandria: 133-138.

Oliveira, W.F.; Giordano, L.B.; Lopes, C.A. 1998. Herança da resistência em tomateiro à murcha bacteriana. *Fitopatologia Brasileira*, 24(1): 49-53.

Pena, M.A.A.; Noda, H.; Machado, F.M.; Paiva, M.S.S. 2010. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de tomateiro sob cultivo em solos de terra firme e várzea da Amazônia infestada por *Ralstonia solanacearum*. *Bragantia*, Campinas, v. 69, nº 1. p. 27-37.

Plank, J.E. Van der. 1963. *Plant Disease: Epidemics and Control*. Academic Press. New York. 349p.

Plank, J.E. Van der. 1975. *Principles of Plant Infection*. Academic Press. New York. 216p.

Prior, P.; Bart, S.; Leclercq, S.; Darrasse, A.; Anais, G. 1996. Resistance to bacterial wilt in tomato as discerned by spread of *Pseudomonas (Burkholderia) solanacearum* in the stem tissues. *Plant Disease*, 45: 720-726.

Rick, C.M. 1978. *The tomato*. *Scientific American*. New York, 239 (2): 66-76.

Russel, G.E. 1978. *Plant Breeding for Pest and Disease Resistance*. Butterworths. London and Boston. 485p.

Villareal, R.L.; Mercado, F.C.; Hsing Lai, S.O.; Li Hu, I. 1977. Fruit-setting ability of heat tolerant, moisture-tolerant, and traditional tomato cultivars grown under field and greenhouse condition. *Philippine Journal of Crop Science*, 2 (2): 56-61.

Villareal, R.L. 1980. *Tomatoes in the tropics*. Westview, Boulder. 174p.

Winstead, N.N.; Kelman, A. 1952. Inoculation techniques for evaluating resistance to *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology*, 42: 634-638.

# ANÁLISE MORFOLÓGICA E AGRONÔMICA EM ETNOVARIEDADES DE *Capsicum*, MANTIDAS *IN SITU*, POR POPULAÇÕES TRADICIONAIS DA AMAZÔNIA

Danilo Fernandes da SILVA FILHO<sup>1</sup>, Maslova Carmo OLIVEIRA<sup>3</sup>,  
Pedro Chaves da SILVA<sup>3</sup>, Lúcia Helena Pinheiro MARTINS<sup>2</sup>,  
Hiroshi NODA<sup>1</sup>, Francisco Manoares MACHADO<sup>1</sup>

## Palavras chave:

*Capsicum*, Solanaceae, Pimenta,  
Produção, Melhoramento Genético

## INTRODUÇÃO

**D**e maneira geral, entre as espécies vegetais que ocorrem na Amazônia, as variedades atualmente em uso pelos agricultores tradicionais são populações resultantes do processo de domesticação, com ampla variabilidade genética, susceptíveis, portanto, de passarem por processos de aprimoramento genético para fins de cultivo (Noda e Noda 2004). Um tipo de variação genética, muito importante registrada por Martins (2001) foi com a mandioca, é a que ocorre dentro de uma mesma espécie. Essa variação genética pode ser observada facilmente através das diferentes formas, tamanhos e coloração das raízes. Em populações cultivadas de cubiu (*Solanum sessiliflorum*), Silva Filho (2009) observou ampla variabilidade genética em relação às características agronômicas como número e massa dos frutos.

1 Coordenação Sociedade Ambiente e Saúde, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – CSAS/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: danilo@inpa.gov.br;

2 NERUA – Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico;

3 Bolsista CNPq/INPA.

Na Bacia Amazônica é encontrada uma grande diversidade de pimentas doces e pungentes. Na região do Alto Solimões (área de fronteira com o Peru e Colômbia) são vistos nas feiras e mercados, muitos frutos de formas, tamanho, cor e sabores diferentes. O que se pode concluir disso, é que a diversidade local se repete em outras espécies hortícolas (abóbora, abacaxi, abiu, banana, biribá, mandioca, maxixe, sapota e outros). Esta constatação levou Clement (1989) a propor a existência do centro de diversidade da Amazônia Ocidental.

Por outro lado, algumas espécies vêm sendo mantidas a salvo da extinção pelas populações tradicionais, mas sofrem risco devido ao desuso gradual. É o caso do ariá (*Calathea allouia*) que vem sofrendo erosão na sua variabilidade genética. Isto decorre pelas perturbações externas sobre as formas tradicionais de produção, face aos estímulos externos no sentido da adoção da agricultura voltada exclusivamente ao mercado em detrimento do autoabastecimento, provocando enormes riscos na continuidade do processo (Noda, 2009).

A permanência do processo de conservação *in situ* depende da reafirmação da valorização dos recursos genéticos dentro das comunidades. Depende, também, do reconhecimento pelo público externo em geral sob a forma de aquisição dos produtos gerados e pelos órgãos governamentais no sentido de identificar, naqueles sistemas de produção, importante papel na conservação dos recursos genéticos (Noda e Noda, 2004).

Entre as hortaliças nativas da região tropical das Américas, a pimenteira é uma das plantas domesticada pelos povos indígenas, antes da chegada dos europeus. Quando os navegadores espanhóis e portugueses chegaram ao continente americano encontraram várias espécies de pimenta que tiveram aceitação imediata. Em 1942, elas já estavam sendo cultivadas na Índia (Martin et al., 1984).

Esta Solanaceae arbustiva vem sendo mantida em sítios de pequenos e médios agricultores de muitas regiões do mundo. Cerca de vinte e duas espécies selvagens são conhecidas. Mas é possível que muitas outras tenham sido identificadas. Das espécies cultivadas no Brasil destacam-se a pimenta de cheiro, murupi e as malaguetas (Casali e Couto, 1984).

As formas de produção tradicionais não são capazes de atender todas as demandas das famílias dos produtores sendo, portanto, necessário criar

alternativas econômicas capazes de gerar renda e permitir o acesso aos produtos e serviços a serem adquiridos no mercado.

O germoplasma de pimentas e pimentões (espécies do gênero *Capsicum*) tem se constituído uma importante base de sustentação do mercado de hortaliças frescas do Brasil e de condimentos e conservas no mundo. Por isso, mais de 12000 ha de pimenta e pimentão são cultivados anualmente no Brasil, envolvendo recursos superiores a 1,5 milhão de dólares, somente na comercialização de sementes (Katounian, 1997).

Embora o Brasil esteja contido no centro de origem das pimenteiras, pouco se sabe sobre as espécies de *Capsicum* nativas do País, encontradas em áreas da Mata Atlântica e na Amazônia. Portanto, estudos mais profundos sobre as variações morfoagronômicas são importantes para definir descritores qualitativos e quantitativos que permitam o melhor conhecimento da biologia das espécies e da constituição gênica de suas populações, para usar na conservação do material genético em qualquer ambiente e utilizar sua variabilidade genética em programa de melhoramento das espécies, para múltiplas finalidades.

Esta pesquisa teve o objetivo de caracterizar e avaliar etnovariedades de *Capsicum* spp. para subsidiar programas de melhoramento genético de pimenteiras para a Amazônia.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Foram avaliadas vinte etnovariedades (ETNs) de pimenteiras (populações de *Capsicum* cultivadas por índios e caboclos) do Banco de Germoplasma do INPA, oriundas de diferentes localidades da região da Amazônia (Tabela 1).

O experimento foi conduzido na Horta Educativa do Pró Menor Dom Bosco (HEPDB), localizada no km 10 da Rodovia AM 010, município de Manaus, no período de agosto de 2001 a abril de 2002. O Solo dessa área é um Latossolo Amarelo, textura argilosa, distrófico. O clima local é caracterizado como “Af” no esquema de Köppen, registrando 2450 mm de chuva, com uma estação seca no período de julho a setembro (EMBRAPA, 1982).

**Tabela 1.** Origem e localização geográfica da procedência de 20 etnovarietades de pimenteiros da Amazônia. Manaus, INPA, 2012.

ETN	REGISTRO NO NERUA	ORIGEM	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA
1	2342	Marco Tabatinga/AM	Alto Rio Solimões
2	2343	Cidade Nova, Benjamin Constant/AM	Alto Rio Solimões
3	2344	Marco, Tabatinga/AM	Alto Rio Solimões
4	2345	Letícia/Colômbia	Alto Rio Solimões
5	2346	Manacapuru/AM	Médio Rio Solimões
6	2347	Careiro/AM	Médio Rio Solimões
7	2348	Iranduba/AM	Médio Rio Solimões
8	2349	Benjamin Constant/AM	Alto Rio Solimões
9	2350	São Sebastião do Uatumã/AM	Rio Uatumã
10	2351	Urucurituba/AM	Baixo Rio Amazonas
11	2352	Itacoatiara /AM	Baixo Rio Amazonas
12	2353	Feijoa, Benjamim Constant/AM	Alto Rio Solimões
13	2354	Atalaia do Norte /AM	Baixo Rio Javari
14	2355	Nova Aliança, Benjamim Constant/ AM	Alto Rio Solimões
15	2356	Tabatinga/AM	Alto Rio Solimões
16	2357	Cidade Nova, Benjamim Constant/AM	Alto Rio Solimões
17	2358	Islândia/Peru	Alto Rio Solimões
18	2359	Carauari/AM	Alto Rio Juruá
19	2360	Carauari/AM	Alto Rio Juruá
20	2361	Eirunepé/AM	Alto Rio Juruá

A semeadura foi feita (no dia 04 de agosto de 2001) em bandejas de isopor com 72 células (apropriadas para preparação de mudas de tomate, pimentão e berinjela), tendo como substrato solo e matéria orgânica, na proporção de 1:1, previamente esterilizado com uma solução de hipoclorito na proporção de 1 litro de água sanitária para 10 litros de água.

O preparo da área experimental foi feito no fim do mês de agosto de 2001, consistindo de uma aração e gradagem do solo. Foram preparadas leiras de 0,50 m de largura e 0,20 m de altura, onde foram abertas as covas com 0,30 m de largura e 0,20 m de profundidade. A adubação fundamental na cova consistiu da aplicação de 1,0 kg de composto orgânico, 30 g de superfosfato triplo, 20 g de cloreto de potássio e 10 g de uréia.

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 20 tratamentos (as etnovariedades) e três repetições. A unidade experimental consistiu de cinco plantas úteis distribuídas em uma área de 10 m<sup>2</sup>, num espaçamento de 1,0 m entre as plantas e 1,0 m entre as fileiras. As avaliações foram efetuadas no campo (HEPDB) e no laboratório de Genética e Etnobiologia da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônomicas (CPCA), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Os estudos morfológicos realizados foram baseados nas evidências de caracteres constantes ou não nas ETNs. A terminologia adotada seguiu as recomendações existentes em alguns trabalhos modernos para determinadas estruturas de Solanaceae que produzem frutos (Alcazar, 1981; Barroso et al., 1999; Ferri et al., 1981; Hickey, 1973; Lawrence, 1970; Radford, 1986; Stern, 1992).

Foram avaliadas as seguintes características qualitativas e quantitativas das 20 ETNs: 1) Identificação das espécies; 2) tempo de germinação das sementes (dias); 3) tempo de florescimento (dias); 4) frutificação (dias); 5) formato dos frutos; 6) maturação dos frutos (dias); 7) posição do fruto; 8) altura da planta; 9) diâmetro do caule; 10) número médio de frutos/planta; 11) diâmetro transversal dos frutos; 12) comprimento dos frutos; 13) peso médio dos frutos; 14) espessura da polpa; 15) teor de pungência da polpa dos frutos; 16) número médio de sementes/fruto e 17) peso estimado de frutos/planta.

As características quantitativas foram avaliadas por meio de análises de variância (Teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

#### **CARACTERES FENOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS AVALIADOS EM ETNOVARIEDADES DE *Capsicum***

Das vinte etnovariedades avaliadas (Tabela 2), doze foram identificadas como *Capsicum chinense*, quatro como *Capsicum annuum*, três como *Capsicum frutescens* e uma como *Capsicum baccatum*. Frutos mais comercializados no estado do Amazonas são das espécies *C. Chinense* (Figuras 1A, pimenta-murupi, pungente, 1B, pimenta-de-cheiro, não pungente) e *C. frutescens* (Figura 1C, pimenta malagueta, pungente).

**Tabela 2.** Caracteres fenológicos e morfológicos avaliados em etnovarietades de *Capsicum frutescens*, *C. annuum*, *C. chinense* e *C. baccatum*. INPA, Manaus, AM, 2012.

ETN	Espécie	Geminção (dias)	Floração (dias)	Frutificação (dias)	Maturação (dias)	Hábito de crescimento	Tipo de Ramificação	Cor do caule	Pubescência no caule	Pungência no fruto	Posição do fruto	Forma do cálice	Forma do fruto	Cor do internódio
1	CCH	10	85	89	106	Ereto	Intenso	Vírex	Glabra	Forte	Pendente	Intermediária	Alongado	Amarelo
2	CAN	10	74	89	106	Ereto	Intenso	Verde claro	Esparsa	Forte	Pendente	Dentada	Alongado	Amarelo
3	CAN	13	89	93	107	Ereto	Intenso	Verde escuro	Glabra	Forte	Pendente	Dentada	Campanulado	Roxa
4	CAN	10	85	89	106	Compacto	Média	Verde escuro	Esparsa	Fraca	Pendente	Lisa	Cilindr. Irregular	Verde
5	CCH	13	82	97	107	Ereto	Leve	Verde	Glabra	Média	Pendente	Intermediária	Cônico	Verde
6	CCH	10	70	76	85	Compacto	Intenso	Verde	Glabra	Média	Pendente	Intermediária	Campanulado	Verde
7	CCH	13	70	89	106	Compacto	Leve	Verde	Glabra	Forte	Pendente	Intermediária	Alongado	Verde
8	CCH	10	93	97	107	Ereto	Leve	Verde	Glabra	Forte	Pendente	Intermediária	Sino	Amarelo
9	CAN	10	70	74	93	Prostrado	Média	Verde escuro	Intermediária	Forte	Pendente	Intermediária	Alongado	Verde
10	CFR	13	85	89	103	Compacto	Média	Verde	Glabra	Forte	Pendente	Dentada	Alongado	Verde
11	CFR	13	82	93	107	Prostrado	Média	Verde	Glabra	Forte	Pendente	Dentada	Alongado	Verde
12	CCH	13	70	76	93	Ereto	Leve	Verde	Glabra	Fraca	Pendente	Dentada	Sino	Verde
13	CFR	10	76	85	107	Compacto	Intenso	Verde	Glabra	Fraca	Pendente	Lisa	Redondo	Verde
14	CCH	10	70	82	93	Compacto	Média	Víam	Glabra	Forte	Pendente	Dentada	Cônico	Verde
15	CCH	8	70	82	93	Ereto	Leve	Verde	Abundante	Forte	Pendente	Intermediária	Alongado	V. claro
16	CCH	10	70	74	85	Ereto	Média	Vírex	Glabra	Fraca	Pendente	Dentada	Abobo	Verde
17	CCH	8	70	82	107	Ereto	Intenso	Roxo	Glabra	Forte	Pendente	Intermediária	Redondo	Verde
18	CCH	13	70	82	93	Prostrado	Intenso	Roxo	Glabra	Forte	Pendente	Dentada	Sino	Roxa
19	CBA	13	70	82	93	Ereto	Leve	Verde	Intermediária	Forte	Pendente	Dentada	Cônico	Amarelo
20	CCH	13	70	74	85	Prostrado	Média	Verde	Abundante	Forte	Pendente	Intermediária	Cônico	Verde

ETN = Etnovarietades, CCH = *Capsicum chinense*, CAN = *Capsicum annuum*, CFR = *Capsicum frutescens*, CBA = *Capsicum baccatum*; Víam – Vermelho amarelado, V. claro – Verde claro, Vírex – Vermelho arroxeado.



Figura 1. Fenótipos de frutos de pimentas: 1A (pimenta murupi); 1B (Pimenta de cheiro) e 1C (Pimenta malagueta).

O período de emergência variou de oito a treze dias, com maior concentração (45%) entre dez e treze dias. O período para florescimento oscilou de 70 a 93 dias, com maior ocorrência (55%) aos 70 dias. A maturação dos frutos ocorreu aos 85 dias para as etnovarietades mais precoces e aos 107 dias para as mais tardias (Tabela 2). Estas observações se aproximam daquelas feitas por Inoue & Reifschneider (1989) quando apresentaram resultados da caracterização de populações de *Capsicum* pertencentes à coleção de germoplasma do Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças, EMBRAPA, Brasília.

Entre as 20 ETNs, 45% apresentaram o hábito de crescimento ereto, 33,3% tipo de ramificação mediana e intensa, 70% cor do caule verde, 70% pubescência do caule glabro, 95% posição do pedúnculo pendente, 60% posição do fruto pendente, 50% cálice intermediário e 65% da cor do internódio verde. As características dos frutos apresentaram grande variação fenotípica na forma, cor e tamanho, sendo que 60% das ETNs produziram frutos maduros de cor vermelha (Tabela 2).

As análises de variância sobre os caracteres quantitativos avaliados nas ETNs de *Capsicum* detectaram diferenças significativas entre todos. As características da parte vegetativa mostraram que essas espécies com nove meses de idade, nas condições em que foram cultivadas variaram em altura de 24,3 cm a 60,6 cm, em diâmetro do caule de 5,4 cm a 9,6 cm e em largura da copa, de 64,8 a 106,5 cm (Tabela 3).

Um fato interessante detectado na relação entre o tamanho e o número de sementes contidas nos frutos é que não existe proporcionalidade aparente. Era de se esperar que os maiores frutos contivessem maior número de sementes, mas nem sempre isso acontece. Pode ser que exista uma incompatibilidade no sistema reprodutivo de algumas espécies. Essa informação é muito importante para os melhoristas de plantas, porque estes podem, em função dessa observação, organizar os seus programas de melhoramento para essas espécies.

**Tabela 3.** Valores médios de caracteres dimensionais e da produtividade de quatro espécies do gênero *Capsicum* identificadas em etnovarietades de pimentas e pimentões da Amazônia. INPA, Manaus, AM, 2001/2002.

ETN/ Espécie <sup>2</sup>	Altura da planta (cm)	Diâmetro do colo (mm)	Comprimento da folha (cm)	Largura da folha (cm)	Largura da copa (m)	Largura do fruto (cm)	Comprimento do fruto (cm)	Nº de sementes por fruto	Número de frutos por planta	Peso médio dos frutos (g)	Peso total dos frutos (g)
1. CCH	38,3 efg	7,7 bcd	8,6 e	4,2 fg	98,0 b	1,5 gh	5,2 d	19 i	540 d	4,60 g	1408,70 a
2. CAN	26,8 k	7,5 bcde	5,9 ij	4,0 gh	95,2 e	0,7 k	2,0 j	2 p	1212 b	0,20 i	278,20 q
3. CAN	26,1 k	7,3 cdef	9,5 d	5,0 cd	92,6 fg	3,0 c	5,1 d	47 c	139 i	6,80 e	979,43 e
4. CAN	43,1 c	8,6 abc	12,5 a	5,7 b	68,5 o	1,8 f	4,1 f	23 jk	156 k	3,50 h	410,20 m
5. CCH	35,0 hi	7,8 bcd	11,7 b	6,5 a	69,7 n	2,5 g	5,2 d	16 m	189 i	6,10 f	848,13 h
6. CCH	31,5 j	9,6 a	11,9 ab	5,6 b	87,0 j	2,3 de	6,0 c	34 g	154 k	7,10 e	936,73 f
7. CCH	38,5 ef	6,7 defg	8,7 e	3,7 i	74,6 m	1,3 hi	4,5 e	11 no	556 c	1,70 j	759,73 i
8. CCH	39,3 de	9,0 ab	10,5 c	5,6 b	81,5 l	2,8 c	7,0 a	37 f	156 k	9,70 d	899,97 g
9. CAN	34,6 hi	6,9 defg	8,6 e	3,8 hi	91,4 h	1,1 ij	2,3 ij	25 j	476 f	1,50 jk	453,07 l
10. CFR	35,6 fghi	6,9 defg	7,6 g	4,8 de	92,5 g	0,9 jk	2,7 h	12 n	521 e	1,30 k	356,87 o
11. CFR	35,3 ghi	6,5 defg	10,9 c	4,7 e	89,6 i	0,8 k	2,7 h	22 k	409 h	0,50 l	182,67 r
12. CCH	38,6 ef	7,6 bcde	7,0 gh	6,5 a	104,6 b	2,1 e	2,8 h	41 e	554 c	2,70 i	1008,83 b
13. CFR	34,7 hi	5,6 g	5,6 j	5,3 c	92,3 gh	1,2 i	1,0 l	13 n	1226 a	0,50 l	478,20 k
14. CCH	33,7 ij	7,5 bcde	10,5 c	5,8 b	92,6 fg	3,5 b	4,3 ef	28 i	8 o	11,60 c	72,77 s
15. CCH	42,3 cd	6,3 defg	7,8 fg	3,8 hi	93,6 f	0,9 jk	2,1 j	9 0	97 m	0,40 l	41,33 t
16. CCH	24,4 k	5,7 fg	6,6 hi	6,4 a	84,8 k	3,8 a	3,2 g	42 de	42 n	14,20 b	516,17 j
17. CCH	55,2 b	6,5 defg	7,6 g	4,8 de	106,5 a	1,7 fg	1,5 k	44 cd	432 g	3,50 h	1287,00 b
18. CCH	35,3 ghi	6,6 defg	8,6 e	4,4 f	83,8 k	3,5 b	3,3 g	49 b	197 i	9,40 d	1189,40 c
19. CBA	37,3 efigh	5,9 efg	6,5 hi	3,6 i	99,5 c	3,4 b	6,6 b	94 a	37 n	17,70 a	346,00 p
20. CCH	60,6 a	5,4 g	8,6 ef	4,2 fg	64,8 p	1,5 gh	2,5 hi	31 h	167 j	2,50 i	373,93 n

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup>ETN = Etnovarietade. CCH = *Capsicum chinense*, CAN = *Capsicum annuum*, CFR = *Capsicum frutescens*, CBA = *Capsicum baccatum*.

Os frutos maiores e mais pesados foram encontrados nas espécies *C. baccatum* e *C. chinense*, com 17,70 g e 14,20 g, respectivamente. O maior número de frutos por planta (1226,3) foi detectado em ETNs da espécie *C. frutescens*, indicando que quanto menor é o tamanho do fruto, maior será a quantidade de frutos produzida por uma pimenteira. Esta tendência também é observada em plantas de cubiu (*Solanum sessiliflorum*) nativas da Amazônia, onde foi demonstrado que quanto menor é o tamanho dos frutos, mais elevado é o número de frutos por planta (Silva Filho, 2002).

Entre as espécies identificadas, pôde-se observar ETNs com uma grande diversidade no tamanho, formas e sabores dos frutos. Na figura 1 são apresentados os três tipos mais comercializados na Amazônia. Com a base genética encontrada nestas ETNs será possível a curto e médio prazo, a seleção de genótipos para o consumo *in natura*, ou para o processamento de conservas, molhos, condimento, ou ainda no uso na medicina tradicional. Martin et al. (1979) relatam o uso de pimentas pungentes como fitoterápico, pela sociedade Asteca, no México.

Em Manaus, já existe algumas pessoas comercializando plantas de pimentas picantes de várias formas. Plantas cultivadas em pequenos vasos para uso sobre a mesa os frutos são consumidos *in natura*, no momento das refeições. Em forma de molhos, no tucupi (líquido da polpa da mandioca prensada), em recipientes (de plástico ou vidros) transparentes com frutos de várias formas e cores, que dão um colorido muito atraente e com arubé (molho de cor laranja clara, feito com a polpa da mandioca). Desta forma, observa-se que a variação fenotípica dos frutos das pimenteiras regionais tem contribuído para o melhor aproveitamento dessas espécies, com agregação de valores e a promoção de oportunidades alternativas para geração de renda aos agricultores familiares do estado do Amazonas.

## CONCLUSÕES

Dentre vinte etnovarietades avaliadas foram identificadas quatro espécies diferentes: doze *Capsicum chinense*, quatro *C. annuum*, três *C. frutescens* e uma *C. baccatum*. Entre as espécies identificadas, as etnovarietades apresentaram destacada variação na forma, tamanho, cor, sabor, número e massa dos frutos. Isto quer dizer que em curto e médio prazo, uma seleção dentro desse material genético permitirá a obtenção de progênies para produzir frutos para o consumo *in natura* e de vários produtos industrializados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcazar, J.E. 1981. *Genetic Resources of Tomatoes and Wild Relatives*. Roma: Longman. 121p.
- Barroso, G.M.; Amorim, M.P.; Peixoto, A.L.; Ichaso, C.L.F. 1999. *Frutos e sementes. Morfologia aplicada à Sistemática de Dicotiledôneas*. Ed. UFV, Universidade Federal de Viçosas. 443p.
- Casali, V.W.D.; Couto, F.A.A. 1984. Origem e botânica de *Capsicum*. *In-forme Agropecuário*. Belo Horizonte, 10(113):8.
- Clement, C.R. 1989. A center of crop genetic diversity in Western Amazonia. *Bioscience*, 39:624-631.
- EMBRAPA. 1982. *Boletim Agrometeorológico*. EMBRAPA/UEPAE, 22p.
- Ferri, M.G.; Menezes, N.L.; Monteiro, W.R. 1981. *Glossário ilustrado de Botânica*. São Paulo: Nobel. 197p.
- Hickey, L.J. 1973. Classification of the Architecture of Dicotyledonous leaves. Division of Paleobotany, Smithsonian, Washington, DC. *American Journal of Botany*, 60(1):17-33.
- Inoue, A.K.; Reifschneider, F.J.B. 1989. Caracterização da coleção de germoplasma de *Capsicum* do CNPq. *Horticultura brasileira*, 7(1):10-18.
- Khatounian, C. A. 1997. A sustentabilidade e o cultivo de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, 15:199-205.
- Lawrence, G.H.M. 1970. *Taxonomy of Vascular Plants*. New York: The Macmillan. 823p.
- Martin, F.D.; Santiago, J.; Cook, A.A. 1979. The peppers, *Capsicum* species. *Agricultural Research*. 16:200-218.
- Martins, P.S. 2001. Dinâmica Evolutiva em roças de caboclos amazônicos. In: Vieira, I.C.G.; Silva, J.M.C.; Oren, D.; Incao, M.A. Diversidade Biológica da Amazônia. Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém. p. 370-384.
- Noda, H.; Noda, S.N. 2004. Conservação e melhoramento *in situ*: Contribuindo para a preservação do conhecimento tradicional. *Horticultura Brasileira*, 22(2):13-18.
- Noda, H. 2009. Melhoramento genético e conservação *in situ* de espécies hortícolas amazônicas. In: Domesticação e melhoramento de espécies

amazônicas. (Ed.) Borém, A.; Gomes Lopes, M.T. e Clement, C.R. Viçosa, MG. p. 189-205.

Payne, W.W. 1978. A Glossary of Plant Hair Terminology. *Brittonia*, 30(2):239-255.

Radford, A.E. 1986. *Fundamentals of Plant Systematics*. Harper & Row, Publishers, Inc. 498p.

Silva Filho, D.F. 2002. Discriminação de etnovariedades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal, Solanaceae) da Amazônia, com base em suas características morfológicas e químicas. INPA/UFAM: Manaus, PE. Tese de Doutorado. 117p.

Silva Filho, D.F. 2009. *Domesticação e melhoramento de hortaliças amazônicas*. In: *Domesticação e melhoramento de espécies amazônicas*. (Ed.) Borém, A.; Gomes Lopes, M.T. e Clement, C.R. Viçosa, MG. p. 460-486.

Stern, W.T. 1992. *Botanical Latin. History, Grammar, Syntax, Terminology and Vocabulary*. Ed. Hafner Publ. Comp. New York. 223p.



# CARACTERIZAÇÃO DE POPULAÇÕES DE *Ralstonia solanacearum* NO ESTADO DO AMAZONAS

Bernard BOHER<sup>1</sup>, Rosalee Albuquerque COELHO NETTO<sup>2</sup>, Hiroshi NODA<sup>2</sup>

## Palavras chave:

Murcha bacteriana, Variabilidade,  
*Pseudomonas solanacearum*, Solanaceae

## INTRODUÇÃO

A caracterização da estrutura genética e a avaliação da patogenicidade das populações de fitopatógenos em um agroecossistema, assim como o estudo da dinâmica dessas populações, são indispensáveis para o manejo das doenças de plantas. *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) Yabuuchi et al., 1995 (Yabuuchi et al., 1995), agente causal de murcha bacteriana em inúmeras espécies hospedeiras, representa uma séria ameaça para diversas culturas da região amazônica. A grande variabilidade deste agente patogênico e sua aptidão para sobreviver no solo ou na rizosfera de suas hospedeiras e de outras espécies vegetais, comprometem a resistência obtida em espécies importantes como o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.).

O conhecimento das características genéticas e patogênicas de populações de *R. solanacearum* pode facilitar a definição de métodos para seleção de linhagens e a incorporação de caracteres poligênicos para resistência à murcha, em espécies hortícolas. Esses conhecimentos podem também auxiliar na definição de protocolos de manejo da murcha bacteriana compa-

1 Pesquisador aposentado do Institut de Recherche pour le Développement – IRD UR 075, Résistance des Plantes, Centre IRD, B.P. 5045, 34 032 Montpellier, France;

2 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação em Sociedade, Ambiente e Saúde, C.P. 2223, 69011-670, Manaus, AM. E-mail: rcoelho@inpa.gov.br.

tíveis com a tecnologia adotada pelo agricultor da Amazônia, contribuindo para a redução do impacto dessa doença na região.

*Ralstonia solanacearum* possui mais de 200 espécies hospedeiras e a murcha bacteriana é um fator limitante na produção de numerosas culturas (Hayward, 1994). Fenotipicamente, a espécie é dividida em cinco raças com base na reação sobre uma gama de hospedeiras e em cinco biovars, de acordo com propriedades bioquímicas (Hayward, 1991). Não há, entretanto, uma relação perfeita entre a diferenciação de raças e a classificação em biovars (Buddenhagen & Kelman, 1964). Numa mesma raça têm sido agrupados isolados de diferentes fenótipos, de distintos genótipos e filogenia (Hayward, 1994). Mais recentemente os isolados de *R. solanacearum* tem sido classificados em filotipos (agrupamentos filogenéticos) com base nas sequências da região ITS (*internal transcribed spacer*), e dos genes *hrpB* (ativador transcricional) e *egl* (endoglucanase) (Fegan & Prior, 2005). Esses filotipos, por sua vez são divididos em 51 seqevares (sequências variantes) com base no sequenciamento parcial do gene *egl* (Fegan & Prior, 2005). Os isolados são ainda divididos em clones utilizando MLSA (*multilocus sequence analysis*) (Wicker et al., 2011). A raça 1, que apresenta a maior diversidade de hospedeiras, é patogênica a espécies da família Solanaceae. A infecção das plantas ocorre através de ferimentos nas raízes e a colonização do sistema vascular da planta, dificulta a circulação da água, causando o murchamento.

No manejo da murcha bacteriana são utilizadas conjuntamente a resistência genética e práticas culturais que visam reduzir o inóculo no solo (Hartman & Elphinstone, 1994). A grande variabilidade detectada nos isolados da raça 1 de *R. solanacearum* e a presença de numerosas hospedeiras naturais na zona intertropical, asseguram a sobrevivência de altas populações do inóculo e dificultam a manutenção de uma resistência estável na hospedeira.

A variabilidade genética de *R. solanacearum* foi estudada em escala mundial e regional por diversos autores (Cook & Sequeira, 1994; Gillings & Fahy, 1994; Jaunet & Wang, 1999; Cellier & Prior, 2010; Ramsubhag et al., 2012).

Na Amazônia, praticamente não se tinham informações sobre as características das populações de *Ralstonia solanacearum* existentes. Esses conhecimentos são indispensáveis para o sucesso do manejo integrado da murcha bacteriana na região. Este trabalho teve como objetivo caracterizar populações de *Ralstonia solanacearum* no Estado do Amazonas.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

### a) Locais de coleta

Nos municípios de Anamã, Atalaia do Norte, Autazes, Boca do Acre, Barreirinha, Carauari, Coari, Eirunepé, Humaitá, Iranduba, Jandira, Itacoatiara, Manacapuru, Manaus, Manicoré, Nhamundá, Novo Airão, Parintins, Rio Preto da Eva, São Gabriel da Cachoeira, Tabatinga e Tefé (Figura 1) foram coletadas plantas de diversas espécies, principalmente solanáceas e bananeiras (*Musa* sp.) apresentando sintomas de murcha, que pudessem ser causados por *R. solanacearum*. Em Manaus, na Estação Exerimental Alejo van der Pahlen, km 14 da rodovia Manaus-Itacoatiara, em ambiente de terra firme, e em Iranduba, na Estação Experimental do Ariaú, em ambiente de várzea, foram coletados tomateiros com sintoma de murcha, plantados em área utilizada há vários anos, para avaliação de cultivares dessa espécie. Nas estações experimentais, as plantas coletadas foram provenientes de três ensaios idênticos, instalados em 1998 e 2000, constituídos de 200 tomateiros da cultivar sensível Santa Cruz Kada e 200 da cultivar resistente Yoshimatsu, plantados em posições alternadas. Coletas de tomateiros com sintomas de murcha também foram feitas em experimentos de avaliação de cultivares, em 1999 e 2000, na estação Alejo van der Pahlen.

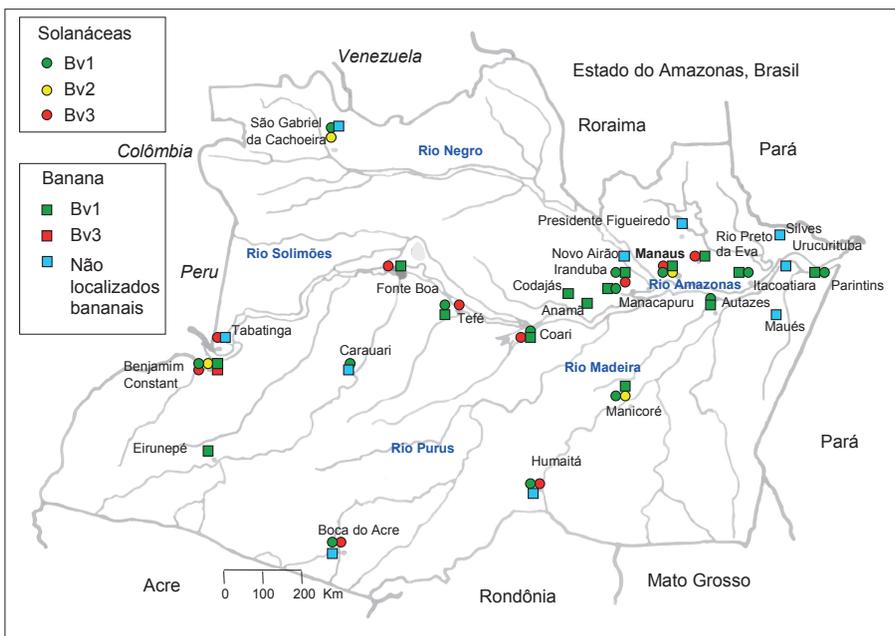


Figura 1. Biovars e hospedeiras de *Ralstonia solanacearum* identificados em municípios do Estado do Amazonas no período de 1998 a 2000.

## b) Isolamento e caracterização bioquímica das estirpes de *Ralstonia solanacearum*

O isolamento de *R. solanacearum* foi feito a partir de tecido vascular descolorido do caule das plantas com sintomas de murcha. No caso de bananeiras, o patógeno foi isolado principalmente do pseudocaulo. Para o isolamento foi utilizado meio diferencial (Kelman, 1954) e cada estirpe isolada foi submetida a uma caracterização parcial por meio dos testes de atividade de oxidase, hidrólise do amido, atividade de esterase, redução de nitratos, lise da parede celular em hidróxido de potássio, crescimento em meio contendo 2% de cloreto de sódio, hipersensibilidade em folha de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) (Fahy & Persley, 1983) e teste de patogenicidade em tomateiro. As estirpes de *R. solanacearum* foram armazenadas sob forma de suspensão de células em 3,5 mL de água destilada em tubos de 5 mL, fechados com tampa de borracha.

O teste para determinação da biovar foi realizado em tubos de micro-centrífuga Eppendorf®, com capacidade de 1,5 mL, contendo 1,0 mL de meio básico com as fontes de carbono (Sigma®) lactose, maltose, celobiose, trealose, manitol, dulcitol e sorbitol (Hayward, 1976).

## c) Caracterização da raça e patogenicidade

Testes de patogenicidade foram realizados em batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Mona lisa, berinjela (*Solanum melongena* L.), cv Embu, pimentão (*Capsicum annuum* L.), cv. Yolo Wonder e tomateiro cv. Santa Cruz Kada inoculando-se as plantas por meio de ferimento do caule com alfinete entomológico, sob uma gota de suspensão bacteriana ( $10^8$  UFC/mL) depositada na axila da segunda folha completamente desenvolvida. Foram utilizadas para cada teste 15 plantas com um mês de idade, em vasos de 500 mL, contendo solo e composto vegetal esterilizado (3:1), mantida em casa de vegetação (25°C-38°C). No teste de patogenicidade em bananeiras cv. Prata, mudas produzidas por cultura de tecido foram inoculadas, aos dois meses de idade, injetando-se, com seringa e agulha, 0,5 mL de suspensão bacteriana ( $10^8$  UFC/mL), no pseudocaulo, perto da superfície do solo. Os sintomas foram avaliados aos quatro, sete e 15 dias após inoculação.

## VARIABILIDADE DAS POPULAÇÕES DE *R. solanacearum* NO ESTADO DO AMAZONAS

Os sintomas de murcha causados por *R. solanacearum* foram encontrados em quase todos os municípios visitados tanto em hortaliças da

família Solanaceae como em bananeira (Figura 1). Solanáceas infectadas com *R. solanacearum* não foram localizadas nos municípios de Anamá e Eirunepé, principalmente pela não localização de cultivos de plantas sensíveis, particularmente o tomateiro. Em bananeira, a murcha bacteriana não foi encontrada em Boca do Acre, Carauari, Humaitá e São Gabriel da Cachoeira.

Tratando-se do tomateiro foi, muitas vezes, difícil encontrar amostras dessa planta e os cultivos estavam geralmente abandonados, principalmente nas áreas de várzea, por causa da forte incidência da murcha bacteriana. A utilização de cultivares sensíveis do grupo Santa Cruz levava, geralmente, a perda total da safra nas áreas onde já tinham sido cultivadas hospedeiras de *R. solanacearum*. Nas áreas recém-desmatadas, a perda chegava a 30% da produção, desde o primeiro plantio.

As variedades de pimentão encontradas frequentemente em cultivo protegido, Casca Dura e Magali, não apresentaram elevada incidência da doença ocorrendo perdas na faixa de 5-10%. A pimenteira-de-cheiro (*Cap-sicum chinense* Jacq.) assim como as pimenteiras murupi (*C. chinense* Jacq.) e malagueta (*C. frutescens* L.) apresentavam sintomas frequente de murcha. No entanto, *R. solanacearum* foi poucas vezes encontrada como agente causal, sendo outros patógenos de solo responsáveis pelos sintomas. A berinjela (*Solanum melongena* L.) apesar de pouco cultivada no Estado, apresentou alta incidência de murcha bacteriana que chegava a causar morte de mais de um terço das plantas dos cultivos. Plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.), conhecidas por serem hospedeiras de *R. solanacearum* e cultivadas com frequência no Estado do Amazonas, só foram encontradas infectadas por *R. solanacearum* em São Gabriel de Cachoeira.

A moringa (*Moringa oleifera* Koenigii), foi encontrada parasitada por *R. solanacearum* em um plantio experimental em Manaus (Coelho Netto et al., 2000). A murcha das plantas invasoras *Solanum nigrum* L. (Solanaceae) e *Melanthera discoidea* Blake (Asteraceae) foi observada várias vezes e *R. solanacearum* isolado das mesmas (Coelho Netto et al., 2001).

A incidência da murcha bacteriana em bananeiras, também conhecida como Moko da bananeira, mostrou-se elevada em quase todas as áreas de várzea visitadas, sendo essa doença, um dos maiores fatores de perdas para o cultivo. Nas áreas de terra firme, a contaminação pelo patógeno foi menor, no entanto, o uso de mudas contaminadas provenientes da várzea, levava a ocorrência de perdas consideráveis em alguns plantios novos de terra firme.

A *Heliconia* spp., só foi encontrada com sintomas de murcha bacteriana em Manaus. Plantas de várias espécies de *Heliconia* observadas na mata virgem não mostravam sintomas de murcha.

#### VARIABILIDADE DAS POPULAÇÕES DE *Ralstonia solanacearum*

A partir das estirpes isoladas de várias hospedeiras nos diversos municípios foi organizada uma coleção de 321 isolados (Tabela 1). Foram identificados três biovars: 1, N2 e 3 em tomateiro. Em pimentão, pimenta-de-cheiro e *Melanthera discoidea* foram obtidos as biovars 1 e 3. Em berinjela, jiló (*Solanum gilo* Raddi L.), pepino e moringa foram obtidas estirpes da biovar 1. A biovar N2, também denominada biovar 2 tropical (Gillings & Fahy, 1994). Foi isolado de tomateiro em três municípios (Benjamim Constant, Manicoré e Manaus) e de jiló em São Gabriel da Cachoeira. Em três dessas localidades (Manicoré, Manaus e São Gabriel da Cachoeira), o cultivo era o primeiro, após a retirada da floresta.

Em tomateiro, a biovar mais frequentemente encontrado foi o 1. Considerando todas as hospedeiras, a biovar N2 foi encontrado muito raramente no Estado. Em pimentão e pimenta-de-cheiro foram encontrados as biovars 1 e 3, sendo, a biovar 3, mais frequente.

De bananeiras apresentando sintoma de Moko, foi isolado a biovar 1, exceto no caso de amostras de Benjamim Constant e de Presidente Figueiredo, de onde foi isolado a biovar 3. Em *Melanthera discoidea*, encontrada com sintomas de murcha em Iranduba, Coari e Humaitá, a biovar 3 foi isolado de uma planta em Iranduba e, nas demais plantas, isolou-se apenas estirpes da biovar 1.

As estirpes isoladas de plantas da família Solanaceae, de *Melanthera discoidea* e de moringa, inoculadas por meio de ferimento do caule, mostraram-se muito agressivas em plantas de tomate, pimentão, batata e berinjela e não causaram murcha em bananeiras, podendo ser classificadas como pertencentes à raça 1. Os isolados da biovar 1, provenientes de bananeira e de *Heliconia* spp., provocaram, em geral, murcha em bananeiras e mostraram níveis de agressividade variáveis em solanáceas, podendo ser classificadas como pertencentes a raça 2. Os isolados da biovar 3, encontrados em bananeira, não foram patogênicos para essa hospedeira sendo, no entanto, patogênicos a tomateiros.

**Tabela 1.** Número de isolados (NI) e biovares de *Ralstonia solanacearum* por hospedeira, obtidos em levantamento no estado do Amazonas.

Hospedeira	Família	NI	Biovares		
			1	N2	3
Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> )	Solanaceae	107	60	24	23
Pimentão ( <i>Capsicum annuum</i> L.)	Solanaceae	41	18	-	23
Pimenta-de-cheiro ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.)	Solanaceae	8	1	-	7
Pimenta malagueta ( <i>Capsicum frutescens</i> L.)	Solanaceae	2	-	-	2
Jiló ( <i>Solanum gilo</i> Raddi)	Solanaceae	4	3	1	-
Berinjela ( <i>Solanum melongena</i> L.)	Solanaceae	12	12	-	-
Chumbinho ( <i>Solanum nigrum</i> L.)	Solanaceae	3	-	-	3
Banana ( <i>Musa</i> sp.)	Musaceae	88	86		2
Helicônia ( <i>Heliconia</i> sp.)	Heliconiaceae	4	4	-	-
Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.)	Cucurbitaceae	4	4	-	-
Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> Koenigii)	Moringaceae	8	8	-	-
Melanthera ( <i>Melanthera discoidea</i> Blake)	Asteraceae	16	15	-	1
Não identificada	Asteraceae	3	3	-	-
<b>Total</b>		<b>321</b>	<b>235</b>	<b>25</b>	<b>61</b>

A partir dos tomateiros das áreas experimentais foram isoladas e caracterizadas 267 estirpes, 91 provenientes da Estação do Ariaú, 1998, 102 da Estação Alejo van der Pahlen, 1998, e 74 do Ariaú, 2000 (Tabela 2). As biovares 1 e 3 do patógeno foram encontrados nos três ensaios. No entanto, a proporção entre as biovares variou dependendo do lugar e do ano do ensaio. Na várzea, a biovar 3 predominou em 1998 (62,6%/37,4%), tendo sido a biovar 1 identificado com maior frequência (80,4%/19,6%) em área de terra firme nesse mesmo ano e em área de várzea no ano 2000 (87,8%/12,2%). Não foi observada uma relação entre a biovar isolada e as características de resistência da cultivar hospedeira (Tabela 3).

**Tabela 2.** Frequência de isolados de *Ralstonia solanacearum* pertencentes às biovars 1 e 3 provenientes de áreas de várzea e de terra firme, obtidos de cultivares sensível, Santa Cruz Kada, ou resistente, Yoshimatsu, no estado do Amazonas em 1998 e 2000.

Isolados	Frequência			Total
	1998		2000	
	Várzea	Terra Firme	Várzea	
Bv 1	34 (37,4%)	82 (80,4%)	65 (87,8%)	181 (67,8%)
Bv 3	57 (62,6%)	20 (19,6%)	9 (12,2%)	86 (32,2%)
<b>Total</b>	<b>91 (100%)</b>	<b>102 (100%)</b>	<b>74 (100%)</b>	<b>267 (100%)</b>

**Tabela 3.** Percentagem de isolados das biovars 1 e 3 de *Ralstonia solanacearum* provenientes de tomateiro sensível (cv. Santa Cruz Kada) e resistente (cv. Yoshimatsu), em várzea e em terra firme no Estado do Amazonas, em 1998.

Biovars	Várzea		Terra Firme	
	Suscetível	Resistente	Suscetível	Resistente
1	33,3	37,8	71,0	83,3
3	66,7	62,2	24,0	16,7

O mapeamento das duas biovars revelou uma distribuição espacial homogênea dos mesmos nas parcelas. Foi constatado, porém raramente, a presença simultânea de duas biovars (1 e 3), em uma mesma planta.

No ensaio de avaliação de genótipos de tomateiros em parcelas com dez plantas e quatro repetições, conduzido na estação Alejo van der Pahlen em ambiente de terra firme, em 1999, obtiveram-se 277 isolados de *R. solanacearum*. A presença das biovars 1 e 3 foi observada, sendo 96,5% dos isolados pertencentes a biovar 1. A partir das plantas murchando do mesmo tipo de ensaio conduzido em ambiente de várzea (Estação Experimental do Ariáú) em 1999, foram isoladas 49 estirpes, 48 sendo da biovar 1 e uma da biovar 3.

## INOCULAÇÃO DE PLANTAS HOSPEDEIRAS

Estirpes provenientes de várias hospedeiras foram inoculadas em plantas de tomate, pimentão, berinjela, batata e em bananeira. Na maioria dos casos, foi observada, após inoculação com estirpes isoladas de solanáceas

ou de plantas invasoras, uma murcha rápida das plantas, das quatro hospedeiras da família Solanaceae, sendo o pimentão frequentemente menos atacado do que as três outras hospedeiras dessa família. As bananeiras, inoculada aos dois meses de idade, por estirpes isoladas de Solanáceas ou de plantas daninhas, por meio de injeção no pseudocaulo, não apresentaram sintomas de murcha. No entanto, estirpes obtidas de bananeira provocaram sintomas, de intensidade variável, em hospedeiras da família Solanaceae e em mudas de bananeira cv. Prata. Algumas estirpes isoladas de bananeira, no entanto, apesar de apresentar todas as características da espécie, não foram patogênicas a essa hospedeira.

### ***Ralstonia solanacearum*, AGENTE DO MOKO DA BANANEIRA**

Oitenta e sete estirpes isoladas de tecidos de bananeira e quatro de tecidos de *Heliconia* spp., foram caracterizadas e mantidas em coleção. Todas essas estirpes exibiram características da biovar 1 exceto cinco que foram classificadas como biovar 3. As estirpes da biovar 1 obtidas de bananeira, se distinguiram das obtidas de solanáceas, pelo aspecto das colônias. As primeiras eram menores, com 1 a 1,5 mm de diâmetro após 48 h de cultivo em meio diferencial de Kelman (Kelman, 1954) a 28°C. As colônias dos isolados obtidos de solanáceas apresentavam 3 a 4 mm de diâmetro, cultivadas nas mesmas condições. As colônias provenientes de bananeiras eram, na maioria, de coloração uniformemente branca enquanto que as colônias provenientes de solanáceas apresentavam frequentemente, um centro vermelho.

As estirpes de *R. solanacearum* isoladas de bananeira não acidificaram o meio contendo trealose, com única fonte de carbono, enquanto que os isolados de solanáceas utilizaram essa fonte de carbono. Sessenta e cinco estirpes obtidas de bananeiras foram inoculadas em pseudocaulo de mudas dessa espécie, com dois meses de idade. Quarenta e seis dessas estirpes provocaram a morte das seis plantas inoculadas e 11 causaram murcha parcial das plantas. Os isolados da biovar 3 inoculados, não provocaram sintomas de doença.

A biovar N2 foi encontrada raramente no Estado e, principalmente, em tomateiros. O fato de essa biovar ter sido observada infestando plantios de tomateiros instalados em áreas recém-desmatadas indica que essa biovar é um habitante natural da floresta. Nada se sabe sobre as hospedeiras naturais dessa biovar. No entanto, por não ter se espalhado nos cultivos de hortaliças do Estado, a biovar N2 pode ser considerada como menos adaptada às áreas

de cultivo do que as biovars 1 e 3. Devido ao tipo de coleta realizada não se pode tirar conclusões estatísticas sobre a predominância das biovars 1 ou 3. No entanto, a biovar 1 foi encontrada em todos os municípios onde a murcha bacteriana estava presente o que não foi o caso da biovar 3 que exibiu uma distribuição menos homogênea. Outra constatação é a de que a biovar 3 é mais frequentemente encontrada em pimenta-de-cheiro e pimentão do que em tomateiro, o inverso do que ocorre com a biovar 1. A análise das populações bacterianas nos ensaios em ambientes de terra firme e várzea ajudou a melhor compreender as interações entre essas duas biovars.

Foi observada, em tomateiro, em uma mesma área de várzea, uma mudança completa, com o tempo, da frequência entre as duas biovars. A biovar 3, dominante em 1998, tinha quase desaparecido em 2000. Essa dominância da biovar 3, em várzea, no ano 1998, contrastava com o pequeno número de estirpes da mesma biovar encontrado nos dois ensaios conduzidos em terra firme em 1998 e 1999. Essas constatações foram baseadas na análise de mais de quinhentas estirpes. A presença de um cultivo de pimentão, o ano precedente, no mesmo local onde foram isoladas as estirpes da biovar 3 sobre tomateiro poderia ser uma explicação para a alta frequência dessa biovar. Essa ocorrência pode ser explicada como uma seleção da biovar 3 feita pelo pimentão e que teria sido responsável do enriquecimento da população dessa biovar. Um resultado recente tende a confirmar essa hipótese. A partir de 17 plantas de pimentão apresentando o sintoma de murcha, em ensaio de terra firme, foram isolados unicamente estirpes da biovar 3, enquanto, nesse mesmo local, as populações de *R.solanacearum* atacando o tomateiro eram, mais de 90%, da biovar 1.

Os isolados da biovar 1 da bananeira podem ser distinguidos facilmente dos provenientes de hortaliças tanto bioquimicamente quanto pela agressividade demonstrada após inoculação da bananeira. A morfologia das colônias desses isolados é semelhante à descrita como do tipo Amazon, por French & Sequeira (1970) e originária da Amazônia peruana. A observação da presença endêmica do Moko nas várzeas dos rios Solimões e Amazonas, que são prolongamentos dos rios Marañón e Ucayali no Peru, e a homogeneidade morfológica das estirpes, indica uma possível contaminação progressiva das várzeas dos rios brasileiros por estirpes originárias do Peru. Raras estirpes da biovar 3 foram isoladas dos tecidos de bananeiras e as inoculações não permitiu completar o postulado de Koch em bananeiras, apesar de essas estirpes terem sido patogênicas a tomateiros. Tratam-se, possivelmente, de estirpes nativas, parasitas habituais de outras hospedeiras, que teriam parasi-

tado bananeiras devido a condições ambientais favoráveis. A inoculação de três hospedeiras da família Solanaceae, com 35 estirpes das biovars 1 e 3, provenientes de tomateiro na região de Manaus, evidenciou grande variabilidade da virulência sobre cada um dessas hospedeiras. Diferenças bastante acentuada foram também observadas por Martins et al. (1988a) em isolados provenientes de tomateiro de 16 estados brasileiros ou por Lopes et al. (1994) que trabalharam com seis isolados das biovars 1 e 3. Ao contrário, Silveira et al. (1998), que analisaram a virulência de estirpes provenientes de tomateiros da região Agreste do Estado de Pernambuco, não encontraram variabilidade entre elas. Considerando-se a virulência das estirpes das biovars 1 e 3, grande variabilidade foi observada quando as plantas teste eram berinjela ou pimentão. Sendo a planta hospedeira o tomateiro cv. Yoshimatsu, as estirpes mais agressivas pertenciam, na maioria, a biovar 1. O fato de a resistência ser mais efetiva para a biovar 3 foi também observado por Martins et al. (1988) em estudos com a variedade de tomateiro Caraíba e por Lopes et al. (1994), após inoculação da cultivar Yoshimatsu. Essas observações, no entanto, contradizem o que ocorreu em ensaio de várzea onde predominava a biovar 3, em tomateiro Yoshimatsu, e onde se observou baixa resistência das plantas. Outros fatores, no entanto, poderiam explicar essa baixa, como por exemplo, o encharcamento temporário do solo ou o teor elevado em argila do tipo expansiva (2:1) nos solos de várzea que poderia ser responsável por ferimentos nas raízes durante as secas.

Em pimentão, as estirpes da biovar 3 foram, em geral, mais virulentas do que as estirpes da biovar 1. Esses dados, juntamente com a observação da predominância da biovar 3 nos isolados provenientes de pimentão em área onde dominava a biovar 1, e da maior sensibilidade do tomateiro a estirpes da biovar 1, indicam uma possível seleção dentro da população de *R. solanacearum*, devido a hospedeira plantado. O tomateiro seria responsável por um enriquecimento da população em estirpes da biovar 1 e o pimentão em estirpes da biovar 3.

Entre as estirpes das biovars 1, N2 e 3 inoculadas em tomateiro cv. Yoshimatsu, as estirpes da biovar 1 parecem ter mais capacidade de quebrar a resistência da cv. Yoshimatsu. No entanto, o fato do melhoramento do tomateiro no INPA ser conduzido em áreas de várzea e de terra firme colonizadas pelas biovars 1 e 3 apresenta uma boa garantia de confiabilidade. A ausência da biovar N2 nessas áreas poderia prejudicar essa confiabilidade, apesar dos conhecimentos obtidos sobre essa biovar indicarem que ele permanecerá raro, não precisando de medidas de manejo particulares.

## CONCLUSÕES

Existe uma diversidade elevada dentro das populações de *R. solanacearum* no Amazonas. As biovars 1, N2 e 3 podem infectar o tomateiro com elevados níveis de agressividade.

O isolamento de estirpes da biovar N2, em áreas recém deflorestadas indica que estirpes selvagens podem ser potencialmente importantes para cultivos. Os testes de patogenicidade indicaram a alta agressividade dessas estirpes e confirmaram a resistência da cultivar Yoshimatsu a biovar N2.

Com base na análise das populações de *R. solanacearum* infectando tomateiros resistentes e sensíveis em ambientes de terra firme e de várzea detectou-se uma grande diferença na razão biovar 1: biovar 3. A queda da resistência de tomateiros cv. Yoshimatsu em área de várzea, sendo, as estirpes da biovar 3 dominantes na várzea. No entanto, o nível de agressividade medido por meio de inoculações artificiais pode não corresponder a agressividade real observada em condições de várzea. São necessárias mais pesquisas para que se esclareça a importância de fatores como população de nematoides, temperatura do solo, teor de argila, encharcamento, entre outros na intensificação da doença.

A murcha bacteriana da bananeira ou Moko foi causada por estirpes da biovar 1 com características semelhantes às descritas por French & Sequeira (1970), no Peru. A maior contaminação das áreas de várzea do rio Solimões indica uma provável disseminação da doença através desse rio desde o Peru.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buddenhagen, I.W.; Kelman, A. 1964. Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology* 2: 203-230.

Cellier, G.; Prior, P. 2010, Deciphering Phenotypic Diversity of *Ralstonia solanacearum* Strains Pathogenic to Potato. *Phytopathology* 100(11): 1250-1261.

Coelho Neto, R.A.; Marengo, K.R.; Pereira, B.G.; Noda, H.; Boher, B. 2000. Ocorrência de murcha bacteriana em moringa (*Moringa oleifera* Koenigii) causada por *Ralstonia solanacearum*. *Fitopatologia Brasileira* 25: 321.

Coelho Netto, R.A.; Noda, H.; Boher, B. 2001. *Melanthera discoidea*: um novo hospedeiro de *Ralstonia solanacearum*. *Fitopatologia Brasileira*, 26(4): 781-781.

Cook, D.; Sequeira, L. 1994. Strain differentiation of *Pseudomonas solanacearum* by molecular genetic methods. In: Hayward, A.C.; Hartman, G.L. (Eds). *Bacterial Wilt: The disease and its causative agent, Pseudomonas solanacearum*. CAB International, Wallingford, UK, p. 77-93.

Fegan, M.; Prior, P. 2005. How complex is the “*Ralstonia solanacearum* species complex”, p. 449-461. In C. Allen, P. Prior, and A. C. Hayward (ed.), *Bacterial wilt disease and the Ralstonia solanacearum species complex*. APS Press, St Paul, MN.

French, E.R.; Sequeira, L. 1970. Strains of *Pseudomonas solanacearum* from Central and South America: a comparative study. *Phytopathology*, 60: 506-512.

Gillings, M.R.; Fahy, P. 1994. Genomic fingerprinting: towards a unified view of the *Pseudomonas solanacearum* species complex. In: Hayward, A.C.; Hartman, G.L. (Eds). *Bacterial Wilt: The disease and its causative agent, Pseudomonas solanacearum*. CAB International, Wallingford, UK. p. 95-112.

Hartman, G.L.; Elphinstone, J.G. 1994. Advances in the control of *Pseudomonas solanacearum* Race 1 in major food crops. In: Hayward, A.C.; Hartman, G.L., (Eds). *Bacterial Wilt: The Disease and its Causative Agent*, CAB International, Wallingford, p. 157-178.

Hayward, A.C. 1976. Technique for the study of *Pseudomonas solanacearum*. In: Sequeira, L.; Kelman, A. (Eds.). *Proceedings of the First International Planning Conference and Workshop on the Ecology and Control of Bacterial Wilt Caused by Pseudomonas solanacearum*, p. 137-142.

Hayward, A.C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology* 29: 65-87.

Hayward, A.C. 1994. The hosts of *Pseudomonas solanacearum*. In: Hayward, A.C.; Hartman, G.L. (Eds). *Bacterial Wilt: The disease and its causative agent, Pseudomonas solanacearum*. CAB International, Wallingford, UK, p. 9-24.

Jaunet, T.X.; Wang, J.F. 1999. Variation in genotype and aggressiveness of *Ralstonia solanacearum* Race 1 isolated from tomato in Taiwan. *Phytopathology*, 89:320-327.

- Kelman, A. 1954. The relationship of pathogenicity in *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance on a tetrazolium medium. *Phytopathology* 44, 693-695.
- Lopes, C.A.; Quezado-Soares, A.M.; Melo, P.E. 1994. Differential resistance of tomato cultigens to biovars I e III of *Pseudomonas solanacearum*. *Plant Disease* 78: 1091-1094.
- Martins, O.M.; Reifschneider, F.J.B.; Takatsu, A.; Pessoa, H.B.S.V. 1988. Fonte de resistência em tomateiro a *Pseudomonas solanacearum*. *Horticultura Brasileira*, 6 (2): 17-19.
- Martins, O.M.; Takatsu, A.; Reifschneider, F.J.B. 1988a. Virulência de biovars I e III de *Pseudomonas solanacearum* ao tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, 13: 249-252.
- Ramsubhag, A.; Lawrence, D.; Cassie, D.; Fraser, R.; Umaharan, P.; Prior, P.; Wicker, E. 2012. Wide genetic diversity of *Ralstonia solanacearum* strains affecting tomato in Trinidad, West Indies. *Plant Pathology* 61(5):844-857.
- Silveira, E.B.; Gomes, A.M.A.; Michereff, S.J.; Mariano, L.R. 1998. Variability of *Ralstonia solanacearum* populations causing wilt of tomato in Agreste of Pernambuco, Brazil. *Bacterial Wilt Newsletter*, 15, 8-10.
- Smith, J.J.; Offord, L.C.; Holderness, M.; Sadler, G. 1995. Genetic diversity of *Burkholderia solanacearum* (Synonym, *Pseudomonas solanacearum*) race 3 in Kenya. *Applied and Environmental Microbiology*. 61:4263-4268.
- Yabuuchi, E.; Kosako, Y.; Yano, I.; Hotta, H.; Nishiuchi, Y. 1995. Transfer of two *Burkholderia* and *Alkaligenes* species to *Ralstonia* gen. nov.: proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni and Doudoroff, 1973) comb. Nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1869) comb. nov. and *Ralstonia autropha* (Davis, 1969) comb. nov. *Microbiology and Immunology* 39: 897-904.
- Wicker E.; Lefeuvre P.; De Cambiaire J.C.; Lemaire C.; Poussier S.; Prior P. 2011. Contrasting recombination patterns and demographic histories of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* inferred from MLSA. *The ISME Journal*, 1-14.

# EFEITO DA CALAGEM E DO POTÁSSIO NO CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*) EM CAMBISSOLO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS NO SOLO E NA PLANTA

Marta Iria da Costa AYRES<sup>1</sup>, Sonia Sena ALFAIA<sup>1</sup>

## Palavras chave:

Fruticultura, Adubação Mineral, Cupuaçu, Nutrição Mineral de Plantas

## INTRODUÇÃO

O cultivo do cupuaçu tem se tornado uma prática de grande importância econômica e social na Amazônia. No entanto, a maioria dos solos, onde se tem estabelecido os plantios de cupuaçu na região, é de baixa fertilidade natural e a adubação, quando realizada, é feita de forma empírica, sendo poucos os estudos feitos neste sentido (Cravo e Souza, 1996). Embora os sistemas agroflorestais (SAF's) venham se destacando como uma das formas de agricultura sustentável mais adequada às condições edafo-climática da Amazônia, não existem estudos a respeito da sustentabilidade desses sistemas em longo prazo, assim como ainda são poucas as informações sobre o cultivo das principais espécies nativas da região. O cupuaçuzeiro tem sido bastante utilizado como um dos principais componentes dos SAFs implantados pelos agricultores familiares na região e nessas condições o mesmo apresenta um melhor desenvolvimento quando comparado ao plantio em monocultivo (Gasparotto et al., 1997).

O Projeto Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) é uma das experiências pioneiras de SAFs na Amazônia com bons resultados sociais e econômicos. Nos anos de 1988/1989, os produtores implantaram os

<sup>1</sup> Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: sonia@inpa.gov.br.

SAFs baseados no consórcio de três espécies nativas (cupuaçu, pupunha e castanha-do-Brasil) que inicialmente apresentaram alta produtividade, porém, após sete anos de implantação foi constatada uma queda na produtividade do sistema, principalmente na cultura do cupuaçuzeiro.

Alguns estudos têm demonstrado que o potássio é um dos nutrientes mais absorvidos pelo cupuaçuzeiro e também é o mais exportado pelos frutos (Venturieri, 1993; Cravo e Souza, 1996). Como os frutos do cupuaçuzeiro são ricos em K e sua produtividade é dependente dos teores de K no solo, provavelmente a reposição deste elemento deve ser necessária para manter o nível de fertilidade química no solo.

Apesar dos solos classificados como Cambissolos da Amazônia possuírem acidez elevada ainda, são poucas as informações a respeito de ensaios com calagem nesses solos e principalmente quase não há trabalhos visando detectar o efeito da calagem sobre a cultura do cupuaçuzeiro. Portanto, visando fornecer opções para um manejo adequado do solo para o cultivo do cupuaçu, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da calagem e da adubação potássica em alguns atributos químicos no solo e no estado nutricional das plantas de cupuaçuzeiro em plantios agroflorestais implantados em solos classificados como Cambissolos em área de agricultores familiares na Amazônia Ocidental.

## DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O trabalho foi conduzido em condições de campo, em três áreas de agricultores com plantios agroflorestais, localizadas em dois ramais do Projeto RECA, duas no ramal Cascalho e uma no ramal Baixa Verde, localizadas ao redor da cidade de Nova Califórnia, na divisa dos estados do Acre e de Rondônia, entre os paralelos 9°24'45"S e 9°54'54"S e os meridianos 65°27'28"W e 65°51'52"W, com clima tropical úmido chuvoso (Am, segundo a classificação de Köppen), temperatura média anual de 26°C e precipitação média de 2200 mm ano<sup>-1</sup> (Lopes, 1999). As três áreas apresentam solo classificado como Cambissolo (Alfaia et al., 2004) e são submetidas ao mesmo tipo de uso e manejo de solo.

Os sistemas agroflorestais foram implantados, no início de 1989, após o sistema tradicional de derruba e queima da floresta primária, sendo compostos basicamente por três espécies de fruteiras nativas da Amazônia: o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) a pupunheira (*Bactris gasipaes*) e a castanheira (*Bertholletia excelsa*), plantadas no espaçamento de 4 m x 7 m, com densidade de 357 plantas por hectare, sendo 255

plantas de cupuaçuzeiro, 51 de pupunheira e castanheira. Até o estabelecimento definitivo das plantas consorciadas, durante um período de 1,5 anos as entrelinhas foram cultivadas com culturas de ciclo curto: arroz, milho e feijão. Após o estabelecimento do plantio agroflorestral os agricultores passaram a utilizar a puerária (*Pueraria phaseoloides*) como planta de cobertura.

Os ensaios para obtenção deste trabalho foram estabelecidos somente em outubro de 2000, quando foi constatada queda na produtividade do cupuaçuzeiro. Esta frutífera é a cultura de maior interesse econômico para os produtores da região amazônica.

O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso com três repetições (cada propriedade constituiu uma repetição), em esquema fatorial 2 x 3, onde os fatores foram dois níveis de calagem (0 e 3 t ha<sup>-1</sup> de calcário) e três doses de potássio (0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), com 20 plantas úteis avaliadas por parcela, perfazendo um total de seis tratamentos.

Nas parcelas com calcário o mesmo foi aplicado na projeção da copa de todas as plantas dos plantios agroflorestais e incorporado com enxada, em dose equivalente a 1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário, em outubro de 2000, no início da época chuvosa. No ano de 2001 foi adicionada uma dose complementar equivalente a 0,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário e em novembro de 2002 o equivalente a 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário.

O adubo potássico foi aplicado, na forma de cloreto de potássio (KCl), no primeiro (dezembro de 2000) e terceiro ano (janeiro de 2003) do experimento, em dose única somente na projeção da copa das plantas de cupuaçu. Todas as plantas de cupuaçu de todas as parcelas do experimento receberam ainda uma adubação complementar de 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo (SFT) na mesma época e forma de aplicação do adubo potássico.

No final de duas safras de cupuaçu em (abril de 2001 e 2003 foram coletadas amostras de solo na projeção da copa das plantas avaliadas de cada parcela, nas profundidades de 0-20 (20 subamostras) e 20-40 cm (10 subamostras) que formaram as amostras compostas, para determinação dos seguintes atributos químicos: Ca, Mg, K, P, N total, C orgânico, Al e pH (Embrapa, 1997).

Foram também coletadas amostras foliares do cupuaçuzeiro ao longo dos quatro anos de condução do experimento (cinco folhas de cada planta útil), sendo estabelecido como padrão de referência a 3ª folha de lança-

mento recém-amadurecido, tomadas a partir do ápice do ramo da altura média, seguindo a mesma recomendação utilizada para o cacau (Malavolta et al., 1989). As concentrações Ca, Mg, K e P foram determinadas através de digestão nitro-perclórica e o N através de digestão sulfúrica (Sarruge e Haag, 1974).

A significação dos efeitos dos tratamentos foi determinada pela análise de variância (ANOVA) e as comparações entre as médias das variáveis avaliadas foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os valores médios de pH encontrados nos anos de 2001 e 2003 são considerados ácidos a moderadamente ácidos (Cochrane et al., 1984; Moreira et al., 2005), os resultados mostram que a calagem aumentou significativamente os valores de pH e reduziu significativamente a concentração de Al trocável no solo nas duas profundidades estudadas (Tabela 1). Outros trabalhos, em solos da Amazônia, cultivados com cupuaçu têm demonstrado esse mesmo tipo de resposta (Ayres e Alfaia, 2002; Alfaia e Ayres, 2004). No ano de 2003, com o aumento da dose para 3 t ha<sup>-1</sup> de calcário, a concentrações de Al trocável, na camada superficial do solo, foi reduzida a valores considerado baixos (< 0,5 cmol<sub>c</sub> dcm<sup>-3</sup>) de acordo com os critérios de Cochrane et al. (1984) e Moreira et al. (2005).

Segundo Melo (2003), estima-se que de 64% do Estado do Acre seja coberto por Luvisolos e Cambissolos que são de boa fertilidade natural, contudo podem estar associados a elevados e anormais teores de Al extraível em profundidade, os quais em alguns casos estão relacionados a diferenças de sedimentação natural do próprio material de origem. Os resultados desse estudo mostram a importância da calagem em solos com elevados teores de Al, como o Cambissolo avaliado e a neutralização do alumínio melhora a disponibilidade de outros cátions trocáveis na solução do solo.

No ano de 2001 os teores de K, nos tratamentos com a aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, foram significativamente superiores aos demais tratamentos (Tabela 1). De maneira geral, os teores médios de K na maioria das amostras analisadas, apresentaram valores situados abaixo do nível considerado crítico (< 0,15 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) segundo os critérios de Cochrane et al. (1984) e Moreira et al. (2005), somente no ano de 2003 e nos tratamentos com 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tanto na presença como na ausência da calagem, os valores de K na camada superficial, foram considerados como adequados.

Esses resultados estão de acordo com outros trabalhos realizados em solos da Amazônia cultivados com o cupuaçuzeiro (Alfaia et al., 1997; Alfaia e Ayres, 2004).

Um levantamento da fertilidade dos solos em diversos ramais do Projeto RECA mostrou que os SAFs também apresentaram teores de K extremamente baixos, abaixo dos níveis considerados mínimos para solos tropicais, o que pode ser explicado pela exportação desse nutriente via colheita e perdas por lixiviação (Alfaia et al., 2004). De acordo com Cravo & Souza (1996) a exportação do potássio com os frutos de cupuaçu gira em torno de 4.960 g t<sup>-1</sup>.

Não foi observada interação significativa entre a calagem e a aplicação do adubo potássico no solo. Apesar dos resultados da análise de solo no ano de 2003 sugerirem que com a dose final de 3 t ha<sup>-1</sup> de calcário houve um melhor aproveitamento do adubo potássico, pois os teores de K disponível no solo nos tratamentos com calagem foram significativamente mais elevados (Tabela 1).

A calagem aumentou significativamente os teores de Ca e Mg trocáveis no solo nas duas profundidades amostradas. Esses resultados estão de acordo com outros estudos (Ayres e Alfaia, 2002; Alfaia e Ayres, 2004). Os valores de Ca encontrados nesse estudo são considerados de baixos (< 0,4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) a médios (0,4 a 4,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) e para o Mg podem ser considerados: baixos, médios e altos de acordo com os critérios de Cochrane et al. (1984) e Moreira et al. (2005).

Os teores de Ca e Mg no Cambissolo estudado são bem mais elevados do que os encontrados na grande maioria dos Latossolos e Argissolos da Amazônia que geralmente são considerados baixos por serem solos mais profundos e muito intemperizado (Lima, 2002). Em um estudo avaliando três solos de uma toposequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Lima et al. (2006) encontrou em um Argissolo Amarelo Ta aluminico teores relativamente elevados de nutrientes, principalmente Ca e Mg. No entanto, no horizonte B deste solo, o teor de Al foi superior a 10 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> e a saturação por alumínio superior a 60%. Tais características são semelhantes as encontradas no Cambissolo avaliado, pois apesar de teores mais elevados de Ca e Mg também possuem elevado teores de Al trocáveis.

**Tabela 1.** Valores médios de pH em água, teores de alumínio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo no solo, após as safras de 2001 e 2003 de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em Cambissolo da Amazônia Ocidental, sob sistema agroflorestal.

K (kg ha <sup>-1</sup> )	pH				Alumínio				Potássio			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem
	(H <sub>2</sub> O) ————— cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> —————											
0	4,75	5,30	4,67	4,84	1,93 a	0,47	3,68	2,60	0,08 b	0,10 b	0,05	0,07
40	4,78	5,15	4,57	4,89	1,41 b	0,81	3,00	1,93	0,10 b	0,10 b	0,07	0,08
80	4,89	5,03	4,58	4,72	1,41 b	0,63	3,23	2,28	0,13 a	0,13 a	0,07	0,07
Média <sup>(1)</sup>	4,81 B	5,16 A	4,61 B	4,82 A	1,59 A	0,64 B	3,30 A	2,27 B	0,11	0,11	0,06	0,07
CV (%)	2,83		3,22		20,1		18,3		12,3		14,8	
	————— mg kg <sup>-1</sup> —————											
					2001							
	—————											
					2003							
0	4,74	5,34	4,61	4,93	1,70	0,15	3,00	2,34	0,11	0,13	0,08	0,11
40	4,80	5,25	4,62	4,79	0,99	0,27	2,76	1,69	0,11	0,14	0,09	0,11
80	4,73	5,49	4,52	4,73	1,58	0,32	2,86	1,66	0,16	0,17	0,11	0,11
Média <sup>(1)</sup>	4,76 B	5,36 A	4,58 B	4,81 A	1,42 A	0,25 B	2,87 A	1,89 B	0,12 B	0,14 A	0,09 B	0,11 A
CV (%)	4,9		3,3		41,4		27,3		10,6		12,2	
	————— mg kg <sup>-1</sup> —————											
					Magnésio				Fósforo			
	————— cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> —————											
					2001							
	—————											
0	1,40	2,71 a	0,45	0,98	0,61	1,03	0,37	0,55	2,88	3,90	1,21	1,14
40	1,52	2,25 ab	0,58	1,10	0,60	0,92	0,46	0,62	3,03	3,07	1,26	1,04
80	1,62	1,77 b	0,56	0,62	0,65	0,90	0,40	0,62	2,90	2,78	1,40	1,01
Média <sup>(1)</sup>	1,51 B	2,24 A	0,53 B	0,89 A	0,62 B	0,95 A	0,41 B	0,60 A	2,94	3,25	1,29	1,07
CV (%)	16,5		32,0		20,3		22,5		19,7		27,7	
	————— mg kg <sup>-1</sup> —————											
					2003							
0	1,19	2,26	0,46	0,91	0,45	1,21	0,19	0,48	4,82	3,31	1,28	1,07
40	1,29	1,86	0,56	0,73	0,49	1,13	0,31	0,42	4,70	3,05	1,33	1,01
80	1,06	2,03	0,38	0,71	0,39	1,39	0,16	0,46	3,56	3,39	1,05	0,86
Média <sup>(1)</sup>	1,18 B	2,05 A	0,47 B	0,79 A	0,44 B	1,24 A	0,22 B	0,45 A	4,36	3,25	1,22	0,98
CV (%)	25,3		34,4		30,4		27,4		46,3		36,7	

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas, e letras maiúsculas distintas nas linhas (para uma mesma safra), diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>(1)</sup> Médias para a ausência e presença de calagem.

<sup>(2)</sup> Médias para a ausência e presença de calagem.

As características mineralógicas e químicas dos solos da Amazônia são, em grande parte, provenientes da natureza do material de origem. Áreas mais extensas de solos eutróficos só existem onde há influência atual (planície aluvial) ou pretérita (terraços e baixos planaltos das bacias do Acre e do Alto Amazonas) de sedimentos andinos; ou, ainda, onde afloram rochas de maior riqueza em bases (calcários e margas em Monte Alegre-Ererê; basaltos e diabásios em Roraima, Pará e Amapá) (Schaefer et al., 2000; Lima et al 2006).

Houve pouca variação nos teores de P disponível nesse estudo (Tabela 1). De maneira geral, os valores observados foram baixos ( $< 3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de acordo com os critérios de Cochrane et al. (1984) e Moreira et al. (2005), principalmente na camada de 20-40 cm de profundidade (Tabela 1). No ano de 2003 e somente na camada superficial, os teores desse nutriente situaram-se como adequados ( $3 \text{ a } 7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Cochrane et al., 1984; Moreira et al. (2005).

Os resultados de P evidenciam escassez deste nutriente no solo estudado, sugerindo que a dose de  $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  não foi suficiente para elevar o teor desse nutriente. Contudo foi observado que com a segunda aplicação de  $\text{P}_2\text{O}_5$  houve um pequeno aumento no teor de P na camada superficial. Alfaia e Ayres (2004) observaram que aplicações anuais de P fizeram com que esse nutriente se acumulasse significativamente em um Argissolo cultivado com cupuaçuzeiro na Amazônia Central. Os resultados desse estudo demonstram a importância da reposição de K e P no solo através da adubação química ou orgânica, para que esses nutrientes não se tornem limitantes nas próximas safras, prejudicando a sustentabilidade do sistema.

Os teores de N no solo estudado foram extremamente baixos (Tabela 2). Os resultados mostram que durante a condução do experimento ocorreu um incremento no teor de N total no solo, o que pode estar relacionado com um melhor manejo da puerária (*Pueraria phaseoloides*), após a implantação do experimento nas áreas estudadas. Um estudo em SAF's do RECA mostrou que o uso de leguminosas promoverem o aumento da produção de biomassa e conseqüentemente melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo (Franke et al., 2002).

Houve um incremento no teor de C ao longo dos anos de amostragem. No último ano de avaliação, o melhor manejo da matéria orgânica do solo promoveu, na camada superficial, um incremento de C no solo em torno de 40% em relação ao primeiro ano de avaliação (Tabela 2). O teor de C orgânico no último ano do experimento foi considerado como médio ( $8\text{-}26 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Cochrane et al., 1984; Moreira et al. (2005).

**Tabela 2.** Teor de nitrogênio total e carbono orgânico após as safras de 2001 e 2003 de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em Cambissolo da Amazônia Ocidental, em sistema agroflorestal.

Doses de K (kg ha <sup>-1</sup> )	Nitrogênio				Carbono			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	Sem calagem	Com calagem						
g kg <sup>-1</sup>								
2001								
0	0,54	0,50	0,30	0,28	7,89	8,12	3,71	4,80
40	0,90	0,64	0,65	0,38	10,45	8,52	5,87	4,74
80	0,57	0,51	0,33	0,24	9,19	6,86	5,51	4,59
Média <sup>(1)</sup>	0,67	0,55	0,43	0,30	9,18	7,83	5,03	4,71
CV (%)	31,2		59,9		22,1		58,7	
2003								
0	1,11	1,01	0,82	0,75	11,67	10,20	8,44	6,95
40	1,07	1,00	0,70	0,75	11,46	10,55	6,39	7,14
80	0,96	0,97	0,70	0,72	9,87	9,75	7,34	6,35
Média <sup>(1)</sup>	1,05	0,99	0,74	0,74	11,00	10,17	7,39	6,81
CV (%)	12,2		14,8		15,6		22,2	

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas, e letras maiúsculas distintas nas linhas (para uma mesma safra), diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>(1)</sup> Médias para a ausência e presença de calagem.

## CONCENTRAÇÕES DE MACRONUTRIENTES EM FOLHAS DE CUPUAÇUZEIRO

Em relação às concentrações de Ca e Mg nas folhas de cupuaçuzeiro foi observado que somente para o Ca houve diferença significativa em relação à aplicação do calcário no ano de 2001, onde a calagem diminuiu significativamente o teor desse nutriente, principalmente nos tratamentos que receberam adubação potássica (Tabela 3). Esse resultado sugere que pode ter ocorrido uma interação negativa entre o Ca e o K nas plantas de cupuaçu. No entanto apesar dessa interação negativa a concentração do Ca não baixou a nível considerado deficiente. A adição de K no solo pode causar um efeito negativo no teor foliar para os nutrientes Ca e Mg (Malavolta et al., 1989; Dias et al., 2010).

As concentrações foliares de Ca e Mg nesse estudo são consideradas como adequadas e estão situados acima dos teores encontrados por outros autores em plantios de cupuaçuzeiro sob Latossolos e Argissolos da Amazônia (Ayres e Alfaia, 2002; Alfaia e Ayres, 2004; Figueiredo et al., 2000; Oliveira e Oliveira (2004) e Schroth et al., 2001) o que pode estar relacionado à característica do solo, já que os teores de Ca e Mg nos Cambissolos são mais elevados.

Com exceção das amostragens efetuadas em 2002, as concentrações médias de K nas folhas de cupuaçu foram mais elevadas nas parcelas com calagem, mas somente na amostragem de 2001 os valores observados foram significativamente mais elevados (Tabela 3). Esses resultados mostram que a calagem promoveu um pequeno aumento na absorção de K pelas plantas de cupuaçu. Com relação ao efeito da aplicação de doses  $K_2O$  só houve diferença significativa na análise do ano de 2002, onde os tratamentos que receberam a dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  apresentaram concentrações de K significativamente mais elevadas (Tabela 3).

Sob as condições estudadas a concentração de K nas folhas de cupuaçuzeiro dos SAF's do RECA apresentaram valores muito abaixo dos teores observados em outros trabalhos na região (Figueiredo et al., 2000; Schroth et al., 2001). Esses resultados sugerem que esse nutriente está em níveis abaixo dos considerados adequados, como foi também observado no solo, confirmando a escassez deste e confirmando a importância da sua reposição para manter a sustentabilidade do sistema.

Os resultados mostram que ao longo dos quatro anos de condução do experimento ocorreu um incremento no teor de P nas folhas de cupuaçu, no entanto, não foi observado efeito da calagem na absorção desse nutriente. Nos dois primeiros anos de avaliação as concentrações de P situaram bem abaixo do nível encontrado por Figueiredo et al. (2000) e Schroth et al. (2001) e a partir do terceiro ano a concentração desse nutriente se aproximou das observadas por esses autores, mostrando que a segunda aplicação da dose de  $P_2O_5$  induziu um pequeno aumento na concentração de P nas folhas de cupuaçu. Assim como observado para o K, os resultados das análises dos teores de P nas folhas de cupuaçu sugerem que esse elemento também está em nível abaixo do considerado adequado, confirmando a importância da sua reposição. Tais resultados sugerem a importância de haver novos estudos que possibilitem definir a dose mais indicada de P e K para a cultura do cupuaçuzeiro e assim permitir melhor orientar às práticas de adubação.

**Tabela 3.** Concentração Ca, Mg, K, P e N em folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em Cambissolo sob sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental.

Doses de K	Ano 2001		Ano 2002		Ano 2003		Ano 2004	
	Sem calagem	Com calagem						
Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )								
0	6,64	5,47	6,99	6,83	7,46	7,35	6,88	6,73
40	6,08	5,44	6,59	6,63	7,30	7,04	7,17	7,38
80	5,97	5,21	6,42	6,77	7,00	6,96	7,15	6,95
Média <sup>(1)</sup>	6,35 A	5,37 B	6,67	6,75	7,25	7,12	7,07	7,02
CV (%)	9,7		12,6		11,4		9,2	
Magnésio (g kg <sup>-1</sup> )								
0	2,80	2,50	3,09	2,81	2,85	2,96	2,39	2,61
40	2,93	2,58	3,10	3,01	2,76	2,82	2,37	2,53
80	2,79	2,81	2,99	3,15	2,88	2,70	2,47	2,39
Média <sup>(1)</sup>	2,84	2,63	3,06	2,99	2,83	2,83	2,41	2,51
CV (%)	11,1		9,2		9,9		8,1	
Potássio (g kg <sup>-1</sup> )								
0	4,23	4,83	3,67 ab	3,61 ab	3,31	3,76	4,15	4,00
40	4,16	4,58	3,61 b	3,54 b	3,89	5,19	3,79	3,95
80	4,34	4,82	4,21 a	4,09 a	3,79	3,99	3,60	3,76
Média <sup>(1)</sup>	4,24 B	4,74 A	3,83	3,75	3,66	4,31	3,85	3,90
CV (%)	10,6		9,4		16,3		12,5	
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )								
0	0,85	0,86	0,99	0,98	1,04	1,07	1,43	1,04
40	0,80	0,76	0,92	0,96	1,06	1,22	1,05	1,03
80	0,82	0,85	1,00	0,94	1,10	0,97	1,03	1,01
Média <sup>(1)</sup>	0,82	0,83	0,97	0,96	1,07	1,09	1,17	1,02
CV (%)	7,2		8,1		7,9		28,1	
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )								
0	13,03	14,42	12,73	13,47	13,41b	13,31b	13,49	13,05
40	13,25	14,53	13,00	13,01	14,19a	14,53a	13,25	13,55
80	13,20	13,43	13,18	13,25	13,40b	13,60b	13,78	13,03
Média <sup>(1)</sup>	13,16	14,12	12,97	13,24	13,67	13,81	13,51	13,21
CV (%)	7,2		5,9		2,4		5,3	

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas, e letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>(1)</sup> Médias para a ausência e presença de calagem.

Em relação às concentrações de N nas folhas de cupuaçuzeiro, durante os quatro anos de avaliação, houve pouca variação desse nutriente entre os tratamentos. As concentrações de N nesse estudo situaram-se abaixo das observadas por Figueiredo et al. (2000) e Schroth et al. (2001).

Os teores de macronutrientes nos cupuaçuzeiros apresentaram a seguinte ordem decrescente:  $N > Ca > K > Mg > P$ . Estes resultados assemelham-se ao encontrado por Oliveira e Oliveira (2004) e diferem dos obtidos por Figueiredo et al. (2000), Schroth et al. (2001) nos quais o cupuaçuzeiro apresentou teores de nutrientes na ordem  $K > Ca > Mg > P$ .

Ainda são poucos os trabalhos na literatura com a interpretação de resultados analíticos em plantas de cupuaçuzeiro na região, principalmente com plantas adultas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições estudadas observa-se que tanto a prática da calagem quanto à adubação potássica são importantes para manter a nutrição adequada do cupuaçuzeiro.

A calagem melhorou a eficiência do adubo potássico e promoveu também melhorias nas características químicas do solo.

Os teores de potássio e fósforo encontrados no solo e nas plantas de cupuaçu, dentro do SAF's em Cambissolo da Amazônia Ocidental, foram situados dentro de níveis considerados críticos, mostrando a importância da reposição desses nutrientes, para que os mesmos não se tornem limitantes comprometendo a sustentabilidade do sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfaia, S.S.; Ayres, M.I.C. 2004. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçu, com e sem semente, na região da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(2): 320-325.

Alfaia, S.S.; Ribeiro, G.A.; Nobre, A.D.; Luizão, F.J.; Luizão, R.C. 2004. Evaluation of soil fertility in stallholder agroforestry systems and pastures in Western Amazonia. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 102:409-414.

Alfaia, S.S.; Moreira Gomes, J.B.; Chaves, J.E.; Van Leuween, J.; Siviero, A. 1991. Levantamento nutricional de plantas de cupuaçu em sistema agroflo-

restais na Amazônia. In: Congresso brasileiro de ciências do solo, 26. Rio de Janeiro. 4p. CD-ROM.

Ayres, M.I.C.; Alfaia, S.S. 2002. Efeito de NPK, calagem e micronutrientes na produção de frutos de cupuaçuzeiro. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17. Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, Disponível em [www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii\\_cbf/climassolosnutricao/790.htm](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii_cbf/climassolosnutricao/790.htm). Acesso em: 12 nov. 2006.

Cochrane, T.T.; Sanchez, L.G.; Azevedo, L.G.; Porras, J.A.; Garver, C.L 1984. *Land in tropical America*. Brasília: CIAT/EMBRAPA-CPAC, 3: 7-9.

Cravo M.S.; Souza, A.G.C. 1996. *Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro*. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 10. Manaus: Universidade do Amazonas, p. 632-633.

Dias, J.R.M.; Perez, D.V.; Silva, L.M.; Lemos, C.O. Wadt, P.G.S. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. 2010. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 45, n° 1, p. 64-71.

EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 212p.

Gasparoto, L.; Araujo, R.C.; Silva, S.E.L. 1996. *Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais*. Programa SHIFT. In: Seminário Sobre Pimenta-do-Reino e Cupuaçu, 1, Belém: EMBRAPA/CPATU/JICA. (EMBRAPA/CPATU. Documento 89), p. 103-108.

Figueredo, N.N.; Macêdo, J.L.V.; Cravo, M.S. 2000. *Avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro (Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Shum.) em um sistema agroflorestal na Amazônia Central*. In: Congresso brasileiro de sistema agroflorestal, 3. Manaus. p. 48-50.

Franke, I.L.; Furtado, S.C.; Oliveira, T.K. 2002. *Efeito de leguminosas sobre a produtividade do cupuaçu (Theobroma grandiflorum) em um sistema agroflorestal multiestrato na Amazônia Ocidental*. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestal, 4., Ilhéus, Bahia, 3p. CD-ROM.

Lima, H.N. Mello, J.W.V.; Schaefer, C.E.G.R.; Kerr, J.C. Lima, A.M.N. 2006. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. *R. Bras. Ci. Solo*. 30(1).

Lopes, V.M.B. 1999. *Velocidade de decomposição da fitomassa de Pueraria phaseoloides, Desmodium ovalifolium e Flemingia congesta em um siste-*

*ma agroflorestal*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Acre, Acre. 66p.

Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1989. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba, Potafos, 201p.

Melo, A.W.F. *Avaliação de estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre*. 2003. (Dissertação de Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz – Piracicaba. 73p.

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2004. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranaizeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:1063-1068.

Salvador, J.O; Rosseto, R.; Muraoka, T.; Malavolta, E. Nutrição mineral do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). I. Composição mineral das folhas. II. Acumulação de nutrientes pelos diversos órgãos da planta. 1998. *Científica*, 26:95-112.

Sarruge, J.R.; Haag, H.P. 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: ESALQ, 56p.

Schroth, G.; Elias, M.E.A.; Macêdo, J.L.V.; D'Angelo, S.A.; Liberei, R. 2001. Growth yields and mineral nutrition of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) in two multi-strata agroforestry systems on a ferralitic Amazonian upland soil at four fertilization levels. *Journal Applied Botany*, 75: 67-74.

Schaefer, C.E.G.R.; Lima, H.N.; Vale Júnior, J.F. Mello, J.W.V. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. *B. Museu Para. Emílio Goeldi, Sér. Ci. Terra*, 12:63-104, 2000.

Venturieri, G.A. 1993. *Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento*. Clube do cupu, Belém-PA, 61p.



# EVOLUÇÃO DA VASSOURA-DE-BRUXA EM CUPUAÇUZEIROS NO BANCO DE GERMOPLASMA DO INPA

Jorge Hugo IRIARTE MARTEL<sup>1</sup>, Marco Antônio de Freitas MENDONÇA<sup>2</sup>, Charles Roland CLEMENT<sup>1</sup>, Mozar Alves GONDIM NETO<sup>3</sup>, Marcelo Domingues Martins RAIZER<sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

**O** cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Sprengel.) Schum.) é uma frutífera tropical muito popular na região amazônica, com grande perspectiva de expansão de mercado, produzindo frutos com aroma e sabor excelentes, sendo muito apreciado para o consumo *in natura*, sob a forma de sucos, cremes, sorvetes, e para a indústria, na forma de chocolate “cupulate”, geléias, doces etc. (Venturieri, 1993). Considerada como a fruta predileta dos amazônidas, o cupuaçu vem conquistando mercados em outras regiões do Brasil e de outros países (Venturieri, 1993). Apesar de ter seu potencial reconhecido, grande parte de sua produção ainda é obtida com pouco uso de tecnologias modernas. Dentre das limitações a sua expansão está reduzido o número de recomendações agrônômicas, os danos causados pela doença “vassoura-de-bruxa”, a falta de material genético selecionado e baixo número de indústrias processadoras que absorvam o excedente da produção, que chega ser muito alto na safra. As últimas duas limitações têm sido parcialmente resolvidas com o lançamento de cultivares pela EMBRAPA e a expansão da agroindústria nos últimos anos.

De acordo com Barbosa (2008), existe na Amazônia 25.000 ha plantados com cupuaçuzeiros. O Amazonas ultrapassa os 11.200 ha (IDAM,

1 Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: jhim@inpa.gov.br;

2 Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, Universidade Federal do Amazonas – UFAM;

3 Pós-graduando UFAM-FCA, Manaus, AM;

4 CPAA-EMBRAPA, Manaus, AM.

2010), destacando-se os municípios de Itacoatiara, Manaus e Presidente Figueiredo. Estes cupuaçuzeiros apresentam grande variabilidade genética, principalmente para os caracteres de interesse agroindustrial como: produção, peso do fruto, peso das sementes, relação polpa/fruto e susceptibilidade a pragas e doenças.

A vassoura-de-bruxa, causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Spring, é a doença de maior importância na cultura do cacau no Brasil, responsável pela queda de produção de frutos na Bahia de 430.000 para 130.000 toneladas/ano, em poucos anos (Alves, 2002).

Inicialmente a doença produz basidiocarpos em flores e frutos infectados. Quando maduro, um só basidiocarpo pode reproduzir de 80 a 90 milhões de basidiósporos que são dispersos pelo vento e a água das chuvas. Na presença de alta umidade relativa, chuvas e orvalho, os basidiósporos germinam, penetrando nos tecidos meristemáticos jovens dos órgãos vegetativos e reprodutivos das plantas (Nunes et al., 2002). A infecção da vassoura pode ser separada em duas fases morfológicas: primeiro os basidiósporos germinam numa parte susceptível do meristema do hospedeiro e, após sua penetração, produz um inchamento dos tecidos. Na fase biotrófica, o micélio ramifica-se através dos tecidos do hospedeiro, sendo responsável pela superbrotação dos ponteiros, formando as chamadas vassouras, que geralmente são formadas cinco a seis semanas após a infecção.

A remoção das partes atacadas pela vassoura-de-bruxa, em cacau, chega a ser muito onerosa e demorada, devido à frequência das podas, que muitas vezes chega a ser semanal, e só se justifica quando a produtividade ultrapassa os 600 kg/ha de chocolate (Alves, 2002). A doença pode ser controlada da mesma forma em cupuaçuzeiros (Falcão et al., 1999), mas a razão custo-benefício, ainda não foi avaliada. O uso de variedades resistentes é, sem dúvida, a forma mais econômica de controle da doença em cacau (Alves, 2002) e no cupuaçuzeiro, possivelmente não será diferente.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a tolerância ou resistência dos cupuaçuzeiros à vassoura-de-bruxa em uma coleção de germoplasma, para iniciar trabalhos mais detalhados com clones resistentes ou tolerantes, para repassar o material selecionado para os produtores da região.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A coleção foi instalada na Estação Experimental de Fruticultura Tropical, no km 41, às margens da Rodovia BR 174, ao Norte de Manaus,

Amazonas, durante os anos de 1984 e 1985. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, álico, textura argilosa, com relevo ondulado curto, drenagem boa a moderada (Ranzani, 1980). O solo apresentou pH 4,38, 7 ppm de fósforo, 78 ppm de potássio, 0,15  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de cálcio, 0,14  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de magnésio e 0,90  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de alumínio. O clima da região é classificado como 'Afi' (tropical, quente e úmido) no esquema de Köppen, com precipitação média anual de 2478 mm e uma estação seca entre junho/julho e setembro/outubro (Ribeiro, 1976), com um déficit hídrico de aproximadamente 141 mm no período de julho a outubro (Ranzani, 1980). As coordenadas geográficas aproximadas da área são: 2° 05' a 2° 40' S e 60° 00' a 60° 20' W. A altitude é 50 m sobre o nível do mar.

O germoplasma da primeira parcela amostrada compreende a coleta realizada na área de abrangência do atual reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Pará, antes do enchimento da barragem. Dez pontos representativos dos diversos tipos de vegetação primária da região foram escolhidos (Revilla et al., 1982; Venturieri et al., 1984). Em cada ponto amostral foram marcados e mapeados todos os indivíduos adultos de 51 espécies arbóreas, entre elas o cupuaçuzeiro. Aleatoriamente, foram escolhidas 20 matrizes em cada ponto (Venturieri et al., 1985). Duplicatas deste material foram plantadas em Tucuruí, sob a responsabilidade da Eletronorte, e em Manaus, sob a responsabilidade do INPA.

A segunda área amostrada corresponde à Pré-Amazônia maranhense, ao longo do eixo da Rodovia BR-316, entre as cidades de Arari e Boa Vista do Gurupi, e do vale do rio Gurupi, entre as localidades de Chatão e Carutapera, ambas no Estado do Maranhão. Utilizando o odômetro do veículo, foram marcados pontos a cada 30 km ao longo da Rodovia para a coleta de frutos. Também foram adquiridos frutos de barqueiros e de comerciantes locais (Venturieri & Martel 1985). Devido à falta de um espaço contínuo no Banco esta coleção foi dividida em duas parcelas, chamadas Pré-Amazônia 1 e 2. O solo da área de Tucuruí e Pré-1, é um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, já a área denominada Pré-2, é um solo de transição entre Latossolo e Argissolo. O sombreamento dos plantios diminui no sentido: Tucuruí > Pré-Am2 > Pré-AM1. As Introduções são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Acessos, procedências, coordenadas geográficas aproximadas, locais de coleta e número de plantas matrizes de introduções de cupuaçuzeiros no banco de germoplasma do INPA, Manaus, AM.

Acessos	Procedência/Local de coleta	Coordenadas geográficas de origem	Nº de plantas
64	São Luiz, MA, Feira local	02°05'S; 44°02'W	8
66	São Luiz, MA, Feira local	02°05'S; 44°02'W	15
67	São Luiz, MA, Feira local	02°05'S; 44°02'W	5
68	São Luiz, MA, Maracanã, Belém, PA	02°05'S; 44°25'W	10
72	Vitória do Mearim, MA, Moita Rio Mearim	03°02'S; 44°08'W	9
73	Vitória do Mearim, MA, Moita Rio Mearim	03°02'S; 44°08'W	7
74	Vitória do Mearim, MA, Moita Rio Mearim	03°02'S; 44°08'W	18
75	Pindaré Mearim, MA, Feira Santa Inez N. Olinda	03°06'S; 45°04'W	7
76	Pindaré Mearim, MA, Feira Sta. Inez N. Olinda	03°06'S; 45°04'W	6
77	Pindaré Mearim, MA, Feira do Porto	03°06'S; 45°04'W	6
80	Pindaré Mearim, MA, Feira Santa Inez N. Olinda	03°06'S; 45°04'W	9
81	Monção, MA, Feira Porto Pindaré	03°06'S; 45°04'W	9
82	São Luiz, MA, Feira, (Maioba) cultivado	02°05'S; 44°02'W	6
83	São Luiz-MA, Feira, (Maioba) cultivado	02°05'S; 44°25'W	10
86	Turiação, MA, Espontâneo, Nova Olinda	03°01'S; 45°06'W	9
87	Turiação, MA, Espontâneo, Nova Olinda	03°01'S; 45°06'W	6
88	Turiação, MA, Espontâneo, Nova Olinda	03°01'S; 45°06'W	8
90	Turiação, MA, Espontâneo, Nova Olinda	03°01'S; 45°06'W	16
95	Turiação, MA, Feira Zé Doca, de Monção	03°01'S; 45°06'W	2
96	Turiação, MA, Feira Zé Doca, de Monção	03°01'S; 45°06'W	15
97	Turiação, MA, Feira Zé Doca, de Monção	03°01'S; 45°06'W	13
98	Turiação, MA, Espontâneo, Belém	03°01'S; 45°06'W	8
99	Turiação, MA, Espontâneo, BR316, EMAPA	03°01'S; 45°06'W	8
106	Candido Mendes, MA, Extrativismo, Feira	02°03'S; 45°09'W	5
108	Candido Mendes, MA, Extrativismo, Feira	02°03'S; 45°09'W	2
109	Godofredo, MA, Feira de Maracacume	02°01'S; 45°09'W	6
110	Godofredo, MA, Feira de Maracacume	02°01'S; 45°09'W	7
111	Luiz Domiguez, MA, Localidade Junco.	01°09'S; 46°00'W	2
112	Carutapera, MA, Boa Vista do Gurupi	01°07'S; 46°03'W	9
113	Carutapera, MA, Boa Vista do Gurupi	01°07'S; 46°03'W	8
116	Carutapera, MA, Arapiranga, Rio Gurupi	01°07'S; 46°03'W	10
117	Vizeu, MA, Camiranga, Rio Gurupi	01°08'S; 46°04'W	6
118	Carutapera, MA, Palmeiral, Rio Gurupi	01°08'S; 46°04'W	6
119	Carutapera, MA, Jutaitiua, Rio Gurupi	02°00'S; 46°03'W	6
120	Carutapera, MA, Jutaitiua, Rio Gurupi	02°00'S; 46°03'W	2
121	Carutapera, MA, Barreira Vermelha, Rio Gurupi	02°02'S; 46°03'W	13
122	Vizeu, MA, Tamuari, Rio Gurupi	02°03'S; 46°04'W	6

**Tabela 1.** Acessos, procedências, coordenadas geográficas aproximadas, locais de coleta e número de plantas matrizes de introduções de cupuaçuzeiros no banco de germoplasma do INPA, Manaus, AM. (Cont.)

Acessos	Procedência/Local de coleta	Coordenadas geográficas de origem	Nº de plantas
123	Vizeu, MA, Tamuari, Rio Gurupi	02°03'S; 46°04'W	11
124	Vizeu, MA, Tamuari, Rio Gurupi	02°03'S; 46°04'W	8
125	Vizeu, MA, Tamuari, Rio Gurupi	02°03'S; 46°04'W	6
126	Vizeu, MA, Tamuari, Rio Gurupi	02°03'S; 46°04'W	16
127	Vizeu, MA, Tamuari, Rio Gurupi	02°03'S; 46°04'W	4
128	Vizeu, MA, Tamuari, Rio Gurupi	02°03'S; 46°04'W	6
129	Vizeu, MA, Tamuari, Rio Gurupi	02°03'S; 46°04'W	9
130	Godofredo, MA, extratismo, Maracacume	02°01'S; 45°09'W	10
131	Godofredo, MA, extratismo, Maracacume	02°01'S; 45°09'W	8
132	Godofredo, MA, extratismo, Maracacume	02°01'S; 45°09'W	13
134	Godofredo, MA, extratismo, Maracacume	02°01'S; 45°09'W	11
137	Vizeu, MA, Carucaua, Rio Gurupi	01°07'S; 46°00'W	8
138	Vizeu, MA, Carucaua, Rio Gurupi	01°06'S; 46°00'W	13
139	Vizeu, MA, São Jose do Gurupi, Rio Gurupi	01°05'S; 46°00'W	5
143	Carutapera, MA, Caramandiua, Rio Gurupi	01°04'S; 46°00'W	14
144	Carutapera, MA, próximo a Carutapera	01°02'S; 46°00'W	1
145	Carutapera, MA, Cidade de Carutapera	01°02'S; 46°00'W	6
146	Carutapera, MA, Feira, próximo a Bragança	01°03'S; 47°00'W	6
F0011-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0014-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	4
F0015-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0016-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	8
F0017-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0018-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0019-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0020-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0021-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	8
F0022-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	7
F0023-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	6
F0024-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0025-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	8
F0026-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	15
F0027-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0028-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0029-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	14
F0031-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	6
F0032-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	14
F0033-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	9
F0034-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	6
F0035-83	Tucuruí-PA, Área da Represa	30°45'S; 49°40'W	8

<sup>1</sup> Sem informação das coordenadas exatas de cada local de coleta na área da Represa de Tucuruí.

Ao longo das últimas décadas, este material genético foi avaliado diversas vezes em termos de sua tolerância ou resistência a vassoura-de-bruxa. Em 1993 foram feitas avaliações através de contagens de pontos com vassoura-de-bruxa (Siviero et al., 1994), concluindo que, das 45 introduções avaliadas, apenas 6 (13%) tiveram reduzido nível da doença e baixo desvio padrão, outras 13 (29%) apresentaram nível médio de infestação, e as restantes 26 (58%) mostraram-se altamente atacadas pelo patógeno. Concluem que a doença é favorecida pelo sombreamento e pela umidade do ar elevada, como acontece no caso de cacau (Alves, 2002).

Em 1996 e 1997, foram calculadas as porcentagens dos ponteiros atacados sobre os não atacados (Iriarte-Martel & Clement, 1997). Os autores constataram que o germoplasma de Tucuruí apresentou uma média de 16% de infestação, com amplitude de 4 a 30%. O germoplasma da Pré-Amazônia apresentou dois padrões, que parecem ser devido aos dois micro-climas diferentes: Pré-Am 1 apresentou média de 36% de infestação, com uma amplitude de 20 a 51%; Pré-Am 2 apresentou média de 9% de infestação, com amplitude de 0 a 32%.

Em 2005, na impossibilidade da contagem dos ponteiros atacados pela vassoura-de-bruxa, devido ao alto número destas e à dificuldade de acesso às plantas, adaptou-se a metodologia proposta por Gomes et al. (2004) para alface, elaborando-se uma escala diagramática percentual da parte atacada pela doença na copa em relação à parte sadia.

Iriarte Martel & Alfaia (2004) estudaram também a influência da distância de uma área infestada (no caso, o banco de germoplasma) sobre um plantio de cupuaçuzeiros com sementes e sem sementes e o efeito residual de adubação. Os cultivares com e sem sementes diferenciaram-se estatisticamente nas correlações positivas com o diâmetro do caule e produção de frutos, e negativamente com os diferentes quadrantes da copa e o número total de vassouras. Observou-se que os cupuaçuzeiros foram atacados indistintamente do cultivar, da distância do inóculo e das concentrações de adubação, e que a cultivar sem sementes apresentou maior susceptibilidade ao patógeno.

## **AValiação DO GERMOPLASMA DE CUPUAÇU QUANTO A TOLERÂNCIA A VASSOURA-DE-BRUXA**

As introduções plantadas na parcela denominada Pré-Amazônia 1 apresentaram um decréscimo na presença média de vassoura após a segunda avaliação, passando de 46,8% para 30% em oito anos, enquanto as outras parcelas apresentaram acréscimos (Figura 1).

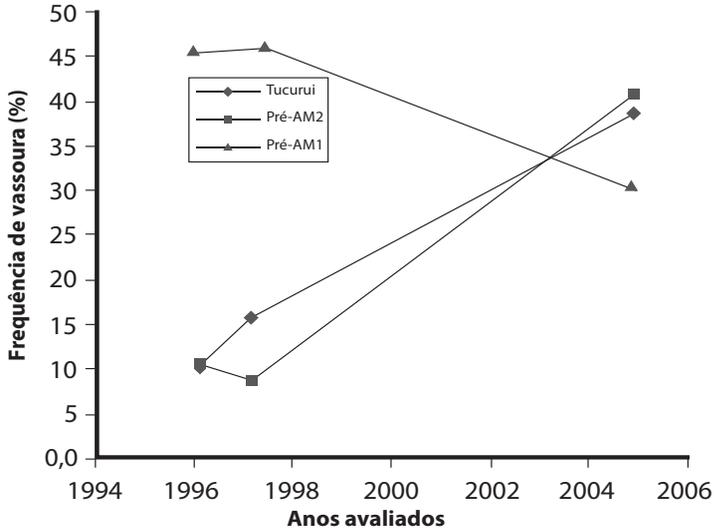


Figura 1. Frequência média de vassoura-de-bruxa em introduções de cupuacuzeiros em três períodos avaliados, Manaus, AM.

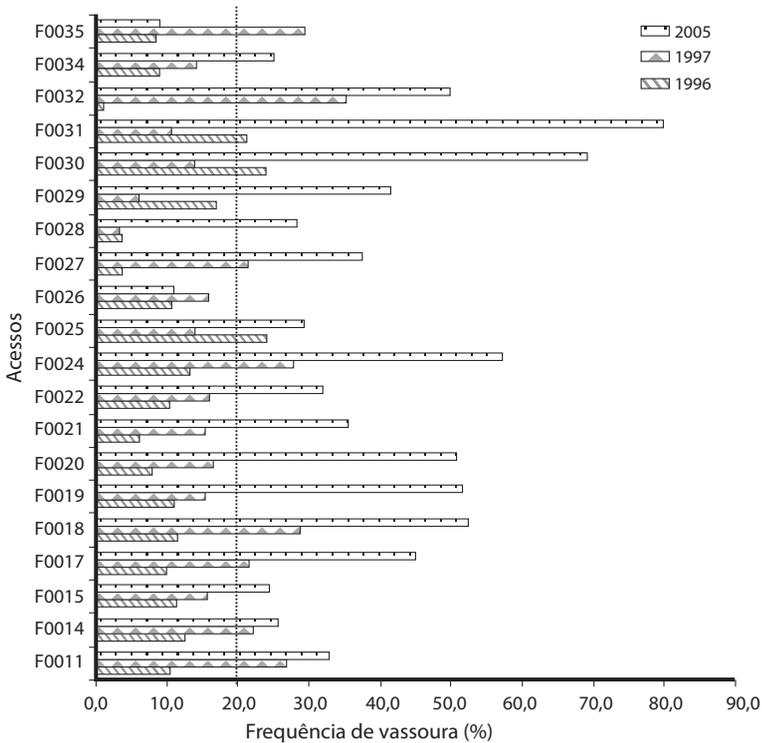


Figura 2. Frequência de vassoura-de-bruxa em acessos de cupuacuzeiros provenientes da Represa de Tucuruí, Pará, em três períodos avaliados, Manaus, AM.

Nesse período de oito anos houve um aumento do sombreamento natural, causado pelas árvores remanescentes deixadas dentro da área, havendo competição com cupuaçuzeiros por luz e nutrientes, principalmente, reduzindo seu crescimento. O crescimento das árvores provocou, também, um micro-clima mais úmido, o que deveria causar um aumento da incidência da vassoura-de-bruxa em cupuaçuzeiros (Nunes, 2000; Benchimol et al., 2001), mas isto não foi verificado na parcela da Pré-Amazônia 1.

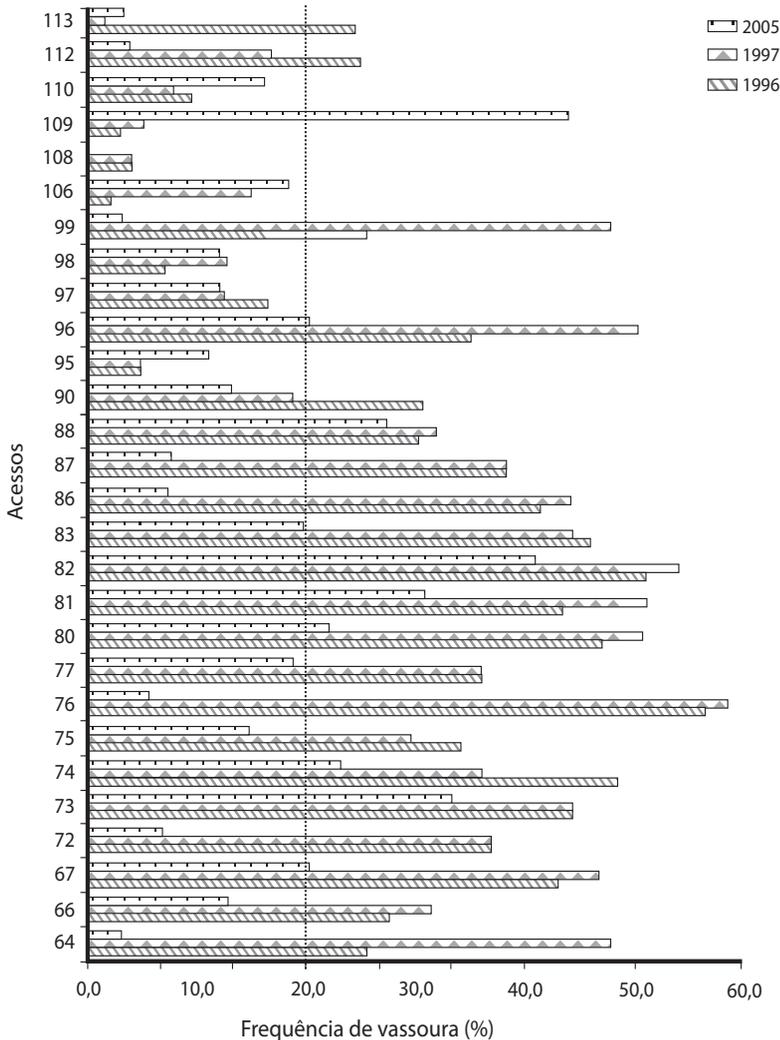


Figura 3. Frequência de vassoura-de-bruxa em acessos de cupuaçuzeiros provenientes da Pré-Amazônia Maranhense-1 em três períodos avaliados, Manaus, AM.

Para que estas avaliações possam ser úteis para selecionar cupuaçuzeiros tolerantes ou resistentes à vassoura-de-bruxa é essencial examinar o comportamento de acessos individuais. No caso da parcela das introduções de Tucuruí, todos os acessos tiveram nível de infestação acima de 20%, com exceção do acesso F0026 (Figura 2).

No caso da primeira parcela da Pré-Amazônia, observa-se que várias introduções tiveram níveis de infestação reduzidos (Figura 3), com destaques para os acessos 64 (3%), 113 (3,4%), 76 (5,6%) e 86 e 87 (7% e 7,5%).

Na segunda parcela da Pré-Amazônia, observa-se que, com exceção do Acesso 146, com 11% de infestação, todos tiveram índices acima de 20% de vassoura-de-bruxa (Figura 4).

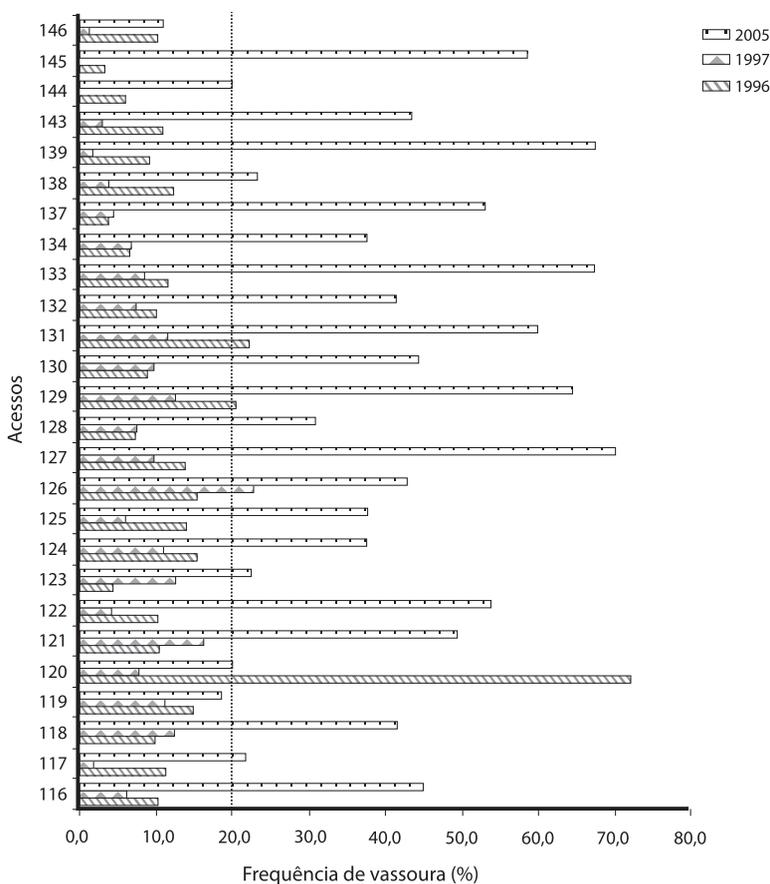


Figura 4. Frequência de vassoura-de-bruxa em acessos de cupuaçuzeiros provenientes da Pré-Amazônia Maranhense-2 em três períodos avaliados, Manaus, AM.

## CONCLUSÕES

Os acessos 64, 76, 86, 87 e 113, podem ser submetidos a teste com inoculação de vassoura-de-bruxa, para detectar possíveis tolerâncias ou resistência ao patógeno, por apresentarem baixa percentagem de infestação.

## AGRADECIMENTOS

Somos gratos à Dra. Rosalee Coelho Neto pela contribuição à metodologia da terceira avaliação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, S.A.M. 2002. *Epidemiologia da vassoura-de-bruxa (Crinipellis pernicioso (Stahel) Singer) em cacauzeiros enxertados em Uruçuca, BA*. Dissertação (Mestrado), ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 53p.

Barbosa, C.A. 2008. *Manual de cultivo de cupuaçu e açaí*. Viçosa, 158p.

Benchimol, R.L.; Albuquerque, F.C; Nascimento, R.M. 2001. Aspectos epidemiológicos da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro na microrregião de Belém, PA. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.36(2):1-8.

Falcão, M.A.; Moraes, R.R.; Clement, C.R. 1999. Influência da vassoura-de-bruxa na fenologia do cupuaçuzeiro. *Acta Amazonica*, 29(1):13-20.

Gomes, A.M.A.; Michereff, S.J.; Mariano, R.L.R. 2004. Elaboração e validação de escala diagramática para cercosporiose da alface. *Suma Phytopathologica*, v. 30(1):38-42.

IDAM – Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas – 2010, Manaus, 30p.

Iriarte Martel, J.H. 1997. Banco de germoplasma de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). In: *Recursos genéticos de espécies frutíferas no Brasil*. EMBRAPA/CENARGEN, Anais, Brasília-DF, p. 104-106.

Iriarte Martel, J.H.; Clement, C.R. 1997. Avaliação de vassoura-de-bruxa no Bag de cupuaçu do INPA, Manaus, AM. I *Simpósio Brasileiro de Melhoramento de Frutíferas*. FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, p. 130-131.

Iriarte Martel, J.H.; Alfaia, S.S. 2004. Influência da vassoura-de-bruxa em clones de cupuaçuzeiros em Manaus. *Congresso Brasileiro de Fruticultura*. Anais Florianópolis. CD-ROM.

Nunes, A.M.L.; Bergamin Filho, A.; Amorim, L.; Nunes, M.A.L.; Dias, C.S. 2002. Análise da curva de progresso temporal da vassoura-de-bruxa no cupuaçuzeiro. *Fitopatologia Brasileira, Brasília*, v.27. [www.scielo.br.php](http://www.scielo.br.php) Acesso em 14/06/2004.

Nunes, A.M.L. 2000. *Análise do progresso temporal e variável climática associada à vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro*. (Tese de Doutorado). Piracicaba, ESALQ, 98p.

Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. *Acta Amazonica*, 10(1):7-41.

Revilla, J.C.; Kahn, F.L.; Guillaument, J.L. 1982. *Relatório semestral do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia*. Convênio Eletronorte/CNPq/INPA.

Ribeiro, M.N.G. 1977. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6(2):229-233.

Siviero, A.; Iriarte Martel, J.H.; Costa, S.S.; Venturieri, G.A. 1994. Avaliação de vassoura-de-bruxa em Introduções de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, BA, Anais, p. 533-34.

Venturieri, G.A.; Iriarte Martel, J.H. 1985. *Coleta de germoplasma de cupuaçu na Pré-Amazônia maranhense*. Manaus: INPA/UEPAE/PDRI. Relatório de viagem.

Venturieri, G.A.; Coradin, L.; Lleras, E.; Magalhães, L.S.; Souza, L.A.G.; Clement, C.R.; Escalante, G.M.; Goldman, G.H. 1984. Metodologia aplicada à coleta de germoplasma de espécies florestais e frutíferas que ocorrem na área de influência da barragem de Tucuruí, PA. In: *Simpósio Internacional Métodos de Produção e Controle de Qualidade de Sementes e Mudanças Florestais*, Curitiba, SC, p. 20-39.



# ADUBAÇÃO DE PUPUNHEIRA PARA PRODUÇÃO DE PALMITO NA AMAZÔNIA

Kaoru YUYAMA<sup>1</sup>, Bianca Galúcio PEREIRA<sup>1</sup>,  
Elaine Cristian de Sousa COELHO<sup>2</sup>

## Palavras chave:

*Bactris gasipaes*, Fertilidade do Solo,  
Espaçamento, Densidade de Plantas

## INTRODUÇÃO

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) no Brasil, em um passado recente, vinha sendo utilizada apenas para produção de frutos, principalmente para consumo humano da população amazônica. Entretanto, nas duas últimas décadas, essa palmeira vem sendo plantada intensivamente para extração de palmito (Mora Urpí et al., 1999; Tabora et al., 1993).

A expansão acelerada do cultivo da pupunheira deve-se ao fato dessa palmeira se adaptar bem em solos não inundáveis e de baixa fertilidade e emitir perfilhos, o que permite a exploração contínua em uma mesma área. Para a produção do palmito de pupunheira, a variedade Pampa Hermosa de Yurimaguas é a mais adequada para o manejo e para a colheita por não apresentar espinhos no estipe e bainha. Porém, esta população apresenta grande variabilidade genética, necessitando selecionar material com mais de 45 cm de comprimento do palmito (Yuyama et al., 2002), para obter maior rendimento por estipe.

Além do palmito, a pupunheira também oferece o estipe tenro, conhecido como coração (por situar-se o meristema apical da palmeira nesta região), que é um produto típico da pupunheira industrializada, entrando no mercado em

1 Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: kaoru@inpa.gov.br;

2 Bolsista PCI/INPA.

vários formatos: cilíndrico, quadrangular, retangular, tornando-se um produto adicional relevante para o produtor de palmito. Esta porção não existe no palmito de açai (*Euterpe oleraceae*) e de jussara (*Euterpe edulis*), pesa, em geral, mais que o palmito (parte das bainhas e das folhas centrais e tenras), tendo a vantagem de poder ser comercializado a preços mais acessíveis.

Apesar de esta palmeira ser nativa da região, foi totalmente domesticada pelos ameríndios. Desta forma, esta espécie necessita de um manejo particular para exploração agrícola, pois é bastante exigente na parte nutricional. Segundo Nascimento (2003), em um experimento agrícola, as ordens dos teores de macro e micronutrientes encontradas em folhas de pupunheira foram as seguintes: N > K > Ca > S > Mg > P > Fe > Mn > B > Zn > Cu, e no fruto: N > K > S > P > Ca > Mg > Fe > B > Zn > Mn > Cu. Como o solo da região, predominante é o Argissolo e Latossolo, pobres em nutrientes, a prática de adubação é fundamental para bom desenvolvimento das plantas. Portela & Falcão (1999) descreveram a sintomatologia de deficiência nutricional em mudas de pupunheira e concluíram que a boa formação de mudas, em período de viveiro é fundamental para o melhor crescimento em campo.

Foram realizados nas últimas décadas estudos relacionados a arranjos de plantas (espaçamentos e densidade de plantio) e fertilidade do solo (correção do solo e reposição de nutrientes), que podem acelerar o crescimento das plantas, aumentando os números de estipes extraídos anualmente, que dão maior sustentabilidade ao agronegócio do palmito.

## FORMAÇÃO E ADUBAÇÃO DE MUDAS

Atualmente estão sendo plantadas em grande quantidade no Brasil, pupunheiras provenientes da população de Yurimaguas-Peru (Raça Pampa Hermosa), principalmente, devido à ausência de espinhos no estipe e bainha (Flores et al., 1990) o que facilita muito o manejo das plantas desde a formação das mudas. Yuyama & Flores (1996) caracterizaram 316 progênies de meio irmão de pupunheira coletadas na região de Yurimaguas-Peru e mostraram que em um quilo de semente há entre 200 a 892 sementes. Quanto à presença de espinhos na bainha (pecíolo/raque) foram encontrados 152 progênies (48,10%) sem espinhos; 48 progênies (15,18%) com 0,1 a 2,5% de espinhos; 31 progênies (10,12%) entre 2,5-5% de espinhos e 85 progênies com mais de 5% de espinhos.

Para acelerar a emergência e obter plântulas uniformes, Villachica (1996) descreve o método de sacos plásticos, contendo cerca de 500 se-

mentes, que inicia a emergência aos 34 dias, alcançando os valores de 60% em 65 dias e 90% em três meses. Segundo Bonaccini (1999) a emergência inicia-se aos 40 dias e se completa aos 90. Outro método citado por Villachica (1996) é o uso de serragem e areia grossa, cuja emergência inicia-se aos 40 dias e termina entre 60 a 120 dias. No trabalho de Yuyama & Flores (1996) o período da emergência inicial variou de 15 a 45 dias, sendo que em 92 progênies a emergência ocorreu antes de 25 dias; 150 progênies de 25-30 dias. Aos 70 dias da sementeira, 236 progênies (74,67%) das sementes atingiram mais de 70% de emergência. Com o uso de sacos plásticos as mudas ficam retorcidas e encurvadas (tanto caule como raízes), o que causa a dificuldade no transplante e desenvolvimento da mesma. Sousa & Yuyama (1999) utilizaram cobertura plástica (transparente e preta) para alterar a temperatura e umidade na caixa de sementeira, contendo dois tipos de substrato (areia e serragem) e profundidade de sementeira (1 e 3 cm) e chegaram a conclusão de que a profundidade de sementeira de 1 cm acelera a emergência, bem como uso de plástico transparente e serragem.

A melhor idade de transplante de plântulas para sacos de mudas, segundo Yuyama & Mesquita (2000) foi com saco de um quilo e plântula no estágio de uma folha aberta, contendo como substrato uma mistura de solo e esterco de galinha na proporção de 3:1.

Bezerra et al. (2004) avaliaram a produção de mudas de pupunheira com diferentes tipos de solos (Latossolo, Argissolo, Hidromórfico e Terra Preta), adubo orgânico (2:1 e 4:1, de solo e esterco de galinha) e ambiente (sol e sombrite 50%). Como resultado verificaram que a muda de pupunheira em solo de terra preta e substrato com mistura de solo: esterco (4:1) e sob o sombrite 50% de luz favoreceram o crescimento das mudas.

## **ADUBAÇÃO DE PLANTIO E DE MANUTENÇÃO**

Herrera (1989) recomenda a seguinte adubação para produção de palmito no oeste do rio Reventazon, zona Atlântica da Costa Rica, em kg/ha/ano: 200-250 de N, 20 de  $P_2O_5$ , 160-200 de  $K_2O$ , 50-100 de MgO e 400-500 de CaO. No Brasil, Cantarella & Bovi (1995) realizaram estudos em Ubatuba, SP e, recomendam em kg/ha: 222 de N, 32 de P, 172 de K, 53 de Ca e 46 de Mg.

A adubação recomendada no trabalho de Herrera (1989) e Cantarella & Bovi (1995) baseia-se na seguinte formulação com N- $P_2O_5$ - $K_2O$  (225-25-180 kg ha<sup>-1</sup>). Yuyama (1997) e Yuyama et al. (2005), além desta fórmula testaram: 50% desta fórmula N- $P_2O_5$ - $K_2O$  (112-12,5-90 kg ha<sup>-1</sup>) e 150% N-

-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (337,5-38-270 kg ha<sup>-1</sup>) e um tratamento adicional baseado na análise do solo (pobre em P) e adubação fosfatada de soja (Yuyama & Oliveira, 1997) N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O com 225-90-180 kg ha<sup>-1</sup>. O resultado mostrou que houve maior crescimento em altura da planta, diâmetro do estipe, número de folhas verdes e número de perfilhos, no tratamento que recebeu a adubação N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O com 225-90-180 kg ha<sup>-1</sup>, e este refletiu diretamente na produção de palmito (tanto na precocidade da extração, peso e número de estipe por hectare – Yuyama et al., 2005). Na Amazônia, os solos de terra firme, tipicamente Latossolos Amarelos, possuem um teor de fósforo ao redor de 1 a 2 ppm, apesar de serem solos profundos. Para a cultura de pupunheira na Amazônia, em vez da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 25 kg ha<sup>-1</sup> ano (Herrera, 1989 e Cantarella & Bovi, 1995) o uso de 90 kg ha<sup>-1</sup> ano, mostrou ser mais vantajoso, constituindo-se em uma dose mais adequada e balanceada para solos pobres em fósforo.

Esta adubação serviu para outros experimentos com cinco doses de calagem (0, 500, 1000, 1500 e 2000 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro fórmulas de adubação N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (113-13-90, 225-25-180, 113-45-180 e 225-90-180) e confirmado novamente a fórmula 225-90-180 de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectare e calagem de 1000 kg ha<sup>-1</sup> com produção de 1503 kg de palmito no primeiro ano de colheita (Yuyama et al., 2002).

Na granja Miyamoto foi instalado um ensaio de adubação N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, com delineamento fatorial 3<sup>3</sup>, sem e com esterco (uma pá/cova). As doses aplicadas foram N kg ha<sup>-1</sup> (75, 150, 225), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg ha<sup>-1</sup> (30, 60, 90) e K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> (60, 120, 180). Houve crescimento diferenciado de blocos com esterco e sem esterco, para a altura, diâmetro do estipe e número de perfilhos (Yuyama, 1997) e apenas o tratamento que recebeu a adubação de 225-90-180 de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectare igual ou no crescimento de altura e diâmetro do estipe com esterco (Yuyama et al., 1997). Avaliando e destacando alguns tratamentos, verificou-se que a adubação com esterco de galinha permite alcançar uma altura de corte mais precocemente do que em tratamentos com adubação química e sem adubação.

Yuyama et al. (2001) sob Latossolo Amarelo em Itacoatiara, Amazonas, na Fazenda Aruanã, durante o período de 1998-2000, avaliaram os efeitos de diferentes doses de calagem e formas de adubação para produção de palmito. Foi utilizado: doses de calagem: 0, 500, 1000, 1500 e 2000 kg.ha<sup>-1</sup> e fórmulas de adubação N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O: 113-13-90 kg ha<sup>-1</sup> (A1); 225-25-180 kg ha<sup>-1</sup> (A2); 113-45-180 kg ha<sup>-1</sup> (A3); 225-90-180 kg ha<sup>-1</sup> (A4). O resultado mostrou que não houve diferença significativa entre diferentes doses

de calagem para: produção de palmito, produção de estipe tenro ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), número de estipe colhido (%), comprimento e diâmetro do palmito (cm), com exceção do tempo médio da extração de palmito em que a dose de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  foi mais precoce em relação a  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$ . A fórmula mais adequada de adubação foi 225-90-180 de N-P-K (A4), que mostrou a maior produção de palmito ( $609 \text{ kg ha}^{-1}$ ), produção de estipe tenro ( $994 \text{ kg ha}^{-1}$ ), número de estipe colhido (93%) e precocidade na extração (16,78 meses). A maior produção de estipe tenro foi alcançada com a fórmula de adubação (A4) com  $1000 \text{ kg}$  de calcário que obteve  $1262 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Flores (2002) avaliou o crescimento da pupunheira para produção de palmito do estipe principal e primeiro perfilho, usando plantas com e sem espinhos e sete combinações de adubação orgânica ou mineral em Latossolo Amarelo na Amazônia Central. O delineamento foi em blocos casualizados com três repetições em esquema fatorial  $2 \times 7$ , sendo os fatores tipos de planta (com e sem espinhos no estipe e bainha/pecíolo da folha; germoplasma de Yurimaguas, Peru) e formas de adubação (testemunha; esterco de galinha na cova; adubo mineral na cova ( $225\text{-}90\text{-}180 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ); esterco em cobertura ( $5 \text{ kg}$ ); adubo mineral em cobertura ( $225\text{-}90\text{-}180 \text{ kg ha}^{-1}$ ); esterco na cova ( $2,5 \text{ kg}$ ) + adubo mineral em cobertura ( $112,5\text{-}45\text{-}90 \text{ kg ha}^{-1}$ ); adubo mineral parcelado em três vezes ( $225\text{-}90\text{-}180 \text{ kg ha}^{-1}$ ); todas repetidas no 2º e 3º ano, em cobertura). A presença de espinhos não afetou o crescimento da planta.

A altura de corte ( $1,50 \text{ m}$ ) após o plantio foi atingida nos tratamentos com esterco a partir dos 18 meses (estipe principal) e 27 meses (perfilhos). Os tratamentos com esterco foram os que apresentaram maior Taxa de Crescimento Relativo de matéria seca no estipe principal e, no primeiro perfilho foram os tratamentos com esterco e adubo mineral parcelado. O período de estiagem reduziu a Taxa de Assimilação Líquida e os tratamentos com esterco foram os menos afetados. O rendimento do palmito na planta principal não apresentou diferença entre as plantas com e sem espinhos ( $1045,4$  e  $1036,8 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, em 12 meses de colheita), mas, nos perfilhos as plantas com espinhos produziram mais do que sem espinhos com  $1407,4$  e  $1036,9 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, porém, o número de perfilhos por planta mostrou uma tendência maior em plantas sem espinhos.

Na Amazônia Central, trabalhos realizados com plantas bem nutridas mostram que as mesmas não sofrem com estresse hídrico, e nem alterações no tamanho e diâmetro do palmito. Freire (2011) avaliando o palmito coletado em diferentes estações climáticas da Amazônia Central observou que a fibra solúvel diminui apenas no final do período chuvoso e a fibra insolúvel no final de

período chuvoso ao início do período de seca e, aumenta no final do período de seca para o início do período chuvoso. A adubação que tem promovido melhor desempenho na produção de palmito e do estipe tenro é o uso do esterco associado à adubação mineral nos dois primeiros anos e, no terceiro ano não mostrou a diferença entre outros adubos utilizados (Yuyama & Coelho, 2011).

## DENSIDADE DE PLANTAS

Gomes et al., (1987) estudando adensamento de pupunheira para produção de palmito, determinaram que no espaçamento de 1,5 x 1,5 m obteve maior produção de palmito comestível, e observaram que houve diferença significativa para o peso do palmito entre os espaçamentos 1,5 x 1,5 m; 2 x 2 m; e 2,5 x 2,5 m. O trabalho realizado por Chalá (1993) mostra que o plantio com maior densidade 16.666 plantas ha<sup>-1</sup>, produziu maior número e peso do palmito ha<sup>-1</sup>, seguido de 14.183 plantas e 10.000 plantas, sendo que a menor produção registrada foi com 2.500 plantas, no primeiro e segundo ano de corte. Mora Urpi et al., (1997) relataram que no quinto ano de corte este experimento estabilizou o patamar de produtividade 1,65 a 2,25 t ha<sup>-1</sup> de palmito para todas as densidades (variou de 2.500 a 16.666 plantas ha<sup>-1</sup>). Yuyama & Costa (1994) relatam que a touceira com maior número de perfilho por planta (três perfilhos) produziu maior número e peso de palmito em relação à de um ou dois perfilhos. Em Manaus, Yuyama et al., (1998) em um ensaio de adubação e densidade de plantas (3.333, 5.000 e 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>) os resultados encontrados para o número de estipe colhidos e produção de palmito foram: 58% das plantas, 281 kg de palmito, 450 kg de estipe tenro; 28% das plantas, 209 kg de palmito, 263 kg de estipe tenro e 40% das plantas, 488 kg de palmito e 767 kg de estipe tenro, respectivamente.

Bezerra & Yuyama (2005) trabalhando com diferentes densidades e espaçamentos (1x0,5 m; 1x1 m; 1,5x0,5 m; 1,5x1 m; 2x0,5 m e 2x1 m) com a aplicação de calcário dolomítico de 1,0 t ha<sup>-1</sup> em todas as áreas e mesma adubação por cova utilizado por Yuyama et al., (2001) (2 kg por cova de esterco de galinha + 225-90-180 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O), mostraram que não houve diferenças no crescimento de planta principal em todos os tratamentos. O número e peso do palmito colhido nos primeiros cinco meses foi maior na densidade de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup> e espaçamento menor (1x0,5 m). Houve diminuição no diâmetro do palmito em espaçamento de (1 x0,5 m e 1,5x0,5 m), mas não foi inferior a 2 cm.

Yuyama e Coelho (2011) avaliaram a produção de palmito de pupunheira submetida a diferentes densidades e tipos de adubação, durante três anos

em condições climáticas da Amazônia Central e concluíram que o espaçamento menor (1x0,5 m) foi superior em produção de palmito, do estipe tenro e quantidade de estipe colhida, em três anos de avaliações com a produção acima de 6,2 t/ha/ano de palmito (palmito e estipe tenro). A quantidade de estipe colhida mostra que a maior densidade de plantas por área promoveu maior perfilhamento e, conseqüentemente, maior quantidade colhida de estipe e palmito por área. Entre os diferentes anos de extração o número de estipe colhido no espaçamento de 1x0,5 m mostrou maior quantidade no terceiro ano de avaliação e no espaçamento de 1x1 m tendem a estabilizar a partir do segundo ano. A adubação com mineral+esterco proporcionou a maior produção de palmito no primeiro ano e decresceu do segundo para o terceiro ano, enquanto composto+mineral mostrou aumento gradativo. A adubação com mineral+esterco é importante na precocidade da produção de palmito concordando com resultados obtidos por Yuyama et al., (2005), Bezerra e Yuyama (2006) e Yuyama et al., (2010).

Leandro et al., (2011), em um trabalho realizado com produção e biometria de palmito de pupunheiras submetidas a diferentes densidades e tipos de adubação no primeiro ano de colheita, também confirmou o nível de produção superior em espaçamento de 1x0,5 m, além da precocidade no corte do palmito.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recomendação tecnológica do cultivo de pupunheira para produção de palmito, com início de colheita em um ano, na Amazônia Central:

- a) Utilizar sementes selecionadas de pupunheiras inermes de espinho na bainha e estipe, que tem quatro perfilhos ou mais com plantas que produziram palmito maior de 45 cm;
- b) Cultivar mudas com pelo menos 4 folhas e altura de 15 cm (do colo da planta a bifurcação das últimas duas folhas);
- c) Efetuar o plantio no início de período chuvoso;
- d) Usar 1,0 T ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico para correção de pH, para tornar os nutrientes mais disponíveis para as plantas;
- e) Usar adubação de 2 kg planta<sup>-1</sup> ano de esterco de galinha e complementar com 225-90-180 kg ha<sup>-1</sup> ano de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, e efetivar o parcelamento em três vezes para os adubos com N e K<sub>2</sub>O.
- f) Para obtenção de número maior de estipe e produção de palmito por área, plantar em maior densidade (1 x 0,5 m = 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bezerra, R.L.; Yuyama, K. 2005. Efeito de alguns espaçamentos no crescimento e produção de palmito de pupunheira na Amazônia Central. Jornada de Iniciação Científica, 14. *Anais...* Manaus, INPA/PIBIC/CNPq/FAPEAM, resumo agro11.
- Bezerra, R.L.; Yuyama, K.; Pereira, B.G. 2004. Produção de mudas de pupunheira submetidas a diferentes tipos de solos, adubação e sombreamento. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 18. *Anais...* Florianópolis, SC, SBF, resumo nº 214. 4p.
- Bonaccini, A.L. 1999. O mercado de palmito nacional e internacional. In: *Anais Seminário do Agronegócio de palmito de pupunheira na Amazônia, 1*. Porto Velho, p. 15-18.
- Cantarella, H.; Bovi, M.L. 1995. Extração e reciclagem de nutrientes em plantas de pupunha. In: *Anais Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 25*. Viçosa, SBSCS, p. 788-789.
- Chalá, V.H. 1993. Evaluación de 8 densidades de siembra de *Bactris gasipaes* para la producción de palmito en la Region Amazonica Ecuatoriana. In: Mora Urpi, J.; Szott, L.T.; Murillo, M.; Patiño, V.M. (eds.). *Congreso Internacional sobre biología, agronomía e induatrización del pijuayo, 4*. San José, C.R., UCR. p. 255-266.
- Flores, W.B.C.; Noda, H.; Clement, C.R. 1990. Genetic phenotypic studies on spines in pejibaye (*Bactris basipaes* H.B.K., Palmae). *Rev. Bras. de Genética*, 13(2): 305-312.
- Flores, W.B.C. 2002. *Padrão de desenvolvimento da pupunheira (Bactris gasipaes Kunth) com e sem espinhos, em diferentes formas de adubação para a produção de palmito na Amazônia Central*. INPA. (Tese de doutorado).
- Gomes, J.B.M.; Menezes, J.M.T.; Viana, P. 1987. Efeito de níveis de adubação e espaçamento na produção de palmito de pupunheira em solos de baixa fertilidade na região de Ouro Preto D'Oeste. In: *Anais do Encontro de Pesquisadores de Palmito, 1*. Centro Nacional de Pesquisas Florestais/ Curitiba, EMBRAPA. p. 261-266.
- Herrera, B.W. 1989. Fertilización del pejibaye para palmito. *Boletín informativo "Pejibaye (Guilielma)"*. Costa Rica, abril-junio 1(2): p. 4-10.
- Leandro, R.C.; Yuyama, K.; Coelho, E.C.S. 2011. Produção e Biometria de palmito de pupunheiras submetidas a diferentes densidades e tipos de adu-

bação no primeiro ano de colheita, na Amazônia Central. In: I Simpósio Brasileiro da pupunheira, 2011, Ilhéus. Desenvolvimento com Sustentabilidade. Ilhéus: UESC. p. 1-4.

Mora Urpí, J.; Weber, J.C.; Clement, C.R. 1997. *Peach Palm, Bactris gasipaes Kunth: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research IPK, Gatersleben/international Plant Genetic Resources Institute IPGRI, Rome. 83p.

Mora Urpi, J.; Arias, A.B. & Oquendo, C.A. 1999. Cultivares de pejibaye para palmito. In: Mora Urpi, J. & Echeverria, J.G. (Eds.). *Palmito de Pejibaye (Bactris gasipaes Kunth): su cultivo e industrialization*. San José, CR.: UCR, p. 39-47.

Nascimento, T.B. 2003. *Nutrição mineral, queda de frutos e produção de pupunheira (Bactris gasipaes Kunth) sem espinhos na Amazônia Central*. Manaus, INPA, 65p. (Tese de Doutorado).

Portela, A.C.; Falcão, N.P.S. 1999. Caracterização de sintomatologias de carências nutricionais em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), cultivadas em solução nutritiva. *VIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA*. Manaus-AM. AGR-01: 247-250.

Sousa, E.C.C.; Yuyama, K. 1999. Efeito da cobertura plástica, substrato e profundidade de semeadura sobre a emergência da plântula da pupunheira. *VIII Jornada de Iniciação Científica do INPA*. Manaus-AM. AGR-05:263-266.

Tabora, P.C.; Medlicott, A.; Ramirez, T.; Salgado, T. 1993. Advances in the evaluation of palm-heart sources in Honduras. In: *Congreso Internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo, 4*. Mora Urpí, J.; Szott, L.T.; Murillo, M.; Patiño, V.M. San Jose, CR. UCR. P.225-235.

Villachica, H. 1996. *Cultivo del Pijuayo (Bactris gasipaes Kunth) para palmito em la Amazônia*. Lima, TCA, 153p.

Yuyama, K.; Costa, S.S. 1994. Estudo da altura do corte de pupunheira para extração de palmito. *Rev. Bras. Frutic.*, 16(2):77-82.

Yuyama, K.; Flores, W.B.C. 1996. Comportamento de Progenies de meios-irmãos de pupunheira (*Bactris gasipaes*, Kunth). *Rev. Bras. Frutic.*, 18(1):93-98.

Yuyama, K. 1997. Sistemas de cultivo para produção de palmito de pupunheira. *Horticultura Brasileira*, 15:191-198. (Suplemento).

Yuyama, K.; Oliveira, L.A. 1997. Pesquisas com culturas anuais para produção de grãos. In: Noda H.; Sousa, L.A.G.; Fonseca, O.J.M. (Ed.). *Dois*

*décadas de contribuições do INPA à Pesquisa Agrônômica no Trópico Úmido.* Manaus, INPA, p. 89-109.

Yuyama, K.; Flores, W.B.C.; Benjó, E. A. 1997. Efeitos de espaçamentos e adubação no desenvolvimento da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) para produção de palmito. *Horticultura brasileira*, v.15 Resumos, nº 336.

Yuyama, K.; Flores, W.B.C.; Clement, C.R.; Pires, S.D.S.; Nascimento, S.A. 1998. Espaçamento e Adubação no desenvolvimento e produção de palmito de pupunheira. *Resumos do Congresso Brasileiro de Olericultura*, XXXVIII. Petrolina, SOB, nº 336.

Yuyama, K.; Mesquita, S.M.S. 2000. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) transplantadas em diferentes estádios de plântula, substratos e volume de substrato. *Acta Amazonica*, 30(3):515-520.

Yuyama, K.; Costa, S.S.; Silva, I.A. 2001. Produção de palmito de pupunheira (*Bactris gasipaes*) com o uso de adubo orgânico e mineral. In: Reunião Especial da SBPC, Manaus, AM. *Anais da Reunião especial da SBPC*, 7RE.

Yuyama, K.; Falcão, N.S.; Pereira, B.G. 2001. Efeitos de calagem e adubação química sobre o crescimento e produção de palmito da pupunheira na Amazônia Central. *XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Ciência do solo: Fator de produtividade competitiva com sustentabilidade*. Londrina-Paraná, nº 0576.

Yuyama, K.; Flores, W.B.C.; Clement, C.R. 2002. Pupunheira. *Melhoramento de Fruteiras Tropicais*. Viçosa: UFV: 411-422.

Yuyama, K.; Flores, W.B.C.; Pereira, B.G.; Silva, I.A. 2005. Efeito da densidade de plantas e da adubação NPK na produção inicial de palmito de pupunheira. *R. Bras. Ci. Solo*, 29(3):373-378.

Yuyama, K.; Leandro, R.C.; Coelho, E.C.S. 2010. Efeito de espaçamento e adubação na produção de palmito de pupunheira, no período de 2007 a 2010, na Amazônia Central. In: Congresso da Sociedade Brasileiro de Sistema de Produção, 8., 2010, São Luís, MA. *Anais...* UEMA, p. 322-325.

Yuyama, K.; Coelho, E.C.S. 2011. Avaliação da produção de palmito de pupunheira submetida a diferentes densidades e tipos de adubação, durante três anos em condições climáticas da Amazônia Central. In: I Simpósio Brasileiro da pupunheira, 2011, Ilhéus, BA. *Desenvolvimento com Sustentabilidade*. UESC.

# RENDIMENTO PRODUTIVO E ECONÔMICO DA PUPUNHA, MANDIOCA, BANANA-PACOVÃO, ABACAXI E URUCU, EM MONOCULTIVOS E CONSÓRCIOS NA REGIÃO DE MANAUS, AM

João Batista MOREIRA GOMES<sup>1</sup>, Luiz Antônio de OLIVEIRA<sup>1</sup>

**Palavras chave:**

Agrosilvicultura, Fruticultura, Sistemas de Produção, Produção, Renda

## INTRODUÇÃO

O aumento demográfico de algumas regiões do Estado do Amazonas pressiona a terra pelo uso indiscriminado, causando impactos sobre o sistema natural ao introduzir atividades produtivas no setor agropecuário. Sistemas de produção apropriados devem ser planejados e manejados para reduzir ao mínimo possível às perturbações ambientais, assim como proporcionar ao produtor uma produtividade e renda compatíveis com seu sistema de vida.

As afirmações sobre o uso dos solos com florestas foram citadas por Pereira (1981), onde áreas ocupadas por densas florestas que detenham volumetria superior a 150 m<sup>3</sup> de madeira por hectare, devem ser destinadas ao manejo florestal. Por outro lado, aquelas com aptidões físico-químicas apropriadas para uso agrícola, devem ser incorporadas ao processo produtivo.

A maioria dos solos do Amazonas consiste de latossolos e podzólicos, caracterizados pela baixa fertilidade e elevada acidez com alta saturação de alumínio, restringindo seus usos agrícolas. Nesses solos a implantação de sistemas agroflorestais com essências florestais, frutíferas, leguminosas e outras espécies de plantas em combinações, é uma alternativa econômi-

---

<sup>1</sup> Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: mgomes@inpa.gov.br.

ca e ecologicamente viável na região (Oliveira, 1991). A utilização do método similar ao Sistema Taungya adequa-se às condições edafoclimáticas regionais, posto que proporciona uma cobertura vegetal produtiva com rendimentos de espécies de ciclo curto na fase inicial das espécies perenes, possibilitando melhor aproveitamento dos espaços e produzindo em curto período de tempo. Este sistema favorece a recolonização da microflora e fauna após a perturbação do solo, contribuindo com restos orgânicos para melhorar a fertilidade, além de reduzir a ação erosiva das águas pluviais.

A importância dos sistemas agroflorestais tem sido demonstrada através da diversificação de espécies que compõem esses sistemas, como também, pelos produtos retirados para a alimentação e para a renda familiar do produtor (Alvim & Nair, 1986; Rodrigues, 1998). Poucas pesquisas foram conduzidas para comprovar a eficiência e produtividade do cultivo consorciado entre pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.), mandioca (*Manihot sculenta* Crantz), banana-pacovão (*Musa x paradisiaca*), abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.) e urucu (*Bixa orellana* L.). Este trabalho contribui com a produtividade e a renda na agricultura familiar, indicando sistemas produtivos ao agricultor com pouco ou nenhum conhecimento de consorciação.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Um experimento foi instalado em abril de 1986, em Latossolo Amarelo, textura argilosa, na Fundação Centro de Apoio ao Distrito Agropecuário – FUCADA/SUFRAMA, na BR 174, km 45, município de Manaus, AM, para avaliar os sistemas de cultivo propostos abaixo.

Sistema pupunha: O germoplasma foi colhido de plantas miscigenadas da coleção da Estação Experimental de Fruticultura, então Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônomicas – CPCA/INPA. O plantio foi realizado no espaçamento 5,0 x 5,0 m dimensionando parcela de 20 x 30 m, equivalente a 600 m<sup>2</sup>; abriram-se covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m que receberam 24 mudas com média de 45 cm em altura total. Quando em consórcios, respeitou-se um espaço livre de 1,50 m de raio em relação às árvores de pupunha. A adubação aplicada por cova foi de 1 kg de esterco de galinha curtido, misturado com terriço superficial juntamente com 0,10 kg de superfosfato triplo, na ocasião do plantio. Avaliaram-se o percentual de árvores produtivas e a produção de frutos correspondentes a oito plantas úteis, como também as rendas dos monocultivos e dos consórcios.

Sistema pupunha *versus* mandioca: A cultivar usada foi a IM-159/INPA, vulgarmente conhecida como “olhudinha”, com produção média próxima

a 20 t/ha em terra firme e acima deste patamar em várzea (Arkcol, 1981); o espaçamento empregado foi 1 x 1 m dentro da parcela, deitando-se estacas de 20 cm com boa sanidade nas covas e a 10 cm de profundidade; avaliaram-se a produção das raízes frescas em quilograma por hectare (kg/ha), em monocultivo e em consórcio no ano I.

Sistema pupunha *versus* banana-pacovão: A cultivar pacovão apresenta regimes florais pequenos, originando cerca de 20 a 35 bananas. Plantaram-se mudas entre 50 a 80 cm em altura total utilizando o espaçamento 5 x 5 m, nos intervalos entre quatro pupunhas e no monocultivo; abriram-se covas em 40 x 40 x 40 cm que receberam na ocasião do plantio, dois litros de esterco de galinha curtido misturado com terriço superficial. Avaliaram-se a produção em quilograma por hectare a partir da produção no ano I.

Sistema pupunha *versus* abacaxi: O procedimento utilizado para obtenção do germoplasma do abacaxi teve como base a prática dos produtores locais, a partir de rebentos basais obtidos após a colheita, ressaltando-se os cuidados fitossanitários, nem sempre observados pelos agricultores. Coletaram-se rebentos da cultivar “pérola” em plantios no final de safra e foram plantados no espaçamento de 1,5 m entre linhas e 1,0 m entre plantas, em covas de 10 cm de profundidade. Os frutos do abacaxi foram avaliados em quilograma por hectare a partir do ano II.

Sistema pupunha *versus* urucu: A relação produtiva do urucu em consórcio com pupunha não é bem conhecida e neste consórcio foi utilizada a cultivar Verde Comum; foram produzidas mudas do mesmo germoplasma e plantadas aos 60 dias, orientadas a 5 x 5 m, em covas com 30 x 30 x 30 cm, nos intervalos do plantio de pupunha. Avaliaram-se a produção em quilograma por hectare, a partir da segunda safra, por apresentar melhor consistência produtiva, tanto no consórcio quanto no monocultivo no ano III.

Os monocultivos da mandioca, banana-pacovão, abacaxi e urucu foram avaliados como referência para as produções dos sistemas consorciados, enquanto que nos cálculos de renda foram considerados os preços dos produtos do mercado de Manaus, em moeda nacional, transformados em dólares pelo câmbio de 26/08/1993.

O plantio observou um delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 20 parcelas correspondentes a cinco tratamentos com as espécies pupunha, mandioca, banana-pacovão, abacaxi e urucu, para avaliar a produtividade e rendimento econômico de sistemas consorciados.

As espécies apresentaram comportamentos produtivos cuja viabilidade econômica está diretamente relacionada com os custos de produção de acordo com os níveis de manejo exigidos e os valores de mercado de seus produtos básicos. Todos os tratamentos experimentaram o mesmo manejo de carpas e roçagens para controle das ervas invasoras ao apresentar risco de competição. Utilizou-se a análise de variância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, através do programa SAS STAT (1988). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

## CONSORCIAMENTO DE FRUTÍFERAS EM SOLO DE TERRA FIRME

Os dados da Tabela 1 são referentes às plantas efetivamente produtivas durante os anos IV, V e VI, está demonstrada na Tabela 1. Verifica-se que o plantio da pupunha no espaçamento 5x5 m resulta em 400 árvores por hectare. A esperança em obter produção em 100% das árvores não é verdadeira, considerando o número expressivo de plantas inviáveis nas safras dos anos IV, V e VI, em relação ao material germoplasma estudado.

**Tabela 1.** Árvores produtivas de pupunha em monocultivo ou consorciada com mandioca, banana-pacovão, abacaxi ou urucu, em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central.<sup>1</sup>

Sistemas	Árvores produtivas (%/ha*)		
	Ano IV	Ano V	Ano VI
Pupunha	34,4	53,1 b	34,4
Pupunha versus mandioca	40,6	84,4 a	53,1
Pupunha versus banana-pacovão	50,0	65,6 ab	78,1
Pupunha versus abacaxi	37,5	71,9 ab	78,1
Pupunha versus urucu	40,6	59,9 b	43,7
Média anual	40,6	66,9	53,7
Coefficiente de Variação (%)	57,6	20,2	39,0

\* 400 plantas.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

O consórcio pupunha *versus* mandioca revelou um percentual de plantas produtivas de pupunha correspondente a 337 árvores por hectare; este percentual de árvores férteis é significativo ao nível de 5% pelo teste de

Tukey, comparado ao monocultivo pupunha, que totalizou 212 plantas, comportamento idêntico ao consórcio pupunha *versus* urucu, que apresentou 239 plantas produtivas de pupunha, praticamente a metade das árvores por hectare. Já o consórcio pupunha *versus* banana-pacovão e pupunha *versus* abacaxi, respectivamente com 262 e 297 plantas viáveis, não apresentaram significância. Essas variações de plantas produtivas ocorreram no ano V, enquanto que nos anos IV e VI todos os tratamentos analisados foram estatisticamente iguais.

As vantagens comparativas entre os sistemas avaliados quanto às produções e aos rendimentos econômicos estão apresentadas pelas Tabelas 2 e 3. A produção de pupunha no consórcio com a mandioca totalizando 1,23 t/ha/ano, é praticamente o rendimento do monocultivo que produziu 1,06 t/ha/ano. A FAO, (1987), menciona 6 t/ha/ano, considerando o limite mínimo da planta em três quilogramas por cacho. A mandioca não interfere na produção da pupunha; o consórcio é até positivo, pois permite aumentar a produtividade da área em benefício do agricultor. Estes dados confirmam Clement (1989), ao mencionar a pupunha como tolerante à competição de espécies de porte mediano.

**Tabela 2.** Produção de mandioca, banana-pacovão, abacaxi e urucu em monocultivos e consorciações, em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central.<sup>1</sup>

Sistemas	Produções (t/ha)							Totais
	Ano I	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V	Ano VI	
Mandioca	9,74*	-	-	-	-	-	-	9,74*
Banana-pacovão	-	3,51	-	-	-	-	-	3,51
Abacaxi	-	-	2,71	-	-	-	-	2,71
Urucu	-	-	-	0,35	-	-	-	0,35
Pupunha	-	-	-	-	0,81	1,81	0,57	3,19
Pupunha x mandioca	9,27*	-	-	-	0,66	1,92	1,11	12,96
Pupunha x banana-pacovão	-	4,43	-	-	1,67	2,68	1,71	10,49
Pupunha x abacaxi	-	-	5,73	-	1,73	2,23	1,80	11,49
Pupunha x urucu	-	-	-	0,34	0,62	2,17	0,91	4,04

\* Raízes frescas (30% MS).

**Tabela 3.** Renda (em US\$) de mandioca, banana-pacovão, abacaxi e urucu em monocultivos e consorciados, em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central.<sup>1</sup>

Sistemas	Rendas (US\$/ha)							Totais
	Ano I	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V	Ano VI	
Mandioca	483*	-	-	-	-	-	-	483*
Banana-pacovão	-	703	-	-	-	-	-	703
Abacaxi	-	-	373	-	-	-	-	373
Urucu	-	-	-	231	-	-	-	231
Pupunha	-	-	-	-	446	996	314	1756
Pupunha x mandioca	459*	-	-	-	363	1057	611	2490
Pupunha x banana-pacovão	-	888	-	-	919	1475	947	4224
Pupunha x abacaxi	-	-	789	-	952	1228	991	3959
Pupunha x urucu	-	-	-	225	341	1195	501	2261

\* Farinha (30% MS).

O cultivo da mandioca em 84% de área útil dentro da parcela de pupunha, rendeu 9,27 t/ha, coerente com a média do rendimento de 8 a 12 t/ha afirmado por Xavier et al (1991). No monocultivo, a mandioca produziu 9,74 t/ha de raízes frescas, indicando a manutenção da sua capacidade produtiva, sendo uma boa opção para consorciações.

Os resultados de produção (t/ha) demonstram que a pupunha produziu frutos apenas a partir do ano IV, V e VI, acumulada em 3,19 t, proporcionando renda de US\$ 1,756.00/ha. Isto atesta a importância da ocupação dos espaços vazios para aperfeiçoar produções e incrementar rendas em curto período, constituindo fator de amortização de custeio.

No ano II, a produção de 9,27 t de mandioca adicionada à produção da pupunha resultou numa produção acumulada de 12,96 t/ha e uma renda total de US\$ 2,490.00/ha, um aumento em relação ao monocultivo da pupunha de 9,77 t de produtos (12,96-3,19 t) e de US\$ 734.00/ha (US\$ 2,490.00-US\$ 1,756.00). Em relação ao monocultivo da mandioca, esse aumento foi respectivamente de 3,22 t (12,96-9,74) e US\$ 2,007.00 (US\$ 2,490.00-US\$ 483.00).

No consórcio da pupunha *versus* banana-pacovão, a partir do ano I, ambas as espécies apresentaram bons rendimentos. Na análise do ren-

dimento da pupunha dentro do consórcio, a produção média de 2,02 t/ha/ano é bem melhor que as produções nas demais combinações, praticamente dobrando a produção da pupunha em monocultivo, que foi em média 1,06 t/ha/ano.

A banana-pacovão consorciada no espaçamento 5 x 5 m, alcançou rendimento de 4,43 t/ha/ano, superior à produção de 3,51 t/ha/ano no monocultivo, com o mesmo espaçamento. A extensão e a pesquisa representadas por EMATER e EMBRAPA-PE, 1982, mencionam que arrendatários ou proprietários de pequenas áreas, sem uso das mínimas técnicas, obtêm rendimentos de 4 a 6 t/ha para a banana-pacovão. Estima ainda, uma produção de 7 a 9 t/ha em caso da adoção de sistema com melhor manejo. Foi verificado que o rendimento obtido no consórcio é equivalente aos níveis das produções preconizadas por essas instituições.

No Estado do Amazonas, a maioria dos produtores que trabalham em alguns municípios, em áreas de terra firme, produz até 2000 cachos/ha/ano no espaçamento 3 x 3 m, manejando perfilhos (EMBRAPA/AM, 1975), sem fazer referência específica à cultivar e ao rendimento em peso. Analisando o sistema pupunha *versus* banana-pacovão, observa-se maior produção acumulada e rendimento econômico que no monocultivo com essas espécies. A produtividade do monocultivo de 3,19 t/ha da pupunha nos anos IV, V e VI ou 4,43 t/ha da banana-pacovão, subiu para acumular 10,49 t/ha no consórcio. O rendimento econômico aumentou de US\$ 1,756.00/ha no caso da pupunha ou US\$ 703.00/ha no caso da banana, para US\$ 4,224.00/ha, a maior renda observada neste estudo.

O rendimento de 1,92 t/ha/ano para a pupunha em consorciação com o abacaxi também foi praticamente o dobro, comparado ao de 1,06 t/ha/ano do monocultivo. O abacaxi no consórcio produziu 5,73 t/ha, utilizando 86% da área da parcela de pupunha, que no espaçamento 1,5 x 1,0 m representa uma redução de 933 plantas do total de 6660 plantas por hectare do monocultivo, equivalendo cerca de 1,00 t/ha a menos em relação à média de 1,0 kg no peso por fruto. O rendimento de 2,71 t/ha, com média por fruto de 0,40 kg obtido no monocultivo, foi obtido com o mesmo manejo dispensado ao cultivo consorciado, isto é, nas mesmas condições de solo, época de plantio, idade da muda e tratos culturais.

Os agentes de desenvolvimento rural EMATER e EMBRAPA-AM, 1976, incentivam a cultura do abacaxi com base na produção 7000 frutos por hectare sem utilização de insumos modernos. Considerando a média de

1,00 kg. por fruto obtido neste estudo, produtores cultivando de dois a cinco hectares em condições rudimentares, teriam 7 t/ha de frutos.

A média da produção no Estado do Amazonas relatada pelo Instituto de Tecnologia de Alimentar – ITAL, 1978, variou entre 4,55 t/ha em 1965 a 5,85 t/ha em 1972. Deste modo, o rendimento de 5,73 t/ha obtido no consórcio pupunha *versus* abacaxi representa 5730 frutos por hectare, semelhante aos dados da literatura. Por outro lado, esta produção é superior em dobro à produção obtida no monocultivo. É importante destacar que neste consórcio observou-se um aumento da produtividade em relação aos monocultivos, de 3,19 t/ha nos anos IV, V e VI (pupunha) ou 2,71 t/ha no ano II (abacaxi), para 11,49 t/ha quando somados os rendimentos produtivos. Em termos econômicos, a renda subiu de US\$ 1,756.00 (pupunha) ou US\$ 373.00 (abacaxi) para US\$ 3,959.00, considerando o somatório da renda produzida por esta consorciação.

A produção da pupunha obtida no consórcio com o urucu alcançou média de 1,23 t/ha/ano, pouco superior ao rendimento médio de 1,06 t/ha/ano obtido no monocultivo. Silva & Dias (1987), ao analisar a produção da pupunha em consorciação com o cacau, verificaram que a capacidade produtiva de 4,5 t/ha no espaçamento 6x6 m não sofreu interferência comparado aos monocultivos, apesar da adubação ministrada no cacau; por analogia, o urucu também não demonstrou interferir na produção quando consorciado com a pupunha.

O rendimento de 0,34 t/ha de sementes do urucu no consórcio é similar a 0,35 t/ha obtido no monocultivo, com o espaçamento 5 x 5 m. Estes rendimentos estão aquém da produção entre 1,8 a 2,3 t/ha/ano relatadas pela EMATER-RO, (1991), em plantas adultas, no espaçamento 4 x 4 m.

No município de Iranduba, na Região Metropolitana de Manaus, o produtor Otani (comunicação pessoal) afirmou ter obtido 0,8 t/ha/ano de sementes de urucu consorciado com o guaraná. Verifica-se que a produção do urucu consorciado com a pupunha é praticamente 50% inferior àquela produzida pelo agricultor.

Quando se compara o sistema pupunha *versus* urucu aos seus monocultivos, é evidente a vantagem do consórcio, com produtividade total foi 4,04 t, enquanto que o monocultivo da pupunha resultou em produtividades de 3,19 nos anos IV, V e VI e do urucu em 0,35 t no ano III. O rendimento do consórcio também foi superior em US\$ 2,261.00/ha em relação ao monocultivo da pupunha que somou US\$ 1,756.00, e ao monocultivo do urucu que rendeu US\$ 231.00 no ano III.

## CONCLUSÕES

A produção de pupunha não foi prejudicada pelas consorciações com mandioca, banana-pacovão, abacaxi e urucum e suas produções são similares aos níveis das produções dos monocultivos, exceto ao abacaxi. O consórcio mais produtivo foi pupunha *versus* mandioca, seguido de pupunha *versus* abacaxi e pupunha *versus* banana-pacovão. Os consórcios que apresentaram maiores rendas foram pupunha *versus* banana-pacovão e pupunha *versus* abacaxi. Os usos de espécies com importância econômica em combinações com a pupunha possibilitaram maiores produtividades por área cultivada, quando suas produções foram adicionadas. As culturas de ciclo curto a intermediário em consorciação com a pupunha resultou em aumento da produtividade e rendimento econômico da propriedade rural. O produtor garante um retorno econômico antes que a pupunha inicie a produção de frutos, ocorrendo uma compensação financeira mais rápida pelo investimento feito na propriedade.

## AGRADECIMENTOS

À Dra. Suely de Sousa Costa, pela assessoria em estatística; Ao M.Sc. Johannes van Leeuwen, pela colaboração na interpretação dos dados; Ao M.Sc. Jorge Emídio de Carvalho Soares pela contribuição técnica. Ao Técnico em agricultura Paulino Viana Filho e equipe de campo pela dedicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvin, R.; Nair, P.K.R. Combination of cocoa with other plantation crops: an agroforestry system in southeast Bahia, Brazil. *Agroforestry Systems*, 4:3-15, 1986.

Arckoll, D.B. 1981. Algumas variedades interessantes de mandioca (*Manihot sculenta* Crantz) da Amazônia. *Acta Amazonica*, 11(2):207-212.

Clement, C.R. 1989. The potential use of the pejibaye palm in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 7: 201-212.

EMATER, 1991. *Urucuzeiro*. Porto Velho-RO. 16p.

EMATER/EMBRAPA, 1976. *Sistema de produção para abacaxi: Manaus, Itacoatiara, Manacapuru*. Manaus/AM. 16p. (Sistema de produção. Boletim 35).

EMBRAPA, 1975. Sistema de produção para banana. Circular EMBRAPA/AM, Manaus. 54:12.

FAO. 1987. *Especies forestales productoras de frutos y otros alimentos. Ejemplos de America Latina*. Estudio FAO Montes 44/3:34-37.

ITAL, 1978. *Abacaxi: da cultura ao processamento e comercialização*. Serie Frutas Tropicais 2. Campinas. SP. 200p.

ITAL, 1985. *Banana: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos*. 2ª ed. rev. e ampl. Campinas. SP. 302p.

Oliveira, L.A. Ocupação racional da Amazônia: o caminho para preservar. In: Val, A.L.; Figliuolo, R.; Feldberg, E. (Eds.). *Bases Científicas para Estratégias de preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*. Manaus, INPA. 1991. p. 47-52.

Pereira, J.M. 1981. *O setor primário: Alternativas para ocupação e desenvolvimento. Estudo de caso: O Estado do Amazonas*. Manaus, Imprensa Oficial do Estado do Amazonas. 100p.

Rodrigues, F.M.; Moraes, C.R.A.; Gasparoto, L. 1998. *Cost/benefit analysis of agroforestry systems. A case study*. In: Proceedings of the Third Shift Workshop. Manaus, p. 373-388.

Silva, I.C.; DIAS, A.C.C.P. 1987. Intercultivo de pupunheira com cacauieiro na Amazônia Brasileira. Resultados parciais. *Revista Theobroma*, 17(2):93-100.

Xavier, J. Jackson, B.N., GALVÃO, E.U.P., Mendes, R.A.; Silva, S.O. 1981. *Introdução e avaliação de cultivares/clones de mandioca em terra firme no Amazonas*. EMBRAPA-UEPAE, Manaus. 4p.

# QUALIDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS CÍTRICOS NA AMAZÔNIA CENTRAL

Jorge Hugo IRIARTE MARTEL<sup>1</sup>, Marcos Antônio de Freitas MENDONÇA<sup>2</sup>, Charles Roland CLEMENT<sup>1</sup>

## Palavras chave:

Laranjas, Tangerinas, Pomelos, Tangelo, Tangores, Índice Tecnológico

## INTRODUÇÃO

A citricultura é uma das mais importantes cadeias produtivas do agro-negócio do Brasil, destacando-se com maior número de plantas e em importância econômica (Avilés, 2009). A área cultivada com laranja no Brasil é de aproximadamente 833 mil ha, com rendimento médio de 22 mil kg/ha (FAO, 2010).

O Brasil é o maior produtor e exportador de suco cítrico concentrado do mundo, exportando quase 100% do que é produzido, o que corresponde a 1,2 milhões de toneladas métricas, equivalentes a mais de 80% da produção mundial de suco concentrado e congelado (FNP Consultoria e Comércio, 2009). A citricultura brasileira apresenta números expressivos que traduzem a grande importância econômica e social que a atividade tem para a economia do país. O setor citrícola brasileiro somente no Estado de São Paulo gera mais de 500 mil empregos diretos e indiretos (Azevedo, 2003).

---

1 Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: jhim@inpa.gov.br;  
2 Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Alguns fatores contribuem para o sucesso da citricultura brasileira, como condições climáticas favoráveis ao cultivo em todas as regiões; proximidade dos locais de produção dos grandes centros urbanos o que favorece o escoamento da produção; mão de obra disponível, e condições facilitadas de terras, além do suporte técnico gerado pelos institutos de pesquisa, públicos e privados (Costa, 2009). No Brasil, a área plantada com frutas cítricas está ao redor de 1 milhão de hectares e a produção supera 19 milhões de toneladas. O país é o maior exportador de suco concentrado congelado de laranja que, juntamente com os outros derivados exportados, tem gerado receitas de cerca de 1,5 bilhões de dólares anuais (FNP, 2010).

Na região Norte, existe aproximadamente 16.700 ha cultivados com laranjas, 745 ha com tangerinas e 1.174 ha cultivados com limas ácidas. Nos mercados globais a produção de frutas cítricas está em franca expansão. A produção mundial de laranjas passou de 56,5 milhões de toneladas, em 1999, para 69 milhões, em 2009, das quais o Brasil produziu 19,1 milhões de toneladas, e a região Norte produziu 256.354 t em 2009 (FNP, 2010). Por outro lado, a produção mundial de tangerinas foi de 21 milhões de toneladas em 2010, das quais o Brasil produziu 1,3 milhões e a região Norte contribuiu com 4.444 toneladas. A produção mundial de limões e limas ácidas foi de 14,3 milhões de toneladas em 2010, das quais o Brasil produziu 1.020.350 toneladas e a região Norte produziu 25.315 toneladas (FNP, 2010). Adicionalmente, as produções mundiais de toranjas e pomelos foram de 7 milhões de toneladas em 2010, das quais o Brasil produziu 72.100 toneladas, e a região Norte, apesar de possuir condições edafoclimáticas apropriadas para o cultivo destas variedades, pouco contribuiu (IBGE, 2011; FAO, 2012)

Do acima exposto, observa-se que apenas alguns cítricos são importantes no Norte do Brasil. A laranja doce (*Citrus sinensis* Osbeck) foi introduzida nas Américas por Cristóvão Colombo, trazida das Ilhas Canárias, e, por volta de 1540, foi introduzida no Brasil (Chapot, 1975). Existe hoje, um grande número de cultivares inclusive algumas que se originaram no Brasil. A tangerina (*C. reticulata* Blanco) foi introduzida mais tarde diretamente da península Ibérica. Outras tangerinas foram introduzidas muito mais tarde ainda, incluindo as Satsumas (*C. unshiu* Marc), as Mexericas (*C. deliciosa* Ten.) e as tangerinas do grupo King (*C. nobilis* Lour.).

Como no caso das laranjas doces, muitos cultivares desta espécie, foram introduzidos ao longo dos séculos. No Brasil, dois tipos de limas ácidas são importantes: a lima-ácida ‘Galego’ (*C. aurantifolia* Swing.), possivelmente originada na Índia, e ‘Tahiti’ (*C. latifolia* Tan.), de origem indiana.

Vale ressaltar que estas não são limões verdadeiros (*C. limon* Burm.), pois esta espécie é adaptada a climas temperados e somente tem alguma expressão no Rio Grande do Sul. O pomelo (*C. paradisi* Osbeck) é o mais tropical dos cítricos e foi introduzido no Brasil muito recentemente, sendo a única espécie cítrica originária das Américas, tendo sido encontrado no Caribe no final do século 18 e introduzido no Brasil vindo do estado americano da Flórida, por volta de 1809. Além deste grupo de espécies mais conhecidas, diversos híbridos chamam a atenção, incluindo os tangelos (*C. reticulata* x *C. paradisi*), cujo sabor é intermediário entre a tangerina e o pomelo, e os tangores (*C. reticulata* x *C. sinensis*), cujo sabor é intermediário entre a tangerina e a laranja.

A produção de laranja no Amazonas despertou o interesse dos produtores em virtude do bom preço que a fruta tem alcançado no mercado. O estado possui condições climáticas que favorecem o bom desenvolvimento da cultura (Silva, & Garcia, 1999). Atualmente o Estado do Amazonas possui uma citricultura emergente, com aproximadamente 4.000 ha plantado, onde 85% é laranja, 13% limões e 3% tangerinas e algumas poucas áreas com pomelos e outros cítricos. A produção destes cítricos concentra-se principalmente nos municípios de Manaus, Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Iranduba e Manacapuru (Anuário Estatístico, 2010).

A citricultura amazonense possui uma base genética excessivamente restrita, com um número muito limitado de cultivares de copa e um número menor ainda de porta-enxertos, o que a torna muito vulnerável a uma nova doença ou praga que venha acontecer. Como no resto do Brasil, o limão “Cravo” (*Citrus limonia* Osb.) é usado como porta-enxerto por 78% dos citricultores amazonenses. Este porta-enxerto é usado com restrição nas áreas citrícolas do Brasil, devido à Morte Súbita dos Citros.

Quando a Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônômicas do INPA foi criada, detectou-se no Estado de Amazonas uma deficiência de pesquisas com fruteiras, tanto exóticas como nativas. Considerando

a importância dos cítricos (em segundo lugar em área plantada, após as bananas – *Musa spp.*), o grupo de pesquisas em Fruticultura do INPA, resolveu introduzir uma coleção variada de citros, após consultar especialistas no Instituto Agrônomo de Campinas e da Embrapa, Mandioca e Fruticultura.

Iriarte Martel et al. (1995, 1996a, 1996b, 1996c) analisaram alguns aspectos físico-químicos dos frutos, em plantas remanescentes desta coleção a partir de 1993, enfatizando as regras internacionais de qualidade de frutos cítricos. Entre os critérios mais importantes adotados a nível nacional e internacional está o Índice Tecnológico, que segundo Chitarra & Chitarra (1990), estima a relação existente entre as percentagens de suco e os sólidos solúveis totais (Brix), independentes das condições climáticas, como o excesso ou a falta de chuvas no período de formação dos frutos. Isto possibilita comparar a qualidade dos frutos, com outras regiões, com condições climáticas bem distintas. Cabe frisar que este Índice é mais recomendado nas indústrias de sucos concentrados, para avaliar a matéria prima (Chitarra & Chitarra, 1990). Para as condições de Manaus, pode ser empregado também para estimar as melhores variedades já que relacionam percentagens de suco e graus Brix, dois parâmetros importantes na qualidade dos frutos cítricos. O presente capítulo aponta as variedades cítricas que merecem estudos mais completos em nível regional.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Devido à importância que os citros representam para a região o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia introduziu uma coleção de citros em 1980. A coleção usou material genético proveniente do Instituto Agrônomo de Campinas, Estação de Cordeirópolis, SP, após discussão com os Drs. Ody Rodrigues e Jorge Pompeu Jr. (comunicação pessoal).

As variedades testadas foram recomendadas como potencialmente promissoras para a região e incluíram as laranjas: 'Baianinha', 'Bahia Cabula', 'Diva', 'Folha murcha', 'Hamlin', 'Mangaratiba', 'Mortela', 'Muito Tardia', 'Natal', 'Pêra Rio', 'Perão', 'Ruby', 'São Miguel', 'Sanguínea Mombuca', 'Seleta Branca', 'Seleta Itaboraí', 'Valência' e 'Westin'; as tangerinas: 'Mexerica do Rio', 'Szinkon', 'Szwuikon', 'Sunwuikon', 'Mexerica Comum', 'Kinnow', 'Cravo', 'Muito Precoce', 'Muito Tardia' e 'Gale King'; os pomelos

‘Thompson’, ‘Pernambuco’, ‘Duncan’, ‘Ruby Red’ e ‘Marsh Seedless’; os tangelos ‘Orlando’, ‘Pina’ e ‘Minneola’ e o tangor ‘Ortanique’. Cada variedade foi enxertada em dois porta-enxertos: os limões ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) e ‘Volkameriano’ (*Citrus volkameriana* Pasq), com três plantas de cada combinação, usando um espaçamento de 5 x 7 m (Clement et al., 1997).

A coleção foi instalada na Estação Experimental de Fruticultura Tropical, na Rodovia BR 174, Km 44, ao Norte de Manaus, AM. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, álico, textura argilosa, com relevo ondulado curto, drenagem boa a moderada (Ranzani, 1980). O solo apresentou pH 4,38, 7 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo, 78 mg kg<sup>-1</sup> de potássio, 0,15 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de cálcio, 0,14 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de magnésio e 0,90 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de alumínio, em 1994. O clima da região é classificado como ‘Afi’ (tropical, quente e úmido) no esquema de Köppen, com precipitação média anual de 2478 mm e uma estação seca entre junho/julho e setembro/outubro (Ribeiro, 1976), com um déficit hídrico de aproximadamente 141 mm no período de julho a outubro (Ranzani, 1980).

De cada árvore ainda produtiva, durante os anos 1993 e 1994, coletaram-se 10 frutos por planta, totalizando 60 por variedade, que foram pesados (g), medidos (altura e diâmetro – cm), cortados ao meio para medir espessura da casca (mm), espremidos para extrair o suco. A percentagem de suco foi calculada, dividindo-se o volume de suco pelo peso dos frutos e multiplicado por 100. Uma alíquota de suco foi usada para medir o grau Brix, por refratometria direta, usando um refratômetro (Tressler & Joslin, 1961). O Índice Tecnológico foi calculado pela multiplicação da percentagem de suco, vezes os graus Brix, dividido por cem (Chitarra & Chitarra, 1990). No caso das laranjas doces, avaliaram-se estes parâmetros para copas em cada porta-enxerto. No caso das tangerinas, pomelos e híbridos, os dados referem-se às médias de seis plantas por variedade, sem considerar o efeito da porta-enxerto.

## LARANJAS

A laranja doce mais consumida no Brasil é a ‘Pêra Rio’ Donadio et al. (1996), servindo como padrão de comparação de qualidade, neste estudo. Considerando o Índice Tecnológico, observa-se que onze variedades superaram a laranja ‘Pêra’, destacando-se as variedades ‘Mortela’ e ‘Seleta Itaboraí’, embora com pesos de frutos, menor àquela (Tabela 1). Para a variedade

‘Seleta Itaboraí’, Donadio et al., (1996), registram peso de frutos de 162 g, 48% de suco e 10,2% de Brix, portanto superior aos aqui obtidos, menos para graus Brix (Tabela 2).

## TANGERINAS

A tangerina mais consumida no Brasil é a ‘Mexerica do Rio’ (Donadio et al., 1995), servindo como comparação de padrão de qualidade neste estudo. Esta registrou peso de frutos menor ao registrado por Figueiredo (1991) e Donadio et al., (1995), com 130 g e 90 g, respectivamente. As tangerinas tiveram peso médio de 101,8 g, percentagem de suco de 33,5%, grau Brix de 9,6% e Índice Tecnológico de 3,1 (Tabela 3). Tiveram maiores destaques no Índice Tecnológico, as variedades ‘Muito precoce’ e ‘Mexerica comum’. Figueiredo (1991) cita peso de frutos de 130 g, 40% de suco e 10,4% de Brix, para a ‘Mexerica comum’, portanto dados bem próximos aos aqui registrados, para suco e Brix.

## POMELOS E HÍBRIDOS

Embora os pomelos não sejam muito populares em Manaus, a espécie está entre as mais tropicais dos cítricos e se adapta bem na região amazônica. Os pomelos ‘Pernambuco’ e ‘Duncan’ tiveram os frutos mais pesados e os graus Brix mais elevados (Tabela 4), embora ambos tivessem valores abaixo dos registrados por Donadio et al. (1996) que seriam de 44% e 10%, para suco e Brix, respectivamente, e, com a variedade ‘Thompson’ em primeiro lugar, registraram os maiores Índices Tecnológicos.

O tangelo ‘Orlando’, produziu frutos mais pesados e com maior Índice Tecnológico, embora registrando baixos graus Brix, sendo superado pela variedade ‘Minneola’. O tangor ‘Ortanique’, foi superior em todos os parâmetros avaliados, aos citados por Donadio et al. (1997), nas condições de São Paulo, menos para graus Brix, sendo de 12,4%, naqueles estudos.

**Tabela 1.** Características físicas de frutos de 18 variedades de laranja doce (*Citrus sinensis* Osb.) em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, em dois porta-enxertos, na Amazônia Central.

Variedades	Peso do Fruto (g)				Espessura da Casca (mm)				Índice Tecnológico				
	Limão Cravo	Limão Volka	Média	Limão Cravo	Limão Cravo	Limão Volka	Média	Limão Cravo	Limão Cravo	Limão Volka	Média	Limão Cravo	Limão Cravo
Mortela	80,3	74,8	77,5	3,3	3,3	3,3	3,3	5,0	5,5	5,2			
Seleta de Itaborai	91,2	90,0	90,6	4,5	4,6	4,5	4,5	4,8	4,4	4,6			
Ruby	106,7	81,2	93,9	3,6	4,7	4,1	4,1	4,4	4,1	4,2			
Folha Murcha	103,1	146,1	124,6	4,5	4,6	4,5	4,5	4,1	4,2	4,1			
Baianinha	163,3	151,2	157,2	4,1	5,2	4,6	4,6	4,6	3,5	4,0			
Natal	132,1	100,0	116,0	1,9	2,0	1,9	1,9	3,6	3,9	3,7			
Mangaratiba	122,5	140,0	131,2	3,5	4,4	3,9	3,9	3,3	4,2	3,7			
Perão	150,0	168,5	159,2	4,6	4,5	4,5	4,5	3,4	3,7	3,5			
Valência	143,0	112,0	127,5	3,3	3,1	3,2	3,2	2,9	4,1	3,5			
Diva	141,1	244,0	192,5	3,8	4,4	4,1	4,1	3,5	3,0	3,2			
Bahia Cabula	309,0	300,0	304,5	6,5	6,0	6,2	6,2	3,2	3,2	3,2			
Pêra Rio	130,0	155,4	142,7	3,2	3,5	3,3	3,3	3,2	3,1	3,1			
Muito Tardia	110,0	113,3	111,6	3,7	3,5	3,6	3,6	2,7	3,1	2,9			
São Miguel	188,7	122,0	155,3	3,4	3,5	3,4	3,4	3,3	2,6	2,9			
Hamlin	120,0	127,2	123,6	2,8	3,9	3,3	3,3	3,5	2,3	2,9			
Sang. de Mombuca	113,0	110,0	111,5	3,0	3,7	3,3	3,3	2,7	2,5	2,6			
Westin	125,0	115,0	120,0	6,5	6,0	6,6	6,6	2,6	2,6	2,6			
Seleta Branca	211,9	146,7	179,3	4,7	4,5	4,6	4,6	3,3	1,2	2,2			

**Tabela 2.** Características físico-químicas de frutos de 18 variedades de laranja doce (*Citrus sinensis* Osb.) em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, em dois porta-enxertos, na Amazônia Central.

Variedades	Suco (%)			Brix (%)			Acidez (pH)		
	Limão Cravo	Limão Volka	Média	Limão Cravo	Limão Volka	Média	Limão Cravo	Limão Volka	Média
Mortela	43,5	41,0	42,2	12,0	13,3	12,6	3,0	3,5	3,2
Seleta de Itaboraí	41,1	40,0	40,5	12,0	11,0	11,5	3,5	3,0	3,2
Ruby	36,0	33,4	34,7	12,1	12,4	12,2	3,5	3,3	3,4
Folha Murcha	35,0	35,6	35,3	12,0	13,3	12,6	3,0	3,1	3,0
Baianinha	37,0	36,0	36,5	12,3	10,0	11,1	3,5	3,3	3,4
Natal	41,0	42,6	41,8	9,5	9,1	9,3	3,5	4,0	3,7
Mangaratiba	29,2	33,0	31,1	11,3	13,0	12,1	4,7	4,5	4,6
Perão	32,0	33,0	32,5	11,0	11,1	11,0	3,0	3,0	3,0
Valência	30,5	36,0	33,2	10,0	11,3	10,6	3,4	3,4	3,4
Diva	36,5	31,0	33,7	11,0	11,1	11,1	3,5	3,0	3,2
Bahia Cabula	34,0	34,5	34,2	9,2	9,0	9,1	3,0	3,0	3,0
Pêra Rio	28,0	29,4	28,7	1,4	11,0	11,2	3,5	3,3	3,4
Muito Tardia	27,0	26,7	26,8	12,5	12,0	12,2	4,0	3,5	3,7
São Miguel	33,4	22,5	27,9	10,0	12,0	11,0	3,4	3,3	3,3
Hamlin	36,1	24,5	30,3	10,0	9,3	9,6	3,5	3,0	3,2
Sang. de Mombuca	30,0	29,0	29,5	9,0	8,6	8,8	4,4	4,0	4,2
Westin	29,0	30,0	29,5	12,0	13,5	12,7	3,0	3,0	3,0
Seleta Branca	32,2	31,0	31,1	10,3	9,5	9,9	3,9	4,0	3,9

**Tabela 3.** Características físico-químicas de frutos de 10 variedades de tangerinas, em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, na Amazônia Central.

Variedades	Frutos			Espessura da casca (mm)	Suco	Brix	Nº de sementes	Índice Tecnológico
	Peso (g)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)		— % —			
Muito precoce	70,3	5,0	5,7	2,3	38,5	9,6	4	3,7
Mexerica comum	100,0	5,4	6,4	2,3	39,0	9,1	9	3,6
Szinkon	73,0	6,1	7,1	2,3	41,8	7,8	3	3,4
Sunwuikon	130,0	6,2	7,5	2,9	32,3	10,1	6	3,3
Szuiuikon	112,5	6,9	7,1	2,2	38,0	8,7	4	3,3
Mexerica do Rio	77,0	5,3	6,4	2,4	35,8	10,0	7	3,2
Gale King	140,1	5,8	6,8	5,6	32,3	9,6	2	3,1
Kinnow	105,0	5,3	5,4	5,8	21,6	13,6	16	2,9
Cravo	119,0	5,6	6,3	3,4	30,0	8,8	11	2,7
Muito tardia	91,5	5,1	5,3	2,3	25,7	8,7	5	2,2

**Tabela 4.** Características físico-químicas de frutos de pomelos, tangelos e tangosres, em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, na Amazônia Central.

Variedades	Frutos			Espessura da casca (mm)	Brix	Suco	Índice Tecnológico
	Peso (g)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)		— % —		
<i>Pomelos</i>							
Thompson	226,3	8,0	8,3	8,3	7,3	34,8	3,5
Pernambuco	321,4	8,8	8,7	8,1	8,3	37,8	3,2
Duncan	320,0	8,7	9,2	8,0	8,1	29,5	3,2
Ruby Red	263,7	8,9	8,9	11,0	7,5	34,4	2,1
Marsh seedless	277,7	8,8	8,5	8,0	5,8	31,2	1,7
<i>Tangelos</i>							
Orlando	466,7	7,1	7,7	3,9	7,7	23,7	4,4
Pina	277,4	8,6	9,1	9,6	6,2	30,8	3,1
Minneola	306,6	7,9	7,4	3,3	9,2	30,5	2,9
<i>Tangor</i>							
Ortanique	230,0	6,8	8,6	4,3	8,7	52,4	2,5

## CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros analisados, as variedades de laranjas que merecem mais estudos para que possam ser incluídas na citricultura amazense são as variedades ‘Mortela’ e ‘Seleta Itaboraí’; as tangerinas ‘Muito precoce’ e ‘Mexerica comum’; os pomelos ‘Thompson’, ‘Pernambuco’ e ‘Duncan’ e o tangelo ‘Orlando’, devido ao conjunto de qualidades expressas no índice Tecnológico, deveriam ser testadas em pequenos ensaios de produção podendo determinar o real valor destas variedades, bem como sua aceitação pelo consumidor amazonense.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anuário Estatístico do Amazonas 2010. *Agricultura*. Secretaria de Produção Rural do Amazonas. Manaus, v. 18, 292-92.

Avilés, T.G. 2009. *Avaliação horticultural da laranjeira ‘Folha Murcha’, tangerina ‘Satsuma’ e limeira ácida ‘Tahiti’ sobre doze porta-enxertos*. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo. 129p.

Azevedo, C.L.L. 2003. *Sistema de Produção de Citros para o Nordeste*. Embrapa Mandioca e Fruticultura, EMBRAPA, Sistema de produção, 16p.

Coelho, Y.S.; Nascimento, H.G. 2004 *Citricultura no Amazonas: Problemas, Potencial Produtivo e Qualidade de Frutos*. EMBRAPA-CNPME. Cruz das Almas. Circular Técnica, nº 26, 2p.

Chapot, H. 1975. *Los citrinos*. Ciba-Geigy Agroquímicos. Espanha. p. 6-14.

Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. 1990. Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 293p.

Clement, C.R.; Alfaia, S.S.; Iriarte-Martel, J.H.; Yuyama, K; Moreira Gomes, J.B.; Van Leeuwen, J.; Souza, L.A.G.; Chaves Flores, W.B. 1997. Fruteiras nativas e exóticas. In: *Dois Décadas de Contribuições do INPA à Pesquisa Agrônômica do Trópico Úmido*. (Eds.) Noda, H.; Souza, L.A.G.; Fonseca, O.J.M. INPA, Manaus, p. 111-129.

Donadio, L.C.; Figueiredo, J.O.; Pio, R.M. 1996. *Variedades Cítricas Brasileiras*. Funep, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 228p.

Donadio, L.C.; Enciso-Garay, C.R.; Sempionato, O.R. 1997. *Produção e Produtividade de Pomeleiros (Citrus paradisi Macf.) em Bebedouro, SP*. I Simpósio Brasileiro de Melhoramento de Frutíferas. FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, p. 75-76.

FAO 2010. *Agriculture production: orange production*. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>> Acesso em: 09/08/12.

Figueiredo, J. O. 1991. *Variedades copas de valor comercial*. Citricultura Brasileira, 2ª edição, Campinas, SP, v. 1, p. 232-257.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Levantamento sistemático da produção agrícola: Confronto das safras 2009 e 2010*. Outubro de 2010, Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa\\_200910\\_5.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa_200910_5.shtm) Acesso em: 07/08/2012.

Iriarte Martel, J.H.; Clement, C.R.; Mendonça, M.A.F. 1995. Caracterização físico-química de 31 variedades de frutos citros na região de Manaus. In: Congresso de Horticultura, *Revista da Sociedade Brasileira de Horticultura*. Brasília, Resumos, v. 13, p. 87.

Iriarte Martel, J.H.; Mendonça, M.A.F.; Cintrão, J.B.; Clement, C.R. 1996. *Qualidades físico-químicas de frutos de 29 variedades de citros na Amazônia Central*. VIII Encontro de pesquisadores da Amazônia. Porto Velho. Anais, 11p.

Iriarte Martel, J.H.; Mendonça, M.A.F.; Cintrão, J.B.; Clement, C.R. 1996. *Qualidades físicas químicas de 19 variedades de laranjas na Amazônia Central*. XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura, Curitiba, Anais, 172p.

Iriarte Martel, J.H.; Mendonça, M.A.F.; Clement, C.R. 1996. *Qualidades físico-químicas de onze variedades de citros na Amazônia Central*. I Simpósio Brasileiro de Melhoramento de Fruteiras, Jaboticabal, Anais, p. 95-97.

Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. *Acta Amazônica*, 10(1):7-41.

Ribeiro, M.N.G. 1977. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6(2):229-233.

Silva, S.E.L.; Garcia, T.B. 1999 *A cultura da laranjeira no Amazonas*. Manaus, EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 20p. Série Documentos, 5.

Tressler, D.K.; Joslyn, M.A. 1961 *Fruits and vegetable juice; processing technology*. Wesport: The Avi. Publi., 1028p.



# PROPAGAÇÃO E PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAMU-CAMU

Kaoru YUYAMA<sup>1</sup>, Bianca Galúcio PEREIRA<sup>1</sup>,  
Elaine Cristian de Sousa COELHO<sup>2</sup>, Sandra Nagata da ROCHA<sup>2</sup>

## Palavras chave:

*Myrciaria dubia*, Propagação,  
Armazenamento, Enraizamento, Enxertia

## INTRODUÇÃO

O camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth.) McVaugh.), espécie amazônica pertencente à família Myrtaceae é um arbusto que apresenta frutos com alta concentração de vitamina C (cerca de 3 g/100 g de polpa, Andrade et al., 1995) de variação muito grande. Yuyama et al. (2001), encontraram em populações naturais do Rio Machado ( $934 \pm 241$  g/100 g de polpa), Rio Candeias ( $2304 \pm 507$  g/100 g de polpa), sendo a do Rio Urubu com o teor mais alto de ácido ascórbico, com  $6112 \pm 137$  g/100 g de polpa (Yuyama et al., 2002). Esta frutífera tem grande potencial econômico nos diversos setores da indústria farmacológica, de cosmético, alimentícia, de conservantes naturais e bebidas.

A polpa pode ser consumida na forma de sucos, sorvetes, geléias, melados, concentrados, marmeladas, bebidas alcoólicas e vinho (Villachica, 1996), na indústria de cosméticos, na fabricação de xampu e cremes; como fitoterápicas: adstringente, antioxidante, antiinflamatório, hemolítico e muito nutritivo (Taylon, 1996). A casca, de cor rósea avermelhada pela presença de antocianinas, pode ser usada como corante natural (Andrade et al., 1995).

1 Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: kaoru@inpa.gov.br;

2 Bolsista PCI/INPA.

O cultivo do camu-camu em terra-firme da Amazônia Central foi realizado em 1978, no INPA/CPCA e tem demonstrado um bom desempenho (Falcão et al., 1993). Caliri (2002) e Souza (2002) encontraram duas plantas com teor de ácido ascórbico acima de 3000 mg/100 g de polpa. A espécie pode ser plantada em área degradada de pastagem ou capoeira abandonada, pois não é exigente em solos ácidos de baixa fertilidade, mas para ter uma boa produção necessita de adubação e correção do solo, para que não sofra toxidez ou escassez de nutrientes.

Em terra firme, o cultivo do camu-camu apresenta algumas vantagens em relação a plantas nativas da beira de rios e lagos, como: o período reprodutivo estende-se ao longo do ano e a colheita é feita nas épocas de maior concentração de vitamina C. No estado natural, o ciclo reprodutivo é regulado pelas enchentes e vazantes do rio, a emissão de folhas novas na vazante do rio e a maturação dos frutos no período de enchentes do rio, muitas vezes impedem a colheita das frutas com a chegada das águas e outras vezes os frutos encontram-se ainda verdes. Como a maioria dos solos da Amazônia são pobres em nutrientes, como consequência, muitas plantas não produzem os frutos todos os anos e, esta periodicidade da produção pode variar entre anual, bienal ou trienal. No caso de cultivo em terra firme este problema pode ser sanado com a adubação mineral e orgânica.

Para obter uma boa produção de camu-camu e investir em agronegócio é necessário uma boa matriz e conhecer as melhores formas de propagação para obtenção de mudas. O camu-camu pode ser propagado de forma sexuada ou assexuada (estaquia, enxertia ou alporque). A propagação sexuada é o método mais utilizado, entretanto, forma plantas com grande variabilidade genética. Para tentar diminuir o efeito da segregação e, principalmente, para reprodução de material selecionado de alta produção, vem-se tentando a multiplicação vegetativa por meio de estaquia ou enxertia (Santana, 1998; Silva & Yuyama, 2000; Silva & Yuyama 2001a), visando maior produtividade, uniformidade de produção e precocidade na frutificação, bem como garantir as qualidades desejáveis da planta mãe.

Este capítulo apresenta a principal forma de propagação sexuada (tipo, armazenamento, germinação de sementes e formação de mudas) e assexuada (micropropagação, enxertia, estaquia e alporque com uso de hormônios).

## **OBTENÇÃO DA SEMENTE PARA PROPAGAÇÃO SEXUADA**

Normalmente a propagação de camu-camu é feita por meio de semente. No fruto encontra-se de uma a três sementes e estas têm viabilidade maior que 90%, quando despolpada recentemente (Villachica, 1996), sendo a semente recalcitrante. O teor de umidade da semente é importante na fase de sementeira. O número de sementes varia de 2000 a 2300 por quilo. A escolha da planta matriz deve ser baseada nas plantas com boa produtividade, arquitetura em forma de taça e/ou no teor de ácido ascórbico nos frutos.

## **CONSERVAÇÃO DA SEMENTE**

A semente de camu-camu pode ser armazenada em água natural (trocada diariamente), ambiente natural, câmara a 5°C e 10°C (dentro do saco plástico), mantendo-se a umidade entre 48 a 56% por seis meses, com exceção do ambiente natural que germinou 100% após 4 meses de conservação. Segundo Mendes (2004), num experimento realizado com semente sem polpa, semente com polpa e semente lavada e tratada, as sementes armazenadas a 5°C e com polpa, apresentaram maior percentual de umidade em todos os tempos de armazenamento (50,25 e 50,91% de umidade, respectivamente). Também foi verificado que no armazenamento a 5°C, as sementes apresentaram um teor de umidade maior durante a execução do experimento com exceção do tempo zero, não ocorrendo o dessecação das sementes. As sementes armazenadas em água apresentaram menor percentual de umidade em quase todos os tempos, apesar de estarem dentro da água (Mendes, 2004). O teste de germinação apresentou como melhor ambiente a água utilizando sementes sem polpa ou limpa e tratada, apresentando índice de germinação acima de 92,00% a partir do 2º mês de armazenamento. O armazenamento em água e em ambiente natural proporcionou as sementes, maior taxa de germinação não sendo recomendados para longo prazo de armazenamento. O tempo médio para germinação das sementes foi mais rápido em água, utilizando sementes com polpa e sementes limpas e tratadas a partir do 2º mês. Os períodos, as formas de conservação e os diferentes ambientes não afetaram o vigor das sementes (Mendes, 2004).

## **EMERGÊNCIA DA PLÂNTULA**

Villachica (1996) recomenda que antes de fazer semeadura em canteiro deva ser feita a pré-germinação, com escarificação das sementes e

semeadura em serragem ou saco plástico. A germinação é do tipo hipógeo e se inicia aos 15 a 20 dias e atingem cerca de 60% aos 30 dias, podendo estender-se até 120 dias (Pinedo, 1989). Para acelerar e uniformizar a emergência da plântula de forma simples foi utilizado métodos químicos e mecânicos de escarificação do tegumento da semente do camucamuzeiro, os resultados demonstraram que para acelerar e obter maior uniformidade de emergência do epicótilo das sementes, o processo mais viável e simples foi o de agitar as sementes durante 30 minutos, no interior de uma garrafa plástica de dois litros, contendo água sanitária a 50% e areia (Sousa et al., 2002).

Quando se faz uma coleta de germoplasma silvestre para o trabalho de melhoramento, os frutos de camu-camu nem sempre são encontrados no ponto de colheita (fruto de coloração avermelhada ou roxeada), e muitas vezes, é necessário realizar a colheita dos frutos ainda de coloração verde ou amarelado, que resulta em sementes de coloração verde, com diferentes tamanhos. Quando o fruto está verde, tem uma coloração de semente mesclada entre verde e marrom e o fruto totalmente maduro tem coloração marrom. Yuyama & Silva Filho (2003), avaliaram a emergência das sementes de diferentes colorações (verde, mesclado e marrom) e tamanhos das sementes (grande, média e pequena). O resultado mostrou que as sementes verdes e mescladas tiveram início de emergência com menor tempo e maior taxa de germinação comparada com as sementes marrons, provavelmente a casca da semente está impedindo a entrada rápida de água. As sementes de tamanho pequeno tiveram emergência mais rápida e maior número de plântulas emergidas em relação à semente de tamanho médio.

As sementes de camu-camu podem ser semeadas diretamente em caixa de madeira contendo serragem não curtida como substrato (20 cm de altura) coberto com 2 cm de serragem a pleno sol e protegida com plástico, a emergência ocorre dos 15 aos 35 dias, com 60% de germinação. Outra forma de germinação seria, depois da retirada da polpa, deixar a semente dentro de um saco plástico fechado e colocado à temperatura ambiente, dessa forma a emergência ocorre aos 14 dias, mas é necessário transplantar logo em serragem ou sacos de mudas para não prejudicar o crescimento da raiz.

## **MANEJO DE MUDAS**

Yuyama & Siqueira (1999) avaliaram o tamanho da semente (pequena, média e grande com 19, 37 e 67 g por 100 sementes, respectivamente) e

tamanho de recipiente (12 x 23, 16 x 28,19 x 21 e 20,5 x 23 cm) e tiveram melhor desenvolvimento nas mudas provenientes de sementes grandes e médias (com a altura de 53 e 46 cm, respectivamente) e a muda cultivada em saco de 19 x 21 cm mostrou uma tendência de melhor crescimento em altura (49 cm).

Na pré-germinação das plântulas com transplante em sacos de mudas, sempre há quebra de raízes e, conseqüentemente, demora na recuperação e crescimento das mesmas. Yuyama et al. (2004) e Castro et al. (2004) verificando este problema avaliaram o efeito do plantio direto em tubetes de 290 mL (6 cm de diâmetro de boca e 18 cm de comprimento) com quatro tipos de solos (argissolo, latossolo, terra preta e hidromórfico) em seis tipos de adubação (T- Testemunha; E1- mistura de esterco/solo 1:2; E2 – mistura de esterco/solo 1:4; Q1 – mistura de Uréia-Superfosfato triplo-Cloreto de potássio, na proporção de 2-2-2 g/tubete; Q2 – mistura de Uréia-Superfosfato triplo-Cloreto de potássio, na proporção de 2-4-2 g/tubete; Q3 – mistura de Uréia-Superfosfato triplo-Cloreto de potássio, na proporção de 2-8-2 g/tubete). Os resultados mostraram que após quatro meses, tanto a adubação química como a orgânica foram prejudiciais ao crescimento inicial de camucamuzeiro. A testemunha teve maior crescimento em altura da planta, diâmetro e número de folhas com 14,56 cm, 1,41 mm e 13 pares, respectivamente. Quanto ao tipo de solos, o hidromórfico teve maior crescimento, seguido de argissolo, terra preta e latossolo (Yuyama et al., 2004). Este dado difere do estudo realizado por Yuyama & Sousa (2001), onde em latossolo e com adubação mineral (75 mg de calcário dolomítico, 22,5 mg de uréia, 45 mg de superfosfato triplo e 50 mg de cloreto de potássio por saco de 19 x 21 cm) promoveram maior crescimento em altura, no final de 150 dias de observação com 26 e 28 cm de altura. Castro et al. (2004) avaliaram o efeito do sombreamento (50% de sombra, cobertura plástica e pleno sol) com dois tipos de solos (argissolo e latossolo) e proporção de serragem/solo (0, 1:1 e 1:2). O argissolo sem nenhuma mistura e em sombrite 50% mostrou melhor desenvolvimento em altura da planta, coincidindo com os dados do Yuyama & Silva Filho (2001), onde a muda cultivada em argissolo (32,6 cm) superou a do latossolo (23,5 cm) e o uso de esterco foi prejudicial ao crescimento das mudas, devido à alteração brusca de pH e elementos minerais disponíveis.

Castro & Yuyama (2002) avaliaram o efeito da adubação química e orgânica no crescimento de mudas utilizando argissolo. Na adubação orgânica utilizou-se esterco de galinha curtido parcelado (na cova e em cobertura

com 21,5; 43 e 86 g/saco de muda no plantio) e adubo químico na cova e parcelado (mistura de ureia-superfosfato triplo-cloreto de potássio, na proporção de 2-2-2 g, 4-4-4 g e 6-6-6 g/saco), totalizando doze tratamentos. O resultado mostrou que a aplicação de 86 g de esterco parcelado em duas vezes (43 g cada) com intervalo de 30 dias favoreceu o desenvolvimento das mudas de camucamuzeiro com 26,55 cm de altura aos 90 dias. A adubação mineral, mesmo que parcelada, não incrementou o desenvolvimento das plantas.

Estes resultados diferem de outros estudos realizados (Sousa & Yuyama, 2000; Yuyama & Silva Filho, 2001), onde o esterco inibiu o crescimento das mudas e adubação química proporcionou os melhores resultados.

## **PROPAGAÇÃO ASSEXUADA**

Devido a dificuldade de enraizamento em estacas de camu-camu (Baos et al., s.d.), vem-se utilizando auxinas sintéticas para favorecer a formação de raízes (Santana 1998; Azevedo & Nagao, 1998; Silva & Yuyama, 2000; Silva & Yuyama 2001b), entretanto, sua utilização pode induzir também efeitos prejudiciais às estacas, como o amarelecimento e perda de folhas quando aplicada em concentrações elevadas, apresentando um nível crítico (Simão, 1971). Foram testadas diversas formas de propagação vegetativa: micropropagação, estaquia, enxertia e alporque.

## **MICROPROPAGAÇÃO**

Foram realizadas diversas tentativas de micropropagação utilizando os brotos novos de mudas tanto de campo como de viveiro, mas até o presente momento ainda não foi possível obter material totalmente sadios isento de fungos endofíticos e meio adequado para crescimento de explantes (Jardim & Yuyama, 2005). Não foi utilizado o embrião devido ao mesmo problema de uso de sementes que pode causar grande segregação, porém pode-se pensar no futuro na cultura de embrião, cruzando indivíduos de interesse econômico, visando o vigor híbrido.

## **ENXERTIA**

Enciso & Villachica (1993) descreveram um método de enxertia, utilizando o método de borbulha (Enciso 1992) como padrão para propagação

assexuada no Peru. Como porta enxerto utilizou-se a própria *Myrciaria dubia* ou tipo arbóreo (*Myrciaria* sp.). No Brasil, Santana (1998) utilizou outras espécies de Myrtaceae (*Myrciaria* sp., *Psidium densicomum*, *Psidium guajava*, *Psidium guineense*, *Myrciaria cauliflora*, *Eugenia stipitata*, *Psidium friedrichstalianum* e *Eugenia uniflora*) com diferentes tipos de garfagem (fenda lateral, fenda cheia e borbulhia). No método de garfagem em fenda lateral foram obtidas apenas *Myrciaria* sp., com 40% de enxerto pego. Na garfagem em fenda cheia obteve 22,2% em *Myrciaria* sp., e 20% em *Psidium guineense*. Na borbulhia não houve pegamento. Ferreira & Gentil (1997) obtiveram em garfagem fenda lateral 65% de pegamento, seguida de fenda lateral simples com 52% e fenda cheia com 38%. No trabalho de Moreira Filho (2009), o resultado foi semelhante, sendo o maior pegamento em fenda lateral com 89%, que apesar de não mostrar diferença estatística com fenda cheia, ficou na faixa de 70 a 72% de pegamento, enquanto que a fenda cheia obteve, aproximadamente, 58%. Já Yuyama et al. (2010), em um experimento realizado em Itapuã Oeste, Rondônia, obtiveram resultado de pegamento de 70% na fenda lateral e de 58% na garfagem no topo. É importante ressaltar que a técnica da enxertia depende muito da habilidade do enxertador no manuseio de ferramentas e na precisão de ajuste do local do corte.

## PROPAGAÇÃO POR ESTAQUIA

A propagação por estaquia em camu-camu foi testada no Peru, utilizando-se estacas de 20 cm de comprimento e de 6 a 8 mm de diâmetro, tendo como substrato a serragem, verificando-se que houve enraizamento das mudas após três meses (Ruiz & Ramires, s.d.).

Na propagação por estaquia, as estacas podem ser produzidas a partir de porções vegetativas de caules, raízes ou folhas, e muitas espécies podem ser propagadas por um ou mais tipos de estacas, selecionando-se o tipo de acordo com a disponibilidade do material vegetativo e facilidade de obtenção (Fachinello et al., 1995). Este tipo de propagação é possível porque as células contêm informações genéticas necessárias para reproduzir outras plantas (totipotência).

A propagação por estaquia depende de diversos fatores internos e externos. Os fatores internos são: condições fisiológicas e idade da planta matriz, tipo de estaca, época do ano, horário da retirada das estacas, potencial genético de enraizamento, sanidade, balanço hormonal e oxidação de compostos fenólicos. Os fatores externos são: substrato, umidade relativa do ar,

luz, temperatura, uso de fungicidas e de hormônios (Fachinello et al., 1995; Yuyama, 1999).

Quanto às condições fisiológicas da planta matriz, a retirada de estacas de plantas com déficit hídrico tenderá a um menor enraizamento em relação aquelas obtido com adequado suprimento de água. Silva & Yuyama (2001a) avaliaram as estacas de camu-camu imersas em água (imitando o que acontece na natureza com enchentes naturais, as plantas ficam submersas, por algumas semanas) em diferentes períodos (0, 1, 2, 4 e 8 semanas) com quatro tipos de estacas (herbáceas e lenhosas com três diferentes diâmetros) e verificou-se que as estacas devem ser plantadas imediatamente após a retirada da planta com exceção de estacas entre 5-7 mm que podem ser plantadas até uma semana depois de submergidas na água.

A condição nutricional também afeta fortemente o enraizamento. Estacas com maiores teores de carboidratos têm sido correlacionadas com uma maior porcentagem de enraizamento e sobrevivência, além das relações C/N (carbono/nitrogênio) que, quando elevadas, induzem um maior enraizamento, entretanto, com uma pequena produção de parte aérea (Fachinello et al., 1995). Pereira (2002), Pereira & Yuyama (2002) e Pereira et al. (2002) as estacas acima de 8 mm de diâmetro tiveram melhor enraizamento (90%) em relação a estacas de menor diâmetro. Silva & Yuyama (2000) e Silva (2001) conduziram ensaios com estacas de camu-camu, obtidas de plantas nativas da várzea (Iranduba, AM), de diferentes diâmetros (6-7,9; 8-9,9; 10-11,9; 12-14 mm) e quatro concentrações de ANA, e verificaram que aos 90 dias as estacas com diâmetros entre 10-11,9 mm e 12-14 mm apresentaram os maior número de enraizamentos em substrato de serragem de 30% e 52,5%, respectivamente. Em outro ensaio, os mesmos autores utilizaram estacas de camu-camu obtidas de plantas nativas da praia do Tupé (Rio Negro, AM) e observaram que as maiores porcentagens de enraizamento ocorreram nas estacas de maiores diâmetros 6 a 7,9 mm (9,9%) e 8 a 9,9 mm (8,1%) (Silva, 2001; Silva & Yuyama, 2001a, Silva & Yuyama, 2001b, Veiga & Yuyama, 2003).

Estacas de plantas jovens enraízam melhor que as de plantas velhas, provavelmente, devido ao aumento no conteúdo de inibidores e a diminuição no conteúdo de cofatores à medida que aumenta a idade da planta (Fachinello et al., 1995). O rejuvenescimento por meio de poda favorece o enraizamento (Simão, 1998).

Como a composição química do tecido varia ao longo do ramo, estacas provenientes de diferentes porções tendem a diferir quanto ao enraizamen-

to (Fachinello et al., 1995). Estas podem ser retiradas de ramos lenhosos, de caules semi-lenhosos ou herbáceos, de ramos terminais com maturação recente, sempre de plantas sadias e vigorosas (Reuther et al., 1973). Os ramos laterais parecem enraizar melhor e em maior número que os verticais e também apresentam o dobro de raízes que os vértices ou terminais. As estacas retiradas das partes inferiores de um ramo enraízam melhor que as obtidas da parte terminal. A razão está na maior concentração de carboidratos (Simão, 1998). Pereira (2002), Pereira & Yuyama (2002) e Pereira et al. (2002), observaram que houve maior percentagem de brotação e enraizamento nas estacas retiradas dos ramos abaixo de 10 cm da planta com 61 e 60%, respectivamente, diferindo das demais posições dos ramos (10-50 cm e maior que 50 cm), onde as brotações variaram de 43 a 46% e enraizamento de 46 a 48,5%, respectivamente. Este fato não concordou com Fachinello et al. (1995), que consideraram que as estacas laterais enraízam melhor e em maior número que as verticais. Neste experimento, as estacas lenhosas verticais com diâmetro maior que 8 mm, provenientes de ramos abaixo de 10 cm que são verticais, apresentaram maior percentual de enraizamento, enquanto que as estacas retiradas dos ramos acima de 10 cm, que são na maioria horizontais, tiveram menor percentual de enraizamento.

O ideal é que as estacas sejam retiradas nas primeiras horas da manhã ou à noite, quando ainda estão túrgidas, para amenizar o problema de morte com uma possível desidratação (Hartmann et al., 1990) e, por apresentarem um maior teor de ácido abscísico e de etileno (Simão, 1998). Este fato pode acontecer tanto em estaquia como em alporquia, isto é, o alporque deve ser realizado na parte matinal, pois naquele realizado na parte vespertina o enraizamento foi nulo (Pereira et al., 2001).

O cultivo das estacas pode ser feito em vários tipos de substratos como: vermiculita, areia, serragem, palha de arroz, casca de troncos de árvores, solo e ainda misturando dois ou mais substratos (Hartmann & Kester, 1975). Rodrigues & Ferreira (1999) trabalharam com serragem, vermiculita, serragem + areia, vermiculita + areia, serragem + areia + carvão e vermiculita + areia + carvão e obtiveram uma maior formação de calos com a serragem e pior com a vermiculita. Santana (1998) utilizou no seu trabalho a areia e serragem, e observou que não houve diferença no número e comprimento das raízes formadas nas estacas. Almeida et al. (2002) avaliaram diferentes tipos de substratos (serragem, serragem + Ácido Naftaleno Acético – ANA, serragem + solo e serragem + solo + ANA) e não encontraram diferenças no brotamento e enraizamento das estacas.

Ambientes secos favorecem o ressecamento das estacas, reduzindo sua possibilidade de enraizamento (Simão, 1998), sendo uma das principais causas da morte da estaca (Fachinello et al., 1995), por isso, estas devem ser cultivadas em locais com alta umidade, luminosidade mediana e temperaturas não elevadas. A manutenção da umidade pode ser realizada com a cobertura com polietileno ou ripado (Hartmann & Kester, 1975). O aumento da temperatura favorece a divisão celular para a formação de raízes, porém, estimula a taxa de transpiração, induzindo o murchamento da estaca, além de favorecer a formação de brotos antes do enraizamento, o que é indesejável (Fachinello et al., 1995).

Os hormônios são produtos endógenos complexos que atuam no metabolismo celular, no crescimento e na diferenciação e estão presentes em baixas concentrações (Lopes & Barbosa, 1994). Nas plantas existem algumas substâncias de ocorrência natural e com propriedades semelhantes aos hormônios que atuam na iniciação de raízes (Hartmann & Kester, 1975). Sua ação não se restringe à região onde foram produzidos e atuam nas partes mais distantes da planta (Lopes & Barbosa, 1994). Não existe especificidade absoluta de ação, pois alguns hormônios apresentam mais de um efeito.

As auxinas são hormônios que têm a função de regular o crescimento da planta como um todo. Mantém a dominância apical e a polaridade dos tecidos, controlam a abscisão, induzem o enraizamento e têm ação importante nos tropismos. Apresentam também, algum efeito inibidor sobre o crescimento das raízes. São sintetizadas nos meristemas e nos tecidos de crescimento e transportadas para o resto da planta, em movimento polar do ápice para a base (Hartmann & Kester, 1975).

O ácido indol-3-acético (AIA) foi identificado como uma substância de ocorrência natural nas plantas e atua como indutor da formação de raízes adventícias. Em sua forma sintética, como ácido-indolbutírico (AIB) e ácido naftaleno acético (ANA), que não ocorre naturalmente nas plantas, é efetivo na indução de raízes em estacas (Hartmann & Kester, 1975). Porém, Almeida et al. (2002) não encontraram nenhum efeito no brotamento e enraizamento de estacas de camu-camu.

A ação positiva das auxinas sobre o enraizamento das estacas deve estar relacionada com a divisão celular (Haissig, 1972) e a síntese de RNA, que intervém na iniciação dos primórdios radiculares (Hess, 1969), favorecendo a atividade metabólica necessária para o desenvolvimento e crescimento dos novos tecidos da raiz (Altman, 1972).

A concentração de auxinas é fundamental no êxito do enraizamento, pois cada espécie apresenta um nível crítico, abaixo ou acima do qual o

tratamento deixa a desejar (Simão, 1971). Bezerra et al. (1992) utilizaram três diferentes concentrações do AIB e ANA (0, 50 e 100 ppm), em estacas herbáceas de acerola e verificaram que não houve diferença significativa no enraizamento, justificado pelo fato das concentrações de auxinas endógenas presentes nas estacas herbáceas, que mesmo em baixas concentrações podem ter inibido a formação de raízes. Alguns autores descrevem que a presença de folhas nas estacas exerce uma forte ação estimulante sobre a iniciação de raízes (Cooper, 1935; Hartmann & Kester, 1975), não apenas como fonte de carboidratos, mas, provavelmente, devido ao fato das folhas e gemas serem poderosos produtores de auxinas (Hartmann & Kester, 1975). Veiga (2004) verificou que a estaca herbácea de camu-camu com folha teve maior percentual de enraizamento (25,6%) seguida das estacas com > 5 mm de diâmetro diferenciando-se da estaca < 5 mm sem folhas.

Santana (1998), avaliando a ação do ácido naftaleno acético (ANA) no enraizamento de estacas de camu-camu, nas concentrações de 0, 200, 2000, 20000 ppm e ANA em pó a 20%, em substratos de serragem e areia, verificou que aos 60 dias as concentrações de 200 e 2000 ppm de ANA favoreceram a formação de brotos e raízes nas estacas (55% e 47% respectivamente).

Em estacas de camu-camu obtidas a partir de plantas nativas da várzea de Iranduba, AM, as concentrações de ANA de 50 ppm (30%), 100 ppm (30%) e 200 ppm (22,5%) não diferiram estatisticamente na porcentagem de enraizamento. Silva & Yuyama (2000) e Silva & Yuyama (2001a), verificaram em estacas de camu-camu obtidas a partir de plantas nativas da praia do Tupé (Rio Negro-AM), que não houve diferença estatística no número de estacas com raiz entre as concentrações de 50 ppm (8,4%), 100 ppm (7,8%) e 200 ppm (5,3%) de ANA. Nos trabalhos já desenvolvidos, a maior porcentagem de enraizamento foi obtida com a concentração de 200 ppm de ANA, utilizando a estaca > 7 mm de diâmetro (Pereira, 2002).

Araújo et al. (1996) testando enraizamento de estacas de camu-camu, avaliou os efeitos de cinco concentrações de ácido 3-indolbutírico (AIB) (0, 500, 1000, 1500 e 2000 ppm) sobre o enraizamento de estacas lenhosas e semi-lenhosas de camu-camu e observaram que as concentrações aplicadas não demonstraram efeito significativo no enraizamento.

Azevedo & Nagao (1998), avaliaram a ação do ácido indolbutírico (AIB) na emissão de raízes em estacas de camu-camu e observaram que as concentrações de 300 e 1000 ppm apresentam emissão de raízes superiores, tanto no substrato areia (73% ambas) como em serragem (60% ambas).

Azevedo (1999) avaliou a ação de diferentes concentrações do ácido indolbutírico (AIB) em estacas de camu-camu e verificou que a maior porcentagem de enraizamento ocorreu nas estacas tratadas com as concentrações de 150 ppm (67,15%), não diferindo significativamente das concentrações de 1000 ppm (49,0%) e 1500 ppm (54,59%).

Castro & Yuyama (2001) estudaram concentração de AIB (300 e 3000 ppm) e tempo de imersão (0,1 e 5 segundos; 1, 3, 6 e 12 horas) e após 90 dias, a testemunha e a concentração de 300 ppm apresentou maior número de estacas enraizadas (37,5% e 20,50%, respectivamente). O tempo de imersão foi inversamente proporcional ao número de estacas enraizadas, e a testemunha, 1 e 2 segundos apresentaram enraizamento de 37%, 35%, 25%, respectivamente.

Veiga & Yuyama (2003) avaliaram tipos de estacas (herbáceas com folhas, herbáceas sem folhas, diâmetros < 5 e > 5 mm) e concentrações de AIB (0, 1500, 3000 e 6000 ppm). Os percentuais mais elevados de emissão de brotos ocorreram nas estacas com diâmetro < 5 mm (82%) e > 5 mm (79%), após 30 dias, valores de enraizamento, de 26% e 30%, respectivamente. As concentrações de AIB aplicadas não alteraram a porcentagem de brotação e enraizamento das estacas, independente do diâmetro. Veiga (2004) testou outras concentrações de AIB (0, 100, 200 e 300 ppm) e mais uma vez não encontrou diferença entre concentrações de AIB.

## ALPORQUIA

Este método é normalmente utilizado para espécies mais difíceis de obter enraizamento com a estaquia. Os fatores que afetam o enraizamento são praticamente iguais ao da estaquia, porém as estacas não são separadas da planta mãe, apenas tenta-se estimular o enraizamento por meio de estrangulamento da seiva e/ou simplesmente juntando substrato no caule, onde não haverá a incidência de luz que pode estimular o enraizamento, com ou sem hormônios.

Yuyama & Silva (2005) avaliaram o efeito do IBA e ANA (sem hormônio, IBA com 3000 ppm e ANA com 200 ppm) em diferentes tipos de estrangulamento (½ lua, lua cheia, ½ anel, anel) no enraizamento da estaca de camu-camu, utilizando alporquia. O resultado mostrou que houve maior formação de calo no tratamento que recebeu ANA (72,77%) e em seguida, o que recebeu anelamento completo (70,16%), ½ anel (69,62%) e ½ lua (57,57%). Quanto à formação de raízes o tratamento com anelamento completo teve 11,17%, seguido de lua cheia (6,23%) e ½ lua (5,8%). O ½

anel não teve nenhum enraizamento, enquanto que enraizamento sem hormônios teve 6,85%, com IBA 6,94% e ANA com apenas 3,62%, aos 60 dias, mostrando que é necessário pelo menos mais 30 dias para melhor obtenção de raiz e calo. Pereira et al. (2001) avaliaram efeito de estrangulamento (sem corte, ½ círculo, círculo completo, ½ anel e anel completo) e hormônio ANA com 200 ppm (sem ANA, pincelamento no local e mistura em substrato). O tipo de bloqueio mais eficiente para formação de raiz e calo foi o anel completo (91,11%), ½ anel (85,27%), círculo completo (82,22%). Quanto a enraizamento, houve 37,77%; 41,66% e 37,77%, respectivamente após 90 dias. Não houve efeito de aplicação de hormônios no enraizamento de alporquia (Yuyama & Silva, 2005; Pereira et al., 2001).

### CONSIDERAÇÕES GERAIS

A propagação por sementes é a maneira mais comum de propagação de camu-camu, e diante de alguns estudos realizados até a presente data, a semente deve ser coletada de planta produtiva e com alto teor de vitamina C. As sementes de tamanho médio a grande podem ser semeadas em caixa de madeira contendo apenas serragem e cobertas com plástico transparente, para aumentar a umidade e temperatura do interior. Quando a plântula atingir cerca de 9 cm de altura transplantar em substrato de argissolo (solo da superfície até 20 cm), em saco de muda de 19 x 20 cm é o suficiente, para produção de mudas de camucamuzeiro. Porém, se o crescimento for muito lento pode-se adicionar um pouco de esterco de galinha a cada 30 dias. Quando as mudas estiverem com 4 mm de diâmetro, tomar cuidado com o ataque de broca da haste (*Xylosandrus compactus*, Delgado & Conturier), que pode ser reconhecida no início com a morte de parte aérea da planta. Delgado & Conturier (2004) recomendam que após o aparecimento de um pouco de pó de serra em algumas mudas, deve-se imediatamente queimar todas as mudas, mas o inseticida sistêmico a base de Diazinon, pode controlar muito bem a praga pulverizando a cada semana.

A micropropagação ainda não tem protocolo definido para o camu-camu devido à dificuldade de obter uma estaca isenta de contaminação de organismos endofíticos. Dentro de propagação assexuada, entre enxertia, alporquia e estaquia existem vantagens e desvantagens em alguns métodos baseados na arquitetura da planta para uma boa produção, pois um ideótipo tem multicaule e ramificação abundante. O fruto do camu-camu ocorre mais em ramos novos, indicando que uma planta com maior número de ramos tem a vantagem sobre poucos ramos.

No caso de enxertia por borbulha empregado no Peru tem apenas um broto e tipo garfagem tem algumas gemas a mais, mas tem apenas um caule, sempre perde em número de ramos com uma planta multicaule e tem outro trabalho adicional que necessita eliminação de ramos laterais da porta-enxerto.

Na alporquia tem a limitação de ramos que deve ser feita a muda e depois de retirada da planta mãe, maior número de mão de obra necessária para realização e, também há necessidade de mais cuidados para a estaca não morrer no início de transplante.

Na estaquia há necessidade de uma casa de vegetação com sistema de nebulização, para maior eficiência na produção de mudas, bem como a formação das copas. O processo é mais simples, requer menos mão de obra e a planta pode ter mais de um caule no campo com a emissão natural de ramos laterais na região do colo da planta. Portanto, a estaca para formação de mudas deve ser > 8 mm e obtidas de ramos retirados na posição inferior a 10 cm da planta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altman, A. 1972. The role of auxin in root initiation in cuting. *Proc. Intl. Planch. Prop. Soc.* London. 22: 280.

Almeida, R.J.O.; Yuyama, K.; Pereira, B.G.; Castro, A.F. 2002. Produção de mudas de camu-camu por meio de estaquia, utilizando diferentes substratos e estacas. *Jornada de Iniciação científica PIBIC/CNPq/INPA*, 11. Manaus, INPA, 176-177.

Andrade, J.C.; Aragão, C.G.; Galeazzi, M.A.M.; Ferreira, S.A.N. 1995. Changes in the concentration of total vitamin C during maturation and ripening of camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) fruits cultivated in the upland of Brazilian central Amazon. *Acta Horticulture*, 370: 177-180.

Azevedo, D.M.; Nagao, E.O. 1998. *Efeito de ácido indolbutírico (AIB) e substratos sobre o enraizamento de estacas de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh)*. Relatório Final CNPq/Universidade do Amazonas, p. 764.

Azevedo, D.M. 1999. *Efeito do ácido indolbutírico (AIB) e substratos sobre o enraizamento de estacas de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh)*. Manaus-FUA. 40p. (Monografia).

Araújo, J.M.F.; Araújo, A.C.; Assis, A.J.; Lima, L.M.; Fustatsumore, N.M. 1996. *Efeito de quatro concentrações do ácido 3-indolbutírico sobre o enraizamento de estacas lenhosas e semi-lenhosas de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) Mc Vaugh)*. Faculdade de Ciências Agrária do Pará – FCAP, Belém.

Baos, C.P.; Flor, B.F.D.; Trueba, C.P. s.d. *Descriptorios de camu-camu*. INIA, Programa Nacional de Cultivos Tropicales, 54p. (Informe Técnico nº 08).

Bezerra, J.E.F.; Lederman, I.E.; Silva, M.F.F.; Souza, A.A.M. 1992. Enraizamento de estacas herbáceas de acerola com ácido indol-butírico e ácido alfa-naftaleno acético a baixas concentrações em duas épocas. *Ver. Bras. Frutic.* Cruz das Almas. 14(1): 1-6.

Caliri, G.J.A. 2002. *Estudos fenológicos e seleção de matrizes em quatro procedências de camu-camu silvestre (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh) da região Amazônica, para uso em sistemas agroflorestais*. INPA-FUA. Manaus, AM. 58p. (Dissertação).

Castro, A.F.; Yuyama, K. 2001. Propagação vegetativa de camu-camu por meio de estacas herbáceas com diferentes concentrações de IBA e tempo de imersão. *Anais... Jornada de iniciação Científica do PIBIC/INPA*, 4. Manaus, p. 312-315.

Castro, A.F.; Yuyama, K. 2002. Avaliação de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh), submetidas a adubação orgânica e mineral. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17. Belém, 18 a 22 de novembro de 2002. *Anais... Jaboticabal, SBF*, p. 860-864. CD-ROM.

Castro, M.M.; Yuyama, K.; Castro, A.F. 2004. Produção de mudas de camu-camu utilizando semadura direta em tubetes, em diferentes condições de sombreamento e substrato. Congresso Brasileiro de Fruticultura 18. Florianópolis, 22 a 26 de novembro de 2004. *Anais... Jaboticabal, SBF*, p. 360-365. CD-ROM.

Cooper, W.C. 1935. Hormones in relation to root formation on stem cuttings, *Plant Phys.*, 10:789-94.

Delgado, C.; Conturier, G. 2004. *Manejo de insectos plagas en la Amazonía: Su aplicación em camu-camu*. IIAP – Iquitos/IRD, 147p.

Enciso, R. 1992. *Propagación del camu-camu (Myrciaria dubia) por injerto*. Programa de Investigación em Cultivos Tropicales. INIA. Lima-Peru, 17p. (Informe Técnico nº 18).

Enciso, R.; Villachica, H. 1993. *Producción y manejo de plantas injertadas de camu-camu* (*Myrciaria dubia*) em viveiro. Programa de Investigación em Cultivos Tropicales. INIA. Lima INIA, Lima, Peru. Diciembre. 20p. (Informe Técnico n° 25).

Fachinello, J.C.; Hoffmann, A., Nactigal, J.C.; Kersten, E.; Fortes, G.R.L. 1995. *Propagação de plantas frutíferas de clima temperado*. 2ª ed. – Pelotas: Editora UFPEL. p. 34-85. il.

Falcão, M.A.; Ferreira, S.A.N.; Chávez Flores, W.B.; Clement, C.R. 1993. Aspectos fenológicos e ecológicos do “camu-camu” (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) na terra firme da Amazônia Central. In: *Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade de algumas na Amazônia brasileira: araçá-boi* (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh), *Biribá* (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), *camu-camu* (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh), *cupuaçu* (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum) e *graviola* (*Annona muricata* L.), 57-65.

Ferreira, S.A.N.; Gentil, D.F.O. 1997. Propagação assexuada do camu-camu (*Myrciaria dubia*) através de enxertias do tipo garfagem. *Acta Amazônica*, 27(3):163-168.

Haissig, B.E. 1972. Meristematic activity during adventitious root primordial development. I. Influences of endogenous auxin and applied gibberellic acid. *Plant Physiol.* Bethesda. 49: 886-892.

Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1975. *Plant propagation: principles and practices*. 3 ed. New Jersey, Prentice – Hall. 662p.

Hartmann, H.T.; Kester, D.E.; Davies Jr, F.T. 1990. *Plant propagation; principles and practices*. 5 ed. New York: Englewood clippis/Prentice-Hall, 647p.

Hess, C.E. 1969. *Internal and external factors regulating root initiation; root growth*. London: Butterswovrth, p. 42-53.

Jardim, L.S.; Yuyama, K. 2005. Micropropagação “*in vitro*” de camu-camu na Amazônia Central. 45 CBO, 15 CBFPO, 2 CBCTP. *Horticultura Brasileira*, 23(2):639.

Lopes, L.C.; Barbosa, J.G. 1994. *Propagação de plantas ornamentais*. Viçosa: UFV. 30p. (Boletim n° 267)

Mendes, N.B. 2004. *Longevidade de semente de camu-camu* (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) submetidas a diferentes ambientes e formas de conservação. Manaus: UFAM, 81p. (Dissertação de Mestrado).

Moreira Filho, M. 2009. *Camu-camu arbustivo (Myrciaria dubia) e camu-camu arbóreo (M. floribunda): enxertia intraespecífica e interespecífica*. Manaus, INPA/ATU. 39p.

Pereira, B.G.; Yuyama, K.; Mendes, N.B. 2001. Propagação vegetativa de camu-camu por alporquia. In: Jornada de paulista de plantas medicinais. *Anais...* Botucatu, UNESP, p. 78.

Pereira, B.G. 2002. *Produção de mudas de camu-camu (H.B.K.) McVaugh por estaquia utilizando ramos provenientes de diferentes tipos e posição da planta*. Manaus, UFAM. 53p. (Monografia de graduação).

Pereira, B.G.; Yuyama, K. 2002. Produção de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) por estaquia utilizando ramo proveniente de diferente tipo e posição da planta. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17. Belém, 18 a 22 de novembro de 2002. *Anais...* Jaboticabal, SBF, p. 161-165. CD-ROM.

Pereira, B.G.; Yuyama, K.; Sousa, E.C.C. 2002. Propagação vegetativa de camu-camu por estaquia. In: *Frutal. Simpósio de inovação tecnológica e gerenciais*. EMBRAPA/CPTSA, p. 125-128.

Pinedo, M. 1989. *Evaluación preliminar de la germinación de 28 frutales tropicales. Programa de Investigación em Cultivos Tropicales*. Lima: INIA 40p. (Boletín Técnico 13).

Reuther, W.; Batchelor, L.D.; Webber, H.J. 1973. *The citrus industry*. 2ª ed. California: University of California, 3: 32-37.

Rodrigues, I.N.; Ferreira, S.A.N. 1999. propagação assexuada de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) por estaquia. In: Jornada de iniciação Científica, 8. *Anais do PIBIC CNPq/INPA*. Manaus, INPA, p. 267-270.

Ruiz, R.R.; Ramirez, I.J. s.d. *Tecnología del cultivo de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh) en la Amazonia Peruana*. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Pucallpa, 45p.

Santana, S.C. 1998. *Propagação vegetativa, por meio de estaquia e enxertia com diferentes porta-enxertos de Myrtaceae, para camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh)*. Manaus, INPA/FUA. 89p. (Dissertação de Mestrado).

Silva, M.L.; Yuyama, K. 2000. Propagação vegetativa de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) utilizando estacas de diâmetros diferentes submeti-

das a diferentes concentrações do ácido naftaleno acético – ANA. 51º Congresso Nacional de Botânica, Brasília – DF. *Resumos...* Manaus, SBB, 88p.

Silva, M.L. 2001. *Avaliação da produção de mudas de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh) por meio de estaquia, utilizando estacas de diferentes tipos submetidas a concentrações do ácido naftaleno acético*. INPA/UFAM, Manaus, 60p. (Dissertação de Mestrado).

Silva, M.L.; Yuyama, K. 2001a. Propagação vegetativa de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) silvestre da Praia do Tupé (rio Negro – AM), por estaquia, utilizando estacas de diferentes diâmetros e concentrações do ANA. Manaus, INPA. 52º Congresso Nacional de Botânica, João Pessoa – PR. *Resumos...* João Pessoa, SBB, 15p.

Silva, M.L.; Yuyama, K. 2001b. Propagação vegetativa de camu-camu cultivado em terra firme, no Amazonas, pelo método de estaquia, utilizando diferentes tipos de estacas e concentração de ANA. Reunião Especial da SBPC, 7R. *Resumos...* Manaus, SBPC.

Simão, S. 1971. *Manual de Fruticultura*. São Paulo, Ed. Agron. CERES, 530p.

Simão, S. 1998. *Tratado de Fruticultura*. Piracicaba: FEALQ, 90-94:il.

Souza, C.M. de. 2002. *Caracterização Fenológica, Agronômica e Nutricional de 12 acessos de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh) provenientes do Rio Uatumã para fins Agroflorestais*. Manaus. INPA/UFAM. 60p. (Dissertação).

Sousa, E.C.C.; Yuyama, K. 2000. Produção de mudas de camu-camu em quatro tipos de solos da Amazônia Central, com uso de adubação orgânica e mineral. In: *Jornada de Iniciação Científica*, 9. Manaus. *Anais...* Manaus: PIBIC: INPA, p. 202-209.

Sousa, E.C.C.; Yuyama, K.; Pereira, B.G.; Anjos, A.M.G. 2002. Aceleração da emergência de sementes de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae). Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17. *Anais...* Jaboticabal, SBF, p. 565-569. CD-ROM.

Taylon, L. 1996. *Rain-Tree: camu-camu – Myrciaria dubia* <http://www.rain-tree.com/camu-html>

Veiga, J.B. 2004. *Efeito do ácido indolbutílico sobre o enraizamento de estacas de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh)*. Manaus, INPA, 44p. (Dissertação de Mestrado).

Veiga, J.B.; Yuyama, K. 2003. Produção de mudas de *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh por meio de estacas submetidas à concentração de ácido indol-butílico (AIB). Congresso Nacional de Botânica, 54. Desafios da Botânica Brasileira no Novo Milênio: Inventário, sistematização, conservação e uso da diversidade Vegetal. Belém-PA, 13 a 18 de julho de 2003. *Resumos...* Belém, SBB-UFRA, 145p. CD-ROM.

Villachica, H. 1996. *El cultivo de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh) en la Amazonia Peruana*. Tratado de Cooperación Amazonica. Lima Peru, Secretaria Pro-Tempore, 95p.

Yuyama, K. 1999. Banco ativo de germoplasma de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh). In: Ferreira, F. R. (ed.). *Recursos genéticos de espécies frutíferas no Brasil*. Brasília, EMBRAPA/CENARGEN, p. 90-93.

Yuyama, K.; Siqueira, J.A.S. 1999. Efeitos do tamanho da semente e do recipiente no crescimento de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Acta Amazônica*, 29(4):647-650.

Yuyama, K.; Aguiar, J.P.L.; Yuyama, L.K.O.; Silva, I.A. 2001. Variabilidade genética de camu-camu silvestre na Amazônia. In: Simpósio de Recursos genéticos para a América Latina e Caribe. *Anais...* IAPAR/EMBRAPA-CENARGEN, p. 459-461.

Yuyama, K.; Silva Filho, D.F. 2001. Avaliação do crescimento de mudas de camu-camu, submetidas em diferentes tipos de solos, com e sem uso de adubo orgânico e mineral. In: Reunião Especial da Sociedade Brasileira para Progresso da Ciência, 7., 2001, Manaus. *Resumos...* Manaus: SBPC.

Yuyama, K.; Sousa, E.C.C. 2001. Crescimento de mudas de camu-camu com uso de adubação mineral e orgânica em quatro tipos de solos da Amazônia. In: Jornada de paulista de plantas medicinais. *Anais...* Botucatu, UNESP, 57p.

Yuyama, K.; Aguiar, J.P.L.; Yuyama, L.K.O. 2002. Camu-camu: um fruto fantástico como fonte de vitamina C. *Acta Amazônica*, 32(1):169-174.

Yuyama, K.; Silva Filho, D.F. 2003. Influência do Tamanho e da coloração da semente na emergência de plântulas de camu-camu. *Rev. Cienc. Agrar.* 39:155-162.

Yuyama, K.; Castro, M.M.; Castro, A.F.; Coelho, E.C.S. 2004. Produção de mudas de camu-camu utilizando semeadura direta em tubetes, com diferentes tipos de substratos. Congresso Brasileiro de Fruticultura 18. Floria-

nópolis, 22 a 26 de novembro de 2004. *Anais...* Jaboticabal, SBF, p. 173-178. CD-ROM.

Yuyama, K.; Silva, A.G. 2005. Efeito do uso de ácido indolbutírico (IBA) e ácido naftaleno acético (ANA) em alporquia de camu-camu. 45 CBO, 15 CBFPO, 2 CBCTP. *Horticultura Brasileira*, 23(2):514.

Yuyama, K.; Moreira Filho, M.; Menezes, J.M.T; Pereira, F.S.; Januário, U.P. 2010. Efeitos de diferentes tipos de enxertia em variedades de camu-camu, em Itapuã d'Oeste, no Estado de Rondônia. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 21, Natal, RN. Frutas: saúde, inovação e sustentabilidade. Natal, RN. SBF.

# CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E DO MATERIAL FOLIAR DE LEGUMINOSAS COM POTENCIAL PARA ADUBAÇÃO VERDE DE AGROECOSSISTEMAS DE PRESIDENTE FIGUEIREDO, AM

Rafael Carletti Marcolino da SILVA<sup>1</sup>, Luiz Augusto Gomes de SOUZA<sup>2</sup>

Palavras-chave:

Fabaceae, Amazônia Central, Agroecologia

## INTRODUÇÃO

A agricultura convencional preconiza a expansão e a intensificação das monoculturas em grandes áreas do território nacional, inclusive sobre o bioma Amazônico, o que tem levado ao uso cada vez mais exaustivo e danoso dos solos. Neste contexto, o desenvolvimento de técnicas agrícolas mais conservacionistas, que visem o manejo sustentável do sistema de produção deve ser priorizado em contraposição, sobretudo pelos pequenos produtores familiares, os quais conseguem perceber que os abusos praticados no campo surtem reflexos imediatos na sua qualidade de vida.

A adubação verde destaca-se como uma alternativa viável na busca da sustentabilidade dos solos agrícolas (Alcântra et al., 2000). Essa prática consiste no uso da biomassa fresca das plantas como adubo, com o objetivo de aumentar a fertilidade e manter as características químicas,

1 Programa de Pós-graduação Ciências de Florestas Tropicais do INPA – PPG-CFT, Manaus, AM;

2 Coordenação Sociedade Ambiente e Saúde, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – CSAS/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: souzalag@inpa.gov.br.

físicas e biológicas do solo através da matéria orgânica fornecida por essa fitomassa (Peché Filho, 1999). Essa prática pode ser executada com espécies nativas ou introduzidas, cultivadas em rotação ou em consórcio com as culturas de interesse econômico (Espíndola, 1997; Ribas et al., 2003). As espécies utilizadas em práticas de adubação verde podem ser de ciclo anual, semiperenes ou perenes e, portanto, cobrem o terreno em períodos específicos ou durante todo o ano. No entanto, essa técnica deve ser avaliada em função das vantagens relacionadas à fixação biológica de  $N_2$  (Espíndola, 1997). Assim, as leguminosas tropicais nodulíferas são amplamente utilizadas como adubos verdes, uma vez que as espécies dessa família destacam-se das demais pela melhor qualidade da biomassa produzida (Faria & Campello, 1999). Existem várias formas de utilização de leguminosas como fonte de N para o solo. A mais comum é a sua utilização sob a forma de pré-cultivo, em que o adubo verde precede a cultura principal, a qual se beneficia posteriormente com a mineralização do nitrogênio.

Como a adubação verde é uma prática que utiliza a matéria orgânica como seu principal produto, torna-se importante entender os processos que interferem na decomposição desses resíduos vegetais. Conforme as condições edafoclimáticas, a velocidade de decomposição da serapilheira varia de acordo com os teores de lignina, polifenóis, celulose, carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, dentre outros componentes (Monteiro & Gama-Rodrigues, 2004). Dentre esses fatores, merece destaque a composição química dos resíduos, já que a suscetibilidade dos resíduos vegetais à decomposição está associada, principalmente, aos teores de lignina, celulose e polifenóis, além das relações C:N, lignina:N e lignina + polifenóis:N (Carvalho, 2005).

A celulose é um constituinte-chave das células vegetais, sendo a molécula predominante da parede celular dessas células. Composta por cadeias de microfibrilas lineares de D-glicose, a celulose faz parte do metabolismo primário das plantas conferindo-lhes rigidez, resistência e insolubilidade, contribuindo com aproximadamente 25% da estrutura da parede celular. Depois da celulose, a substância orgânica mais abundante nas plantas é a lignina que, juntamente com outros compostos fenólicos, faz parte do metabolismo secundário nos vegetais. Tanto a lignina quanto os demais compostos fenólicos constituem um grupo quimicamente heterogêneo e apresentam uma variedade de funções nos vegetais. Dentre elas, é possível citar sua ação na sustentação mecânica de vasos e tecidos vasculares,

além de proteção física contra ataque de patógenos, fitófagos e organismos decompositores, tornando a célula vegetal indigerível para alguns desses animais (Taiz & Zeiger, 2004).

Nesse sentido, resíduos com baixa relação C:N (< 25) e reduzidos teores de lignina e polifenóis apresentam rápida mineralização e fornecem grandes quantidades de nutrientes para as culturas subsequentes. Já os resíduos com elevada relação C:N (> 25) e altos teores de lignina e polifenóis sofrem uma decomposição mais lenta, podendo formar uma cobertura morta estável que contribua para a melhoria das características gerais do solo (Haynes, 1986).

A partir de um levantamento de 17 espécies de leguminosas encontradas nas propriedades agrícolas de Presidente Figueiredo, AM, foram pesquisadas as características químicas dos solos onde as espécies se estabelecem. Avaliou-se também o conteúdo de nutrientes da biomassa foliar das espécies e quantificado os teores de lignina, celulose e polifenóis do material vegetal, com fins de selecionar as espécies com maior potencial de aproveitamento como plantas para adubação verde.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos nos anos de 2009-2010 em quinze propriedades selecionadas no município de Presidente Figueiredo, AM. Após a identificação das espécies de leguminosas nas áreas de capoeira, quintal e roçado destes sítios, foram feitas coletas de solo na profundidade de 0-10 cm, com auxílio de um trado. Cinco amostras simples de cada ambiente foram homogeneizadas, constituindo três amostras compostas por propriedade. Durante a coleta procurou-se evitar o efeito de borda, concentrando a amostragem no centro dos ambientes. As amostras foram levadas para o Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA, onde foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em uma malha de 2 mm de espessura.

As análises dos nutrientes seguiram a metodologia proposta pela EMBRAPA (1999). O pH foi medido em solução 1:25 em água destilada e KCL 1 M. O fósforo foi determinado pelo método do molibdato de amônio, com leitura em espectrofotômetro. O Ca, Mg, K, Mn, Fe e Zn foram determinados por via úmida (solução digestora nitroperclórica: HNO<sub>3</sub> e HClO<sub>2</sub> concentrados, na relação 2:1) e leitura por espectrofotometria de absorção atômica. O Al<sup>3+</sup> foi determinado pelo método de titulação com NaOH. O carbono orgânico foi determinado utilizando

o método Walkley e Black, usando o Dicromato de Potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) para oxidação da matéria orgânica em meio sulfúrico e titulação com solução de Sulfato Ferroso ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ). O N total por meio do método de Kjeldahl.

As análises químicas do material foliar foram feitas para as 17 espécies selecionadas. A coleta foi feita com três indivíduos para cada espécie, obtendo-se folhas do terço médio das plantas. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao LTSP do INPA. Em seguida, foram colocadas para secar em estufa com temperatura a  $65^\circ C$ , por 72 h. Após a secagem, o material foi moído em moinho de facas e armazenado. Para esta etapa do trabalho foram determinados os teores de lignina e celulose, utilizando-se o método de fibra de detergente ácido, seguindo a metodologia de Van Soest (1963). Foi determinado também o teor de polifenóis totais utilizando-se o reagente de Folin-Denis, de acordo a metodologia de Anderson & Ingram (1993). Com os dados obtidos foram determinadas as relações C:N, lignina:N, celulose:N e polifenóis:N.

Dentre as espécies de Fabaceae encontradas na área pesquisada, foi dada atenção para as espécies que já vêm sendo empregadas em práticas agrônomicas com maior intensidade, mas também, outras que não são usadas com tanta frequência assim, mas que podem ter seu potencial melhor explorado. A frequência das espécies nas áreas visitadas também foi considerada no levantamento, priorizando-se as mais adaptadas aos solos da região e que apresentaram uma elevada produção de fitomassa. Algumas informações sobre o nome popular, hábito de crescimento e habilidade fixadora de  $N_2$  das Fabaceae selecionadas estão disponíveis na Tabela 1.

Dentre as espécies que fixam  $N_2$ , *Arachis stenosperma*, *Clitoria javitensis*, *Dioclea glabra*, *Gliricidia sepium*, *Inga alba*, *I. edulis* e *I. macrophylla*, já são utilizadas como adubos verdes em atividades agrônomicas. Outras que também apresentam habilidade nodulífera, são pouco pesquisadas como adubos orgânicos. Duas espécies que não nodulam, *Caesalpinia ferrea* e *Senna tapajozensis* também foram pesquisadas, em virtude de sua alta frequência nas propriedades e da elevada produção de fitomassa, caracterizando recursos que podem ser facilmente manejados ao mesmo tempo em que atendem uma premissa da adubação verde que é alta produção de fitomassa.

**Tabela 1.** Lista das espécies de Fabaceae mais frequentes nas áreas agrícolas de Presidente Figueiredo, AM, com potencial de aproveitamento como plantas para adubação verde.

Nome científico	Nome popular	Habito de crescimento	Fixação de N <sub>2</sub>
<i>Arachis stenosperma</i> Krapov & Greg	amendoim-forrageiro	Herbáceo	Sim
<i>Caesalpinia férrea</i> C. Mart.	jucá	Arbóreo	Não
<i>Clitoria javitensis</i> (Kunth.) Benth.	erva-da-campina	Liana	Sim
<i>Dioclea glabra</i> Benth.	feijão-brabo	Liana	Sim
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (B.) Benth.	orelha-de-negro	Arbóreo	Sim
<i>Glyricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	gliricídia	Arbóreo	Sim
<i>Inga Alba</i> (Sw.) Willd.	ingáí	Arbóreo	Sim
<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá-cipó	Arbóreo	Sim
<i>Inga macrophylla</i> Willd.	ingá-chata	Arbóreo	Sim
<i>Lonchocarpus negrensis</i> Benth.	timborana	Liana	Sim
<i>Machaerium froesii</i> Rudd	unha-de-gato	Liana	Sim
<i>Machaerium hoehneanum</i> Ducke	juquiri	Liana	Sim
<i>Mimosa spruceana</i> Benth.	unha-de-gato	Liana	Sim
<i>Piptadenia minutiflora</i> Ducke	cipó-de-gato	Liana	Sim
<i>Senna tapajozensis</i> (Ducke) I. & Barn.	aleluia	Liana	Não
<i>Stryphnodendron guianense</i> (A.) Benth.	faveira-camuzé	Arbóreo	Sim
<i>Swartzia longistipitata</i> Sm.	acapú	Arbóreo	Sim

Para avaliar as diferenças químicas dos solos da capoeira, quintal e roçado, foi feita uma análise de variância ANOVA para cada nutriente, com nível de significância  $\alpha = 0,05\%$ . Os teores de nitrogênio, lignina, celulose e polifenóis, presentes no material foliar das espécies, além das relações C:N, lignina:N, celulose:N, polifenóis:N, também foram comparados por ANOVA, com nível de significância  $\alpha = 0,05$  para cada variável.

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

Os valores médios do conteúdo dos nutrientes do solo nos diferentes ambientes estão expostos na Tabela 2. Em geral, os maiores teores de macro e micronutrientes encontrados nos solos dos quintais. As exceções foram Fe, Al e K que apresentaram maiores concentrações no solo de capoeira e Zn, que foi maior no solo do roçado.

**Tabela 2.** Teores médios de pH, acidez trocável, macro e micronutrientes no solo dos diferentes ambientes nas propriedades agrícolas de Presidente Figueiredo, AM.

Ambiente	pH		Ca	Mg	K	Al+H	P	Zn	Fe	Mn	C	N
	H <sub>2</sub> O	KCl	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>			
Capoeira	4,3 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	0,49 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	1,77 <sup>a</sup>	0,7 <sup>b</sup>	233 <sup>a</sup>	3,80 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	1,9 <sup>b</sup>
Quintal	4,3 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	1,26 <sup>a</sup>	1,79 <sup>a</sup>	1,9 <sup>b</sup>	222 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>
Roçado	4,0 <sup>b</sup>	3,9 <sup>b</sup>	0,21 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	1,52 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	3,8 <sup>a</sup>	181 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	11 <sup>a</sup>	1,7 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Os solos dos ambientes agrícolas visitados em Presidente Figueiredo foram identificados como pertencentes à classe dos Latossolos Amarelos, de textura argilosa, onde um nível elevado de acidez foi encontrado em todos os ambientes que constituem a área de produção nas propriedades. Esta acidez é significativamente maior nas áreas de roçado, comparado ao quintal e capoeira. Entretanto os níveis de acidez potencial (H+Al) e carbono não variaram entre os ambientes. Foi verificado também que os níveis dos principais elementos essenciais para as plantas são deficientes, o que prejudica a disponibilidade de cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Além disso, havia teores muito baixos de manganês, baixa concentração de carbono no solo e suas implicações na disponibilidade de nitrogênio, bem como níveis elevados de ferro e alumínio em geral e zinco no roçado, com suas implicações no desenvolvimento vegetal. Os níveis de cálcio são significativamente menores na capoeira, e os de magnésio, fósforo e ferro são baixos no roçado. Esta deficiência generalizada de nutrientes em solos da terra firme sugere a adoção de práticas sustentáveis de manejo que mantenham ou elevem sua disponibilidade para os cultivos.

Os solos brasileiros são, em geral, muito intemperizados e, consequentemente, ácidos e de baixa fertilidade. A acidez do solo controla a solubilidade e a precipitação de compostos químicos de todos os nutrientes essenciais da planta e é, portanto, um fator decisivo para a produção agrícola (Prasad & Power, 1997). Contudo, Bissani et. al. (2004) ressalta que uma planta é capaz de se desenvolver normalmente em pH 4,0, desde que haja suprimento de todos os nutrientes necessários ao seu crescimento, embora o pH esteja relacionado com a disponibilidade destes elementos. Os valores mais amenos de pH encontrados nos solos do quintal e da capoeira podem ser devido a maior quantidade de matéria orgânica nesses ambientes, uma vez que a decomposição dos resíduos vegetais aumenta a

capacidade de troca catiônica, neutralizando o alumínio trocável (Prasad & Power, 1997).

Ferraz et. al. (1998) ressalta que os Latossolos Amarelos de textura argilosa são capazes de conter maiores concentrações de micronutrientes como Fe, Zn e Mn. De fato, os valores encontrados para o Fe nesse estudo, em todos os ambientes são considerados muito altos (Cochrane, 1985), mesmo no roçado, e isso em parte é atribuído ao fato deste elemento preservar-se no solo a partir do material que o originou. Já o Zn prevaleceu de forma acentuada nos roçados, mesmo após a queima. De acordo com Moreira & Siqueira (2004), o Zn se torna mais disponível em pH ácido ou muito ácido e, além disso, é um dos elementos que menos se perde durante o processo da queima, por ser um cátion e ficar adsorvido junto às cargas negativas dos colóides argilosos (Luchese et. al., 2001), mas que também é retido com eficiência na matéria orgânica disponível.

O conteúdo de P disponível não variou muito entre os solos da capoeira e do quintal, mas diferiu significativamente em relação aos solos do roçado, sendo considerado baixo para todos os ambientes (Cochrane, 1985). Por outro lado, como esse elemento é capaz de se ligar a íons como Fe e Al, que se mostraram altos nos ambientes do quintal e capoeira, o P pode permanecer no sistema por mais tempo, o que poderia explicar os maiores valores de P nesses ambientes (Ohno et. al., 2005).

Os conteúdos de Ca e Mg também foram maiores no quintal, seguido pela capoeira e roçado. Em solos como os do roçado que são submetidos ao fogo, logo após a queima, há uma alta concentração desses dois nutrientes nas cinzas. As maiores concentrações de nutrientes em geral estão presentes na camada superior do solo, fazendo com que as principais trocas e interações ocorram onde há um maior acúmulo e deposição dos materiais vegetais (Markewitz et al., 2004). Como a presença e disponibilidade de Ca e Mg estão diretamente relacionadas com a matéria orgânica presente no solo (Malavolta et. al., 1989), era esperado encontrar os maiores valores desses nutrientes nos solos dos quintais e das capoeiras, uma vez que a deposição de matéria orgânica nesses ambientes é maior que nos solos dos roçados.

Quanto ao K, a análise apresentou diferença significativa entre os três ambientes estudados, porém, os valores variaram muito pouco, sendo que o maior valor foi encontrado nos solos de capoeira, que ainda assim são considerados muito baixos (Cochrane, 1985). Malavolta et. al. (2000) ressalta que nos solos cultivados como no roçado, uma quantidade considerável de K é extraída com a colheita e, boa parte dificilmente retorna ao sistema. Mas assim como a maioria dos outros nutrientes, a disponibilidade de

K também é dependente de um solo com abundância de matéria orgânica e que haja boa ciclagem de nutrientes, já que isso ajuda a manter o K disponível em sua forma inorgânica (Cattanio et. al., 2008).

Os teores de alumínio trocável foram excessivos nos três ambientes estudados. O processo clássico de correção da acidez do solo é a calagem que, consequentemente, leva ao aumento do pH, o que faz com que alguns nutrientes se tornem disponíveis (Malavolta et. al., 2000). O aumento do pH promovido pela correção da acidez também neutraliza o alumínio trocável.

A acidez do solo tem uma grande influência na sua fertilidade e no crescimento da planta. Em solos muito ácidos, Ca, Mg, K, P e B se tornam deficientes, enquanto Mn e Fe podem atingir valores tóxicos (Prasad & Power, 1997). No caso dos roçados, o efeito do fogo é benéfico, já que após a queima o efeito das cinzas contribui para neutralizar os níveis de Al solúvel e trocável (Fearnside et. al., 1999).

O C orgânico foi outro elemento que não apresentou diferença significativa entre os ambientes, entretanto os teores verificados são considerados baixos para solos tropicais (Cochrane et. al., 1985). A conversão de ecossistemas naturais para uso agrícola e o manejo dos quintais pode exercer uma grande influência nos estoques de C nos solos (Fearnside, 2006). As mudanças no uso da terra alteram os processos bioquímicos do solo, com reflexos no estoque de C e no fluxo de gases entre o solo e a atmosfera. Isso não parece ter sido o caso nesse estudo, uma vez que o conteúdo de C encontrado nos solos do roçado, quintal e capoeira estão dentro dos parâmetros de solos tropicais.

O N total se mostrou diferente estatisticamente embora seu conteúdo tenha variado pouco entre os ambientes. Em solos argilosos como os do presente estudo, o N na forma de amônia se encontra adsorvido nas partículas de cargas negativas ou disponível na sua forma inorgânica de nitrato. O nitrato, porém, é o íon que predomina durante o processo de nutrição das plantas (Luchese et. al., 2001). Como os solos dos quintais e das capoeiras em processo de regeneração são mais estáveis, a ciclagem de N nesses ambientes é mais equilibrada, principalmente pela maior adição de matéria orgânica no solo, pela presença de espécies leguminosas fixadoras de  $N_2$  e também por apresentarem uma cobertura do solo mais densa, impedindo perdas por lixiviação. Por outro lado, quando se trata dos solos do roçado, sabe-se que o N, juntamente com o S, são os elementos que mais se perdem após a queima pelo processo de volatilização (Elingson et. al., 2000).

Os valores relativamente baixos encontrados para os nutrientes dos solos do roçado podem levantar questões que não correspondem à lógica de uso desse sistema agrícola. O fogo tem impactos notáveis em uma série de componentes bióticos e abióticos do ecossistema de solo e conhecer esses impactos é importante para o seu emprego como ferramenta no manejo de agroecossistemas (Gliessman, 2001).

Embora as cinzas contenham boa parte dos nutrientes que serão disponibilizados ao solo, seu efeito na liberação dos nutrientes é quase que imediato. Caso o solo não tenha capacidade de assimilar rapidamente esses nutrientes que estão sendo incorporados, pode haver perdas instantâneas por lixiviação, volatilização e mesmo pela ação do vento (Tulaphitak et. al., 1985). Quando ocorre a queima, as partes mais jovens e menores da vegetação submetida ao fogo como folhas, ramos finos e serapilheira são quase que totalmente transformadas em cinzas. Ao passo que caules e ramos grossos que não são totalmente queimados, permanecem no sistema por mais tempo e concentram a maior parte dos nutrientes, em relação às partes menores e mais jovens. Grande estoque de nutrientes então, ainda permanece no terreno após a queima na forma de coivara, podendo ser perdida ou mesmo transferida para os compartimentos cinza e carvão em processos de requeima. Esta baixa conversão pode ser considerada apropriada do ponto de vista da conservação dos nutrientes no sistema, uma vez que apenas uma pequena parte das cinzas depositadas na superfície do terreno estará sujeita a perdas imediatas, dependendo do manejo a ser adotado.

## CONSTITUIÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES NAS FOLHAS

O conteúdo nutricional dos macro e micronutrientes verificados na biomassa foliar de 17 espécies de leguminosas avaliadas, também foi mensurado e os resultados são apresentados na Tabela 3. Nestes dados, não foram feitas comparações estatísticas, pois o propósito era somente descrever como se distribuem e quais os teores médios de macro e micronutrientes das espécies.

Como pode ser verificado, há uma variação muito grande no nível de nutrientes observados nas folhas, o que pode estar relacionado com o hábito de crescimento das espécies bem como com o ambiente agrícola preferencial onde estas se estabelecem. Das espécies estudadas a herbácea *A. stenosperma* apresentou os maiores valores de absorção de P, K, Mg Zn, demonstrando uma alta capacidade de absorção de nutrientes do solo, o que reflete na qualidade do material foliar.

**Tabela 3.** Concentração de macronutrientes e micronutrientes nas folhas de espécies de leguminosas coletadas em propriedades agrícolas de Presidente Figueiredo, AM.

Espécies	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
	g kg <sup>-1</sup>						
<i>Arachis stenosperma</i>	<u>4,86</u>	<u>12,78</u>	13,65	<u>5,51</u>	0,09	<u>0,05</u>	<u>0,04</u>
<i>Caesalpinia ferrea</i>	3,38	5,73	7,15	1,17	<u>0,15</u>	0,03	0,08
<i>Clitoria javitensis</i>	2,07	4,50	4,47	1,66	0,06	0,02	0,22
<i>Dioclea glabra</i>	2,33	6,53	7,80	1,48	0,07	0,02	0,13
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	2,03	3,96	12,09	2,10	0,11	<u>0,01</u>	<u>0,39</u>
<i>Gliricidia sepium</i>	1,80	9,39	<u>16,09</u>	5,47	0,11	<u>0,01</u>	<u>0,04</u>
<i>Inga alba</i>	2,41	4,53	6,50	1,47	0,08	<u>0,01</u>	<u>0,04</u>
<i>Inga edulis</i>	2,26	5,60	10,27	1,87	0,08	0,02	0,10
<i>Inga macrophylla</i>	2,86	7,53	7,77	1,51	0,08	<u>0,01</u>	0,10
<i>Lonchocarpus negrensis</i>	2,67	5,53	<u>1,81</u>	<u>0,97</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	0,05
<i>Machaerium froesii</i>	2,71	5,51	10,63	2,15	0,07	<u>0,01</u>	0,29
<i>Machaerium hoehneanum</i>	2,24	3,24	7,41	2,10	<u>0,15</u>	<u>0,01</u>	0,26
<i>Mimosa spruceana</i>	2,10	3,87	5,40	1,67	0,08	<u>0,01</u>	0,10
<i>Piptadenia minutiflora</i>	1,85	4,49	12,69	4,37	0,07	<u>0,01</u>	0,23
<i>Senna tapajozensis</i>	2,28	5,67	11,83	1,17	0,06	0,02	0,23
<i>Stryphnodendron guianense</i>	2,83	3,17	5,90	2,91	0,10	<u>0,01</u>	0,05
<i>Swartzia longistipitata</i>	<u>1,69</u>	<u>2,05</u>	12,13	3,30	0,09	<u>0,01</u>	0,06

Considerando-se o valor de fósforo no material foliar, as espécies que absorveram mais de 2,50 g kg<sup>-1</sup>, foram além do *A. stenosperma*, *C. ferrea*, *I. macrophylla*, *L. negrensis*, *M. froesii* e *S. guianense*. Quanto ao potássio, poucas espécies atingiram a taxa de absorção de *A. stenosperma* e somente *G. sepium* apresentou valores próximos. Observando-se os valores determinados para o cálcio, *G. sepium* destacou-se com as maiores médias, seguida por *A. stenosperma*, *S. tapajozensis*, *S. longistipitata* e *E. schomburgkii*. Na absorção de Mg também se destacaram *G. sepium* e *P. minutiflora*.

Quanto aos micronutrientes, nota-se que diante da disponibilidade elevada de Fe nos solos estudados, houve pouca variação nos teores de ferro na planta, com a maior média sendo verificada para *C. ferrea* e *M. hoehneanum*. Os níveis de Zn no material vegetal também apresentaram baixa variação, com um grupo considerável das espécies apresentando uma pequena extração do Zn do solo (Tabela 3). As maiores concentrações de Mn foram observadas em *E. schomburgkii*, ao passo que *A. stenosperma*, *G. sepium* e *I. alba* permitiram menores entradas deste elemento na planta.

## CONSTITUINTES QUÍMICOS FOLIARES: LIGNINA, CELULOSE, POLIFENÓIS E NITROGÊNIO

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises químicas dos teores de lignina, celulose, polifenóis e nitrogênio, realizadas nas folhas das 17 espécies de leguminosas pesquisadas. Os teores dos constituintes químicos avaliados variaram bastante entre as espécies, mostrando que esse grupo é bastante diversificado quimicamente. Essa heterogeneidade é uma característica importante quando se pensa em adubação verde e adição de matéria orgânica ao solo, uma vez que cada material vegetal responde de forma peculiar às ações que levam ao processo de sua decomposição (Monteiro & Gama-rodrigues, 2004). Além disso, Xuluc-tolosa, (2003) consideraram que as características químicas da matéria orgânica é um melhor preditor das taxas de decomposição do que as condições ambientais, tais como características edáficas e microclima. Em decorrência as pesquisas de constituintes orgânicos na seleção de espécies para emprego em práticas de adubação verde ainda precisa ser incrementada especialmente para plantas nativas pouco pesquisadas.

Como podem ser verificados, os teores de lignina variaram de 10,35% em *A. stenosperma* a 49,34% em *M. spruceana*. A análise estatística indicou haver diferença significativa entre os conteúdos de lignina para as espécies avaliadas, sendo que *M. spruceana* e *E. schomburgkii* apresentaram os maiores valores. Um segundo grupo de espécies também foi identificado com teores elevados de lignina no material foliar: *S. guianense*, *I. edulis* e *I. alba*. Já os menores valores foram encontrados em *A. stenosperma*, *C. ferrea*, *G. sepium* e *S. tapajozensis*. As diferenças mais significativas se concentraram entre essas espécies, sendo que as demais formaram um grupo intermediário, que não difere muito entre si.

No que diz respeito à lignina, as 17 espécies estudadas apresentaram conteúdos bastante variados, que atendem a premissa da heterogeneidade. Meentemeyer (1978) considera que a lignina é o principal componente que determina as taxas de decomposição. Seu conteúdo aumenta com a senescência da planta bem como durante o processo de decomposição, podendo variar de 5 a 40% (Constantinides & Fownes, 1994). Porém, Moreira & Siqueira (2002) ressaltam que a matéria orgânica com teor de lignina acima de 30%, torna praticamente inviável seu uso como adubo orgânico, já que sua decomposição não ocorrerá a tempo de atender as necessidades nutricionais das culturas.

Em nosso estudo, diversas espécies apresentaram teores de lignina que se enquadram abaixo da faixa dos 30%, sugerindo haver entre elas um bom potencial de uso como adubos verdes. Nessa perspectiva, merece destaque *A. stenosperma* e *C. ferrea*, indicando um possível uso dessas espécies como adubos orgânicos. Esses resultados estão próximos dos obtidos por Oglesby & Fownes (1992) que encontraram valores de 8,6% e 12% de lignina para as mesmas espécies.

Outro grupo, que abrange desde *G. sepium* a *I. macrophylla* (Tabela 4) também se mostrou promissor quanto ao seu uso como adubo verde, já que seus teores ficaram entre 10% e 30%. Abaixo desse grupo, sete espécies apresentaram teores acima dos 30%, o que as coloca entre aquelas não recomendadas para serem usadas como adubos orgânicos, quando se considera somente esta variável. Os valores encontrados para essas sete espécies estão muito acima dos encontrados por Lupwayi & Haque, (1998), que ao pesquisarem outras leguminosas, obtiveram valores de lignina de 9% a 18%.

**Tabela 4.** Teores médios de lignina, celulose, polifenóis e nitrogênio no tecido foliar de espécies de leguminosas encontradas nas áreas agrícolas em Presidente Figueiredo, AM.<sup>1</sup>

Espécies	Lignina	Celulose	Polifenóis	Nitrogênio
	(%)			
<i>Arachis stenosperma</i>	10,35 a	22,71 abc	0,18 ab	2,64 bcd
<i>Caesalpinia ferrea</i>	10,75 a	18,81 ab	0,27 ab	2,58 bcd
<i>Clitoria javitensis</i>	32,84 abc	32,44 bc	0,25 ab	2,40 cd
<i>Dioclea glabra</i>	38,91 bc	28,38 abc	0,29 ab	2,23 cd
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	48,85 c	29,68 bc	0,27 ab	2,52 bcd
<i>Gliricidia sepium</i>	13,78 ab	12,95 a	0,11 ab	3,40 abc
<i>Inga alba</i>	33,38 abc	32,84 bc	0,17 ab	2,66 abcd
<i>Inga edulis</i>	36,48 bc	26,56 abc	0,23 ab	3,00 abcd
<i>Inga macrophylla</i>	29,30 abc	32,79 bc	0,34 b	2,92 abcd
<i>Lonchocarpus negrensis</i>	24,56 abc	31,32 bc	0,20 ab	2,23 cd
<i>Machaerium froesii</i>	17,40 abc	30,12 bc	0,18 ab	2,62 bcd
<i>Machaerium hoehneanum</i>	17,04 abc	23,64 abc	0,19 ab	3,89 ab
<i>Mimosa spruceana</i>	49,34 c	37,08 c	0,29 ab	2,30 cd
<i>Piptadenia minutiflora</i>	26,73 abc	23,66 abc	0,11 ab	4,41 a
<i>Senna tapajozensis</i>	15,68 abc	23,22 abc	0,34 b	1,97 d
<i>Stryphnodendron guianense</i>	44,98 bc	38,67 c	0,26 ab	2,22 cd
<i>Swartzia longistipitata</i>	20,63 abc	24,53 abc	0,08 a	2,52 bcd

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Segundo Mafongoya (1998), a molécula de lignina presente nos tecidos vegetais interage com a parede celular fornecendo proteção mecânica à celulose contra a degradação, acarretando um efeito retardante da decomposição. Tavares (2006) observou que a taxa de decomposição da serapilheira de algumas leguminosas foi maior naquelas que apresentavam conteúdos de lignina acima de 30%, fazendo com que o tempo de meia vida das folhas dessas espécies aumentasse.

Os teores de celulose também variaram bastante entre as espécies, sendo que é possível identificar ao menos três grupos distintos (Tabela 4). *G. sepium* e *C. ferrea*, apresentaram os menores valores, 12,95% e 18,81% respectivamente, indicando o potencial dessas espécies como adubos verdes. Um segundo grupo, bastante diversificado, concentrando valores intermediários, que vão de 22,71% em *A. stenosperma* a 32,84% em *I. alba* pode ser considerado um grupo ainda viável para uso como adubo verde sugerindo que pode haver diferenças umas das outras quando submetidas aos processos envolvidos na decomposição. Cattanio (2008), ao estudar a taxa de decomposição de algumas leguminosas na Amazônia, encontrou valores de celulose semelhantes aos encontrados por esse segundo grupo de espécies e, ainda assim, observou que a influência dos altos valores de celulose não foi o fator preponderante para a velocidade de decomposição do material vegetal.

O terceiro grupo, composto por *M. spruceana* e *S. guianense*, apresentou os maiores valores entre as 17 espécies para os teores de celulose, 37,08% e 38,67% respectivamente. Esses valores são considerados altos segundo Tavares (2006) correlacionou negativamente os valores de celulose acima de 25% e a velocidade de decomposição do material vegetal de diversas espécies de leguminosas. De fato, a celulose, embora também interfira no processo de decomposição do material vegetal fresco tem seus efeitos menos relevantes do que as concentrações de lignina e polifenóis, uma vez que é degradada mais rapidamente, reduzindo seus estoques na matéria orgânica originalmente depositada, enquanto que a lignina, por exemplo, aumenta sua concentração devido a sua recalcitrância (Moreira & Siqueira, 2002).

A concentração de polifenóis foi a que menos variou entre as espécies, conforme pode ser observado na Tabela 4. Em relação a outros trabalhos com leguminosas (Oglesby & Fownes, 1992; Tavares, 2006; Oliveira e Carvalho, 2009), podemos perceber que os valores aqui encontrados são menores que os valores encontrados nestas pesquisas. Chama atenção o conteúdo de *G. sepium* (0,11%) que vem se mantendo baixo em todos os constituintes avaliados. Esse resultado concorda com os resultados encontrados por Costa et. al., (2005) que, pesquisando os mesmos constituintes avaliados em nosso trabalho, en-

contraram os menores resultados para esta espécie. Mesmo os valores de 0,34% encontrados para *I. macrophylla*, o mais elevado entre as espécies pesquisadas, estão muito aquém de serem considerados altos. Mesmo quando usados como matéria orgânica para diversas finalidades, um resíduo vegetal que apresente seu conteúdo de polifenóis de até 3% é considerado viável.

Como era esperado, os níveis de nitrogênio foram elevados, comparado a espécies de outras famílias botânicas, com maiores concentrações em média para as espécies com habilidades nodulífera, exceto *C. ferrea* que também demonstrou eficiência em captação deste elemento (Tabela 4). Os teores de N das 17 espécies avaliadas podem ser considerados muito bons de acordo com Palm & Rowland (1997), os quais afirmam que um material vegetal que vai ser usado como adubo orgânico deve conter, no mínimo, 2% de N, caso contrário ele pode ser imobilizado pelos microrganismos decompositores e vir a ser mineralizado somente após um longo período. Dentre as espécies pesquisadas, apenas *S. tapajozensis*, que é uma leguminosa não nodulífera, apresentou um teor de N abaixo desse valor. *C. ferrea*, mesmo sendo uma espécie que também não nodula, apresentou um valor considerado bom de 2,58%. As determinações efetuadas concordam com a maioria dos trabalhos referentes ao conteúdo de N presente em leguminosas (Mundus et. al., 2008; Sharma & Behera, 2009), que geralmente apresentam valores entre 2-4%, e, excepcionalmente, acima desta concentração.

Quatro espécies se destacaram em relação aos seus teores de N: *P. minutiflora*, *M. hoehneanum*, *G. sepium* e *I. edulis*. Essas duas últimas espécies já são exploradas quanto ao seu uso como adubos verdes por sempre apresentarem teores destacáveis de N no tecido foliar. Entretanto, *P. minutiflora* e *M. hoehneanum*, foram pouco pesquisadas, mas as evidências obtidas nesta pesquisa podem abrir novas perspectivas para que se amplie o grupo de espécies convencionalmente utilizadas para essa finalidade.

## RELAÇÃO C:N, LIGNINA:N, CELULOSE:N E POLIFENÓIS:N

Para os constituintes foliares pesquisados a ação combinada de mais de um componente pode afetar a qualidade da biomassa foliar selecionada, e, em decorrência, as relações C:N, lignina:N, celulose:N e polifenóis:N também foram avaliadas e os valores estabelecidos estão apresentados na Tabela 5. Como esperado, considerando-se que o nível de nitrogênio foliar variou significativamente entre espécies, todas as relações que envolveram o N também se mostraram diferentes entre si. Observa-se que a relação C:N foi heterogênea, com seus valores variando entre 13 em *G. sepium* a 23 em *S. tapajozensis*. Já a relação

lignina:N apresentou uma variação um pouco maior, com valores entre 3,92 em *A. stenoperma* a 21,45 em *M. spruceana*. Para relação celulose:N, os valores oscilaram entre 3,81 para *P.minutiflora* a 17,42 em *S. guianense*. Os valores da relação polifenóis:N também se mostraram bastante diversos, distribuídos entre 0,02 para *P. minutiflora* e 0,17 em *S. tapajozensis*. A análise estatística destas relações, importantes para avaliar a qualidade do material foliar, indicou haver diferenças significativas entre todas as relações prospectadas.

**Tabela 5.** Relações C:N, lignina:N, celulose:N e polifenóis:N no material foliar de espécies de leguminosas que crescem nas áreas agrícolas de Presidente Figueiredo, AM.<sup>1 2</sup>

Espécies	C:N	LIG:N	CEL:N	POL:N
<i>Arachis stenoperma</i>	17 abc	3,92 a	8,60 abc	0,07 ab
<i>Caesalpinia ferrea</i>	17 abc	4,17 a	7,29 abc	0,10 ab
<i>Clitoria javitensis</i>	19 abc	13,68 abcd	13,52 bcd	0,10 ab
<i>Dioclea glabra</i>	20 bc	17,45 bcd	12,73 bcd	0,13 ab
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	18 abc	19,38 cd	11,78 bcd	0,11 ab
<i>Gliricidia sepium</i>	13 ab	4,05 a	3,81 a	0,03 a
<i>Inga alba</i>	17 abc	12,51 abcd	12,35 bcd	0,06 ab
<i>Inga edulis</i>	15 ab	12,16 abcd	8,85 abc	0,08 ab
<i>Inga macrophylla</i>	15 ab	10,03 abcd	11,23 bcd	0,12 ab
<i>Lonchocarpus negrensis</i>	20 bc	11,01 abcd	14,04 cd	0,09 ab
<i>Machaerium froesii</i>	17 abc	6,64 abc	11,50 bcd	0,07 ab
<i>Machaerium hoehneanum</i>	12 a	4,38 a	6,08 ab	0,05 a
<i>Mimosa spruceana</i>	20 bc	21,45 d	16,12 cd	0,13 ab
<i>Piptadenia minutiflora</i>	10 a	6,06 ab	5,37 ab	0,02 a
<i>Senna tapajozensis</i>	23 c	7,96 abc	11,79 bcd	0,17 b
<i>Stryphnodendron guianense</i>	20 bc	20,26 cd	17,42 d	0,12 ab
<i>Swartzia longistipitata</i>	18 abc	8,19 abcd	9,73 abc	0,03 a
Coefficiente de Variação (%)	8,02	20,64	14,73	13,54

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ );

<sup>2</sup> C = Carbono; N = Nitrogênio; LIG = lignina; CEL = celulose; POL = polifenóis.

Um número considerável de fatores químicos tem sido apontado por interferir nos padrões de decomposição e de disponibilização de nutrientes. A relação C:N tem sido utilizada como um desses fatores que predizem a qualidade dos resíduos vegetais, por estar estritamente relacionada à sua decomposição (Monteiro et. al., 2002). Quando se pensa em adubação verde e em incorporação de matéria fresca ao solo, o conteúdo de N se torna importante, pois tem influência direta na relação C:N. A decomposição de um resíduo com relação C:N igual a 30, fornece exatamente a quantidade de N necessária aos microrganismos neste processo. Se a C:N for menor, haverá sobra desse elemento, o qual será disponibilizado para as plantas a curto prazo. Se a relação for mais alta,

haverá falta de N e os microrganismos passam a competir pelo N disponível com as plantas, processo conhecido como imobilização (Bissani et. al., 2004).

Pelo fato de as concentrações de N nas 17 espécies terem sido altas, conseqüentemente, as relações C:N foram baixas, sendo que todas as espécies apresentaram valores abaixo de 30. Nesse sentido, *P. minutiflora* (10), *M. hoehneanum* (12) e *G. sepium* (13) foram as espécies que apresentaram os menores valores. Por conta dessa baixa relação, é possível inferir que essas espécies teriam o N prontamente mineralizado assim que submetidas aos processos de decomposição. Um grupo intermediário também apresentou valores bastante promissores quanto ao uso dessas espécies como adubos verdes, com nove espécies variando suas relações entre 15 e 19. Um terceiro grupo, composto pelas espécies que apresentaram as menores concentrações de N, por conseqüência, apresentaram as maiores relações: *D. glabra*, *L. ne-grensis* e *M. spruceana* 20, e *S. tapajozensis*, 23. Ainda assim, essas espécies possuem um bom potencial para serem usadas como adubos de acordo com suas relações C:N (Espíndola et. al., 1997; Bissani et. al., 2004).

As demais relações seguem o mesmo princípio da relação C:N, com a diferença que mesmo tendo uma boa concentração de N, uma espécie pode apresentar altos valores para essas relações se as concentrações de lignina, celulose e polifenóis forem altas. Entre as três relações avaliadas, *G. sepium*, *P. minutiflora* e *M. hoehneanum* foram as espécies que apresentaram os menores valores dessas três relações. Isso se explica devido aos seus elevados teores de N e baixas concentrações de lignina, celulose e polifenóis. Por outro lado, *M. spruceana*, *S. guianense*, *D. glabra* e *E. schomburgkii* apresentaram os maiores valores quando analisamos essas três relações.

As concentrações de lignina, celulose e polifenóis são bons indicadores da qualidade nutricional do material vegetal, e é possível se basear nessas informações para saber quais espécies tem maiores ou menores quantidades desses constituintes e quais devem, portanto, serem utilizadas em práticas agrônômicas. Já as decisões a partir das relações lignina:N, celulose:N e polifenóis:N devem ser precedidas de estudos que avaliem a taxa de decomposição dos resíduos vegetais em questão, levando em conta seu tempo de meia vida. Somente com experimentos em campo, é possível saber o quanto que essas variáveis juntas interferem no processo de decomposição da matéria orgânica e na disponibilização de N de uma determinada espécie. Tavares (2006) observou que a serapilheira de espécies de leguminosas que apresentaram o maior tempo de meia vida, ou seja, se decompuseram mais lentamente, foram aquelas que tinham altos teores de lignina, celulose e polifenóis, ao passo que, as espécies com altos teores de N e baixa concentração desses constituintes, foram decompostas mais rapidamente.

É importante enfatizar que a decomposição é um processo dinâmico, regulado por pelo menos três grupos de variáveis: as condições físico-químicas do ambiente, a qualidade orgânica e nutricional do substrato e a natureza da comunidade decompositora (Costa et al., 2005). Além disso, a composição química dos resíduos vegetais pode variar em função da idade da planta, época de coleta, classe do solo e do estágio fenológico (Cattanio, 2002).

## CONCLUSÕES

As áreas agrícolas de quintais, roçados e capoeiras na terra-firme em Presidente Figueiredo apresentaram solos com acidez elevada, declínio dos estoques de carbono, baixa fertilidade natural e níveis excessivos de alumínio, demandando estratégias para manutenção da produtividade dos cultivos.

Com base nos indicadores relacionados neste trabalho, foram selecionadas as melhores espécies para aproveitamento em práticas de adubação verde de acordo com suas características químicas. São elas: *Arachis stenoperma*, *Caesalpinia ferrea*, *Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Inga macrophylla*, *Machaerium hoehneanum*, *Piptadenia minutiflora* e *Swartzia longistipitata*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântra, F.A.; Neto, A.E.F.; Paula, M.B.; Mesquita, H.A.; Muniz, J.A. 2000. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35 (2): 277-288.
- Bissani, C.A.; Gianello, C. Tedesco, M.J.; Camargo, F.A.O. 2004. *Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas*. Porto Alegre: Genesis. 328p.
- Carvalho, A.M. 2005. *Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade e emissão de gases*. Tese de Doutorado, UNB. 199p.
- Cattanio, J.H. 2002. *Soil N mineralization dynamics as affected by pure and mixed application of leafy material from leguminous trees used in planted fallow in Brazil*. Tese (Doutorado em Ciências da Agricultura), Gottingen, Alemanha. 125p.
- Cattanio, J.H.; Kuehne, R.; Vlek, P.L.G. 2008. Organic material decomposition and nutrient dynamics in a mulch system enriched with leguminous trees in the amazon. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1073-1086.
- Cochrane, T.T.; Sanchez, L.G.; Azevedo, L.G.; Porras, J.A. Garver, C.L.; 1985. *Land in tropical America*. Vol 1. CIAT/EMBRAPA-CPCA.

Constantinides, M.; Fownes, J.H. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentration. *Soil Biology and Biochemistry*, 26: 49-55.

Costa, G.S.; Gama-Rodrigues, A.C.; Gláucio de Melo Cunha, G.M. 2005. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. *Revista Árvore*, 29(4): 563-570.

Ellingson, L.J.; Kauffman, J.B.; Cummings, D.L.; Sanford Jr, R.L.; Jaramillo, V.J. 2000. Soil N dynamics associated with deforestation, biomass burning, and pasture conversion in a Mexican tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 137: 41-51.

Espíndola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Almeida, D.L. 1997. *Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável*. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42). 20p.

Espíndola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Almeida, D.L, Teixeira, M.G.; Urquiaga, S. 2006. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:321-328.

Faria, S.M.; Campello, E.F.C. 1999. *Algumas leguminosas fixadoras de nitrogênio recomendadas para áreas degradadas*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. (Embrapa-CNPAB. Recomendação Técnica, 7). 4p.

Fearnside, P.M.; Graça, P.M.L.A.; Filho, N.L.; Rodrigues, F.J.A.; Robinson, J.M. 1999. Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Para. *Forest Ecology and Management*, 123: 65-79.

Fearnside, P.M. 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*, 36(3): 395-400.

Ferraz, J.; Ohta, S.; Sales, P.C. 1998. Distribuição dos solos ao longo de dois transectos em floresta primária ao norte de Manaus (AM). In: Higuchi, N.; Campos, M.A.A.; Sampaio, P.T.B.; Santos, J. dos (Eds). *Pesquisas florestais para a conservação da floresta e reabilitação de áreas degradadas da Amazônia*. INPA. Manaus-AM. p. 111-114.

Ferreira, S.J.F.; Crestana, S.; Luizão, F.J.; Miranda, S.A.F. 2001. Nutrientes no solo em floresta de terra firme cortada seletivamente na Amazônia central. *Acta Amazonica*, 31 (3): 381-396.

Gliessman, S.R. 2001. *Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável*. 2ed. Porto Alegre: Universidade UFRGS. 653p.

Haynes, R.J. 1986 The decomposition process: Mineralization, immobilization, húmus formation and degradation. In: HAYNES, R.J. *Mineral nitrogen in the plant soil system*. Orlando: Academic Press. p. 52-176.

Luchese, E.B.; Favero, L.O.B.; Lenzi, E. 2001. *Fundamentos da química do solo*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 182p.

Lupwayi, N.Z.; Haque, I. 1998. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from *Sesbania* and *Leucaena* leaves varying in chemical composition. *Soil Biology and Biochemistry*, 30 (3): 337-343.

Mafongoya, P.L.; Giller, K.E.; Palm, C.A. 1998. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry systems*, 38: 77-97.

Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1989. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba: Potafos. 201p.

Malavolta, E.; Pimentel-Gomes, F.; Alcarde, J.C. 2000. Adubação & adubações. São Paulo: Nobel. 200p.

Markewitz, D.; Davidson, E.A.; Moutinho P.; Nepstad D.C. 2004. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. *Ecological Applications*, 14: S177-S199.

Meentemeyer, V. 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*, 59: 465-472.

Monteiro, H.C.F.; Cantarutti, R.B.; Junior, D.N.; Regazzi, A.J.; Fonseca, D.M. 2002. Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(3): 1092-1102.

Monteiro, M.T.; Gama-Rodrigues, E.F. 2004. Carbono, Nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas da serapilheira de uma floresta natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 819-826.

Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. 2002. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA. 626p.

Mundus, S.; Menezes, R.S.C.; Neergaard, A.; Garrido, M.S. 2008. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or glicíndia in semi-arid NE Brazil. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 82:61-73.

- Ohno, T.; Griffin, T.S.; Liebman, M.; Porter, G.A. 2005. Chemical characterization of soil phosphorus and organic matter in different cropping systems in Maine, U.S.A. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105: 625-634.
- Oglesby, K.A.; Fownes, J.H. 1992. Effects of chemical composition on nitrogen mineralization from green manures of seven tropical leguminous trees. *Plant and Soil*, 143: 127-132.
- Palm, C.A.; Sanchez, P.A. 1991. Nitrogen release from tropical the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry*, 23: 83-88.
- Palm, C.A.; Rowland, A.P. 1997. A minimum dataset for characterization of plant quality for decomposition. In: CADISCH, G.; GILER, K. E. *Driven by Nature: plant litter quality and decomposition*. London: CABI Publishing, 409p.
- Peche Filho, A. 1999. Critério para avaliar a qualidade do plantio direto. *O Agrônomo*, 51: 14-15.
- Prasad, R.; Power, J. F. 1997. *Soil fertility management for sustainable agriculture*. Boca Raton: Lewis Publishers. 349p.
- Ribas, R.G.T.; Junqueira, R.M.; Oliveira, F.L.; Guerra, J.G.M.; Almeida, D.L.; Ribeiro, R.L.D. 2003. *Manejo da adubação verde com crotalária no consórcio com o quiabeiro sob manejo orgânico*. Comunicado técnico, Seropédica, RJ.
- Sharma, A.R.; Behera, U.K. 2009. Nitrogen contribution through *Sesbania* green manure and dual-purpose legumes in maize-wheat cropping system: agronomic and economic considerations. *Plant and Soil*, 325:289-304.
- Silva, G. T.A. 2006. *Implantação de banco de dados de espécies vegetais para fins de adubação verde no Brasil*. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Seropédica). 63p.
- Taiz, Lincoln; Zeiger, Eduardo. 2004. *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed. 719p.
- Tomé Jr., J.B. 1997. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba: Agropecuária, p. 247.
- Tulaphitak, T.; Pairintra, C.; Kyuma, K. 1985. Changes in soil fertility and soil tilth under shifting cultivation. 2: Changes in soil nutrient status. *Plant Soil*, 3 l: 239-249.
- Xuluc-Tolosa, F.J.; Vester, H.F.M.; Ramirez-Marcial, N.; Castelannos-Alboras, J.; Lawrence, D. 2003. Leaf litter decomposition of trees species in three successional phases of tropical dry secondary Forest in Campeche, México. *Forest Ecology and Management*, 174: 401-412.

# EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE COM PUERÁRIA E MUCUNA SOBRE A DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO E ENXOFRE PARA O ARROZ, EM LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA

Gilberto de Assis RIBEIRO<sup>1</sup> e Takashi MURAOKA<sup>2</sup>

## Palavras chave:

Adubação Verde, Mineralização, Terra-Firme, Agricultura Sustentável, <sup>15</sup>N; <sup>35</sup>S

## INTRODUÇÃO

Os solos amazônicos em seu estado natural sob a floresta são solos que possuem boas características físicas e biológicas e nos atributos químicos existe um equilíbrio nutricional, o que revela que a quantidade de nutrientes no solo é suficiente para sua conservação, pois a cobertura do solo pela floresta impede que os fatores climáticos regionais como a chuva, sol e vento interfiram na sua dinâmica. Assim, quando o solo é transformado em solo agrícola, a perda de sua cobertura passa a criar obstáculos a sua sustentabilidade, pois a disponibilidade de nutrientes diminui e fatores do clima interferem na ciclagem dos nutrientes (Menyailo et al., 2003), e, se aceita, geralmente, que as plantas cultivadas sejam mais exigentes em nutrientes que as plantas da floresta.

Com o avanço do desmatamento, a perda da liteira é um dos principais fatores para elevação da acidez do solo, pois a capacidade de manter o solo com todas as potencialidades produtivas pode ficar limitada, se não houver a reposição da matéria orgânica extraída pelas colheitas e pelos processos de erosão do solo (Sanchez, 1981; Volkoff & Cerri, 1981).

1 Coordenação Sociedade Ambiente e Saúde, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – CSAS/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: garibeir@inpa.gov.br;

2 Pesquisador USP/CENA, Piracicaba, SP.

Uma das alternativas para adubação nitrogenada e sulfatada em solos ácidos e de baixa fertilidade é o plantio e a incorporação de adubos verdes, uma vez que esses adubos apresentam a vantagem de uma liberação lenta de N e S o que pode elevar o potencial de utilização do nitrogênio e enxofre pelas culturas subsequentes (Abreu Júnior, 1993; Ambrosano, 1995).

Dados concretos sobre o potencial dos adubos verdes como fonte de nutrientes são ainda escassos. O uso de técnicas de diluição isotópica, por meio da marcação dos vegetais com isótopos  $^{15}\text{N}$  e  $^{35}\text{S}$ , permite uma clara visão da dinâmica desses nutrientes, no sistema adubo-verde-solo-cultura (Muraoka, 1991). Este estudo experimental foi conduzido para avaliar o potencial de puerária (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.) como fornecedoras de N e S para a cultura do arroz, em latossolo amarelo da Amazônia Central.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Foram instalados dois experimentos em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, em Piracicaba, SP. O primeiro, para produção das duas leguminosas (puerária e mucuna-preta), marcadas com  $^{15}\text{N}$  e  $^{35}\text{S}$  e, o segundo, para a avaliação da produção de biomassa da parte aérea do arroz. Inicialmente as leguminosas foram cultivadas em vasos com solo Argissolo vermelho-amarelo da região de Anhumas (Piracicaba, SP), recebendo calagem equivalente a  $1 \text{ t ha}^{-1}$  e uma aplicação de fósforo equivalente a  $130 \text{ kg de P ha}^{-1}$ . Após 30 dias de incubação, o solo apresentava as seguintes características químicas: pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) de 6,5 e matéria orgânica, fósforo e enxofre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) respectivamente de 17,0; 31,0 e 24,5. As determinações para o cálcio, magnésio, potássio e acidez trocável: 3,8, 2,0, 0,5 e 1,0, ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) respectivamente.

Enxofre- $^{35}\text{S}$  na forma de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (atividade =  $1 \text{ mCi}/0,5 \text{ mL}$ , livre de carregador) foi misturada à amostra de 50 g de areia lavada e passada em malha 0,5 mm, depois foi misturada ao solo. Para marcação com  $^{15}\text{N}$  foram utilizados  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  de N na forma de uréia, enriquecida a 10% de  $^{15}\text{N}$ . O solo marcado foi distribuído em vasos (2 kg). Para correção dos micronutrientes aplicou-se 30 mL da solução de Hoagland vaso $^{-1}$ , com B, Cu, Mo, Mn e Zn.

Antes do plantio, as sementes de puerária foram escarificadas com ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos, e, em seguida, lavadas por 12 horas

em água corrente. Em cada vaso foram semeadas 6 sementes e, após dez dias, feito um desbaste deixando-se duas plantas por vaso. A colheita da mucuna-preta e da puerária ocorreu, respectivamente, aos 71 e 108 dias após o plantio. Após o corte, a parte aérea das plantas foi lavada com água destilada e deionizada para eliminação de poeira, posta para secar por dois dias em estufa a 65°C e, finalmente, moída.

Para os estudos de incubação do solo e plantio do arroz, foi retirada uma amostra superficial (0-20 cm) de um Latossolo Amarelo álico muito argiloso (EMBRAPA, 1979), coletado na Estação Experimental de Fruticultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, a 60 km ao norte de Manaus. Apresentado as seguintes características químicas: pH (H<sub>2</sub>O) de 3,8 e matéria orgânica, fósforo e potássio (mg kg<sup>-1</sup>), respectivamente de 22,8, 3,0 e 51,0. Sendo os seguintes valores obtidos para o cálcio, magnésio, alumínio e hidrogênio (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>): 0,07, 0,17, 1,25 e 0,90, respectivamente. Após a secagem e peneiramento, o solo foi distribuído 2 kg vaso<sup>-1</sup>.

Os tratamentos utilizados foram: T<sub>1</sub> – Testemunha (sem adição de adubo verde), T<sub>2</sub> – Puerária (4g kg<sup>-1</sup>, equivalente a 8 t ha<sup>-1</sup>) e T<sub>3</sub> – Mucuna-preta (4g kg<sup>-1</sup>, equivalente a 8 t ha<sup>-1</sup>). O estudo foi realizado com sete períodos de incubação (0, 7, 15, 30, 60, 120 e 180 dias) com três repetições. O arroz (variedade BR IRGA-409) foi transplantado com 37 dias de cultivo para areia lavada. Os vasos receberam uma adubação com P e K e foram dispostos na casa de vegetação em delineamento experimental inteiramente casualizado, constituído por 21 tratamentos, com três repetições. Aos 42 dias após o transplante, as plantas de arroz foram cortadas rente ao solo, lavadas com água destilada e deionizada, secas em estufa a 60°C por 48 horas, pesadas e moídas para fins de análises dos principais nutrientes e determinações das abundâncias isotópicas de <sup>15</sup>N e <sup>35</sup>S.

O N total foi determinado pelo método Micro-Kjeldahl após digestão sulfúrica. A determinação da composição isotópica de <sup>15</sup>N dos tecidos vegetais (Trivelin et al., 1973). O <sup>35</sup>S foi determinado por cintilação líquida (Bettany et al., 1974). Para análises de S, P, K, Ca e Mg foi feita uma digestão nitroperclórica. O P foi determinado por colorimetria pelo método molibdato vanadato; o K, por espectrofotometria de emissão de chama; o Ca e Mg, por espectrometria de absorção atômica e o S, por turbidimetria. Para as estimativas da quantidade de nutrientes no arroz, provenientes dos adubos verdes foram empregadas às equações estabe-

lecionadas em Ambrosano (1995). As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o programa SANEST - versão 2.1. Comparações entre médias foram efetuadas segundo o modelo de Tukey ao nível de 5% de significância.

### EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE COM MUCUNA E PUERÁRIA SOBRE O ARROZ

Foi verificado que a mucuna-preta apresentou maior teor de N-total na parte aérea do que a puerária, conforme apresentado na Tabela 1. Com a aplicação de 8 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca seriam adicionados 79 e 109 kg ha<sup>-1</sup> de N com a puerária e mucuna, respectivamente. Os teores de enxofre nas leguminosas foram muito semelhantes, e seriam adicionados 36 e 33 kg ha<sup>-1</sup> com a puerária e mucuna, respectivamente.

O enriquecimento da puerária com <sup>15</sup>N foi quase o dobro do enriquecimento da mucuna. Isso possivelmente se deve à maior fixação de N pela mucuna, uma vez que nas raízes dessa leguminosa apresentavam a presença de nódulos, na fixação de N, enquanto que na puerária estavam praticamente ausentes. A relação C/N na mucuna foi menor que a da puerária, evidenciando uma maior suficiência de nitrogênio para esta espécie.

**Tabela 1.** Características apresentadas pela biomassa aérea das leguminosas utilizadas no experimento.

PARÂMETROS AVALIADOS	PUERÁRIA	MUCUNA
N-total (g kg <sup>-1</sup> )	9,9	13,6
S-total (g kg <sup>-1</sup> )	4,5	4,1
Átomo % <sup>15</sup> N	5,579	3,688
Relação C/N	34,4	25,0
<sup>35</sup> S (cpm/0,1 g M.S.)	82500	65360

Os dados de produção de matéria seca de arroz, em função da aplicação de adubos verdes no solo e em diversos períodos de incubação, encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Produção de matéria seca da parte aérea do arroz (g vaso<sup>-1</sup>), em função de diferentes tempos de incubação do solo com adubos verdes. Média de três repetições.<sup>1</sup>

TEMPO (dias)	TRATAMENTOS		
	TESTEMUNHA	PUERÁRIA	MUCUNA
0	0,92 b A	5.08 a A	4.83 a A
7	2,75 b A	4.81 a A	4.86 a A
15	2,35 b A	4.54 a A	4.81 a A
30	2,50 b A	4.44 a A	4.78 a A
60	2,84 b A	4.21 a A	4.55 a A
120	2,86 b A	4.22 a A	4.37 a A
180	2,82 a B	2.88 a B	2.86 a B

<sup>1</sup> As médias seguidas por mesma letra (minúscula na linha e maiúsculas na coluna), não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se que, com exceção do período de incubação de 180 dias, os rendimentos de matéria seca de arroz foram sempre maiores nos tratamentos que receberam adubos verdes do que no tratamento testemunha. Esses aumentos de produção de matéria seca de arroz, pela adição de adubos verdes ao solo, estão de acordo com dados obtidos em outros trabalhos, onde foram observados aumentos de rendimento de grãos de feijão-caupi (Alfaia, 1997) e milho (Cravo & Smyth, 1991) em mais de 80%, em relação à testemunha absoluta, pela adição de leguminosas ao solo, na forma de adubos verdes.

Foi verificado que, no tratamento testemunha a produção de matéria seca, no tempo zero de incubação do solo, foi um terço da produzida, nos demais períodos de incubação (Tabela 2) (Hue & Amien, 1989), trabalhando com feijão-caupi, e leucaena mostraram o efeito dos adubos verdes na diminuição do alumínio solúvel e elevação do pH. A falta deste efeito no tratamento testemunha pode ter dificultado absorção de nutrientes pelas plantas de arroz neste primeiro momento, e é também possível que no tempo 2 (7 dias) este efeito tenha sido desfeito conforme Liljeroth et al. (1994) pela rizodeposição das raízes de arroz.

Observa-se ainda que, no período de 180 dias de incubação do solo (Tabela 2), as produções de matéria seca, nos tratamentos com leguminosas, assemelham-se à obtida na testemunha, no mesmo período. É provável que, os nutrientes mineralizados das leguminosas se apresentavam, nesta fase, imobilizado na biomassa microbiana. Os dados da Tabela 3 reforçam essa observação, mostrando que a diminuição da absorção de nutrientes pelo arroz, no tratamento com puerária foi mais brusca do que com a mucuna, afetando a produção de matéria seca de arroz. Resultados semelhantes foram obtidos por Palm & Sánchez, (1991), estudando a taxa de decomposição de várias leguminosas no Peru, onde observaram que, dentro de certos limites, quanto mais lenta a decomposição dos adubos verdes, maior a absorção de nutrientes pela cultura subsequente, proporcionando melhor desempenho produtivo dessas culturas. A absorção de nitrogênio pelo arroz para os tratamentos aplicados é apresentada na Tabela 4. Ressalta-se que a absorção de N pelas plantas da testemunha, no período zero de incubação, foi menor do que nos demais períodos, refletindo o que foi observado para produção de matéria seca.

Nos tratamentos que receberam biomassa seca de puerária e mucuna, as absorções de N, com exceção das observadas no período de 180 dias de incubação, foram superiores à da testemunha. Entretanto, nos tratamentos que receberam as leguminosas, no início da incubação, não houve decréscimo de absorção de N, o que reflete a rápida mineralização desses adubos verdes no solo, principalmente pelo fato de terem sido moídos antes da incorporação ao solo. Aumentos de absorção de N por plantas cultivadas com uso de adubos verdes, também foram observados em outros trabalhos (Alfaia, 1997; Cravo & Smyth, 1991). É possível que a menor absorção de nitrogênio pelo arroz derive de outras etapas das transformações do nitrogênio no solo, tais como a volatilização e a lixiviação, o que foi sugerido em outros trabalhos (Scivittaro, et al. 2004; Thönnissen, et al., 2000).

Os resultados verificados para a absorção do enxofre pelo arroz são apresentados na Tabela 5. Nota-se que houve maior variação nos teores de enxofre nas plantas do que os observados para o N. No tratamento testemunha, os conteúdos de S nas plantas, no tempo zero, não diferiram dos observados nos tratamentos de 15, 30 e 180 dias de incubação do solo. Por outro lado, com a puerária observaram-se diferenças significativas entre os teores de S encontrados nas plantas de arroz, nos tempos de incubação de zero a 30 dias, com os períodos posteriores. Resultados observados com o uso da mucuna ocorreram decréscimos, principalmente, nos dois últimos períodos de incubação.

**Tabela 3.** Conteúdo de macronutrientes (mg vaso<sup>-1</sup>) na parte aérea de arroz, em função de diferentes tempos de incubação.<sup>\*1</sup>

Período	Fósforo <sup>1</sup>			Potássio <sup>2</sup>			Cálcio <sup>3</sup>			Magnésio <sup>4</sup>		
	Test.	Puerária	Mucuna	Test.	Puerária	Mucuna	Test.	Puerária	Mucuna	Test.	Puerária	Mucuna
0	0,63 B b	4,06 A a	4,20 A a	17,32 B b	104,91 A a	106,12 A a	2,27 B b	15,57 A a	15,62 A a	1,88 B b	17,82 A a	18,06 AB a
7	1,83 A b	3,51 AB a	3,90 AB a	52,31 A b	100,66 A a	102,06 AB a	7,01 A b	14,62 A a	14,12 A a	5,90 A b	14,12 ABC b	19,63 A a
15	1,41 AB b	3,52 Ab a	3,77 AB a	42,36 AB b	95,02 AB a	100,27 AB a	6,30 AB b	15,43 A a	13,69 A a	4,56 A b	15,07 AB a	13,66 BC a
30	1,56 AB b	3,41 AB a	3,66 AB a	49,17 A b	97,51 AB a	100,31 AB a	6,85 AB b	13,26 A a	14,22 A a	4,29 A b	12,31 BCD a	15,47 CD a
60	1,79 A b	2,95 B a	3,64 AB a	55,72 A b	91,21 AB a	98,35 AB a	7,25 A b	13,36 A a	13,76 A a	4,45 A b	10,50 CD a	13,13 CD a
120	1,53 AB b	3,06 AB a	3,11 B a	60,29 A b	96,82 AB a	102,36 AB a	8,04 A b	12,43 A a	13,08 A a	4,84 A b	10,48 D a	10,18 D a
180	1,12 AB a	1,55 C a	1,72 C a	64,69 A a	68,03 B a	74,71 B a	4,42 Ab a	6,95 B a	6,97 B a	3,78 A b	4,83 E a	4,23 E a

\*1 Médias seguidas pela mesma letra, (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas), não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

**Tabela 4.** Conteúdo de nitrogênio total (mg N vaso<sup>-1</sup>) na matéria seca da parte aérea do arroz em função de diferentes tempos de incubação do solo com adubos verdes. Média de três repetições. <sup>\*1</sup>

PERÍODO (DIAS)	TRATAMENTOS		
	TESTEMUNHA	PUERÁRIA	MUCUNA
0	30,54 b B	130,63 a A	133,43 a A
7	92,97 b A	135,75 a A	118,83 ab A
15	77,02 b A	128,52 a A	143,89 a A
30	84,52 b A	137,98 a A	141,06 a A
60	94,59 b A	126,09 a A	152,51 a A
120	84,46 b A	126,89 a A	131,70 a A
180	72,60 a A	77,91 a B	72,60 a B

<sup>\*1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras, (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas), não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Foi observado que, na maioria dos períodos de incubação do solo com as leguminosas, os conteúdos de S no arroz foram maiores nos tratamentos com adubos verdes, principalmente com a mucuna (Tabela 5).

**Tabela 5.** Conteúdo de enxofre total (mg vaso<sup>-1</sup>) na matéria seca da parte aérea do arroz em função de diferentes tempos de incubação do solo com adubos verdes. Média de três repetições. <sup>\*</sup>

TEMPO (DIAS)	TRATAMENTO		
	TESTEMUNHA	PUERÁRIA	MUCUNA
0	2,06 b B	11,85 a A	11.71 a A
7	6,36 b A	11,02 a A	11.18 a A
15	5,32 b A	11,07 a A	10.42 a A
30	5,61 b A	10,49 a A	10.83 a A
60	6,62 b A	9,84 a B	10.81 a A
120	6,39 b A	9,59 a B	9.58 a AB
180	4,30 a AB	6,28 a B	6.54 a B

<sup>\*1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras, (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas), não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os dados de nitrogênio na matéria seca de arroz, proveniente dos adubos verdes, em função do tempo de incubação do solo, encontram-se na Tabela 6. Nota-se que o maior percentual de aproveitamento de N pelo arroz ocorreu no período de 15 dias nos tratamentos com a puerária e aos 60 dias de incubação nos tratamentos com mucuna. Ressalta-se ainda que aproximadamente 90% do nitrogênio na planta foram fornecidos pelo solo.

Finalmente, os dados das quantidades de nitrogênio no arroz proveniente dos adubos verdes, avaliados pelo emprego da técnica isotópica do  $^{15}\text{N}$ , encontram-se na Tabela 7. Observa-se que com o uso da puerária não houve diferença significativa entre os períodos de incubação do solo com esse adubo verde. Com a mucuna, entretanto, observou-se diferença significativa entre os períodos.

Os maiores conteúdos de N no arroz, proveniente da mucuna, foram observados nos períodos de incubação de 30 e 60 dias, havendo decréscimo nos períodos mais longos. Entre os dois adubos verdes só se verificaram diferenças significativas no período de 60 dias de incubação, onde se constatou menor absorção com o uso da puerária.

**Tabela 6.** Porcentagem de nitrogênio na matéria seca da parte aérea de arroz proveniente dos adubos verdes (% de  $^{15}\text{Nppav}$  e do solo %Npps), em função de diferentes tempos de incubação do solo. Média de três repetições.

Tempo	TRATAMENTOS			
	Puerária		Mucuna	
	%Nppav	%Npps	%Nppav	%Npps
0	6,57	93,43	5,19	94,81
7	7,87	92,13	6,19	93,81
15	10,05	89,95	8,04	91,96
30	8,84	91,16	8,86	91,14
60	8,48	91,52	11,56	88,44
120	9,19	90,81	8,75	91,25
180	9,54	90,44	7,91	92,09
Tukey 5%	ns	ns	ns	ns

**Tabela 7.** Quantidade de nitrogênio (mg vaso<sup>-1</sup>) proveniente dos adubos verdes na matéria seca da parte aérea de arroz (Qnppav), em função de diferentes tempos de incubação do solo. Média de três repetições. <sup>\*1</sup>

TEMPO (DIAS)	TRATAMENTO	
	PUERÁRIA	MUCUNA
0	8,60 a A	6,86 a BC
7	10,72 a A	7,30 a BC
15	13,00 a A	11,66 a ABC
30	12,07 a A	12,64 a AB
60	10,66 b A	17,69 a A
120	11,64 a A	11,37 a BC
180	7,49 a A	5,74 a C

<sup>\*1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas), não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os dados de aproveitamento do N dos adubos verdes pelo arroz, nos diferentes períodos de incubação do solo, com a biomassa de puerária e mucuna, são apresentados na Tabela 8. Observa-se que não houve diferença significativa, tanto na puerária como na mucuna, em função do tempo de incubação. Entretanto, em valores absolutos, as maiores porcentagens de utilização ocorreram nos períodos de incubação entre 7 e 120 dias, com a puerária e, entre 15 e 120 dias, com a mucuna, atingindo em 15 dias o máximo na puerária, enquanto que na mucuna o máximo foi aos 60 dias. Os resultados para puerária estão de acordo com os obtidos por Nagarajah et al. (1989), que observaram uma rápida liberação até duas semanas, atingindo o platô.

A diferença no comportamento entre os adubos verdes se deve provavelmente a diferença nos conteúdos de N (9,9 g kg<sup>-1</sup>, na puerária e 13,6 g kg<sup>-1</sup> na mucuna), apresentados na Tabela 1. Comparando-se a relação C/N (34:1 de puerária contra 25:1 de mucuna), esperava-se que a mineralização da puerária fosse mais lenta que a da mucuna.

Outro fator, provável pode ser a diferença no teor de lignina dessas duas leguminosas (não determinadas neste trabalho), conforme foi observado por Nagarajah et al. (1989), quando obteve liberação de N mineral mais lenta e baixa com *Azolla microphylla* (20% de lignina) do que da *Sesbania rostrata* (9% de lignina), a despeito de a *Sesbania* apresentar uma relação C/N mais baixa. Estes autores atribuíram a liberação mais lenta do N ao conteúdo mais alto de lignina da *Azolla*.

**Tabela 8.** Aproveitamento do nitrogênio do adubo verde (%) pela planta de arroz, em função dos diferentes tempos de incubação do solo. \*<sup>1</sup>

TEMPO (DIAS)	TRATAMENTO	
	PUERÁRIA	MUCUNA
0	13,99 a A	8,88 a A
7	17,41 a A	8,62 a A
15	21,10 a A	13,77 a A
30	19,87 a A	14,93 a A
60	17,30 a A	20,90 a A
120	18,89 a A	13,43 a A
180	12,15 a A	6,79 a A

\*<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras, (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas), não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados dos teores de N nas plantas de arroz provenientes do solo estão apresentados na Tabela 9. Constata-se que, embora os adubos verdes tenham fornecido menos de 10% da necessidade das plantas de arroz, provocaram aumentos consideráveis na utilização do N do solo (“efeito priming”, Jenkinson et al., 1985), até o período de 120 dias de incubação. Com 180 dias, praticamente as plantas não retiraram o N do solo mais do que das plantas testemunhas, possivelmente devido às perdas por volatilização e ou imobilização na biomassa do solo.

Na Tabela 10, são apresentados os dados de enxofre, proveniente dos adubos verdes e do solo na matéria seca da parte aérea de arroz, em função do tempo de incubação.

Embora existam poucas referências sobre o efeito “priming” para enxofre, no presente trabalho os adubos verdes provocaram absorção considerável de enxofre do solo, quando comparado com as plantas testemunhas. Nota-se, ao contrário do que ocorreu com o nitrogênio, que o efeito da incubação foi negativo desde o começo, pois à medida que aumenta o período de incubação, a quantidade de enxofre proveniente do adubo verde diminui. Para os dados comparativos dos adubos verdes com a testemunha, relativos à absorção de enxofre proveniente do solo, os resultados estão apresentados na Tabela 11.

**Tabela 9.** Quantidade de nitrogênio proveniente do solo nas plantas de arroz que receberam adubos verdes em comparação as das testemunhas.

PERÍODO (dias)	TRATAMENTOS				
	Test.	Puerária		Mucuna	
	mg vaso <sup>-1</sup>	mg vaso <sup>-1</sup>	% em relação à testemunha	mg vaso <sup>-1</sup>	% em relação à testemunha
0	30,54	122,03	399	126,57	414
7	92,97	125,03	134	115,30	124
15	77,62	128,39	165	132,28	170
30	84,52	125,91	149	128,43	151
60	94,59	115,43	122	134,82	142
120	84,46	115,25	136	120,33	142
180	72,60	70,42	97	71,00	98

**Tabela 10.** Porcentagem de enxofre na matéria seca da parte aérea de arroz proveniente dos adubos verdes (% de <sup>35</sup>Sppav) e do solo (% Spps), em função de diferentes tempos de incubação do solo. Média de três repetições.\*<sup>1</sup>

Tempo Incubação (dias)	TRATAMENTOS			
	Puerária		Mucuna	
	Sppav	SppS	Sppav	SppS
0	4,30 b A	95,7	7,38 a A	92,6
7	4,50 b A	95,5	6,88 a A	93,1
15	3,37 a A	96,6	5,55 a A	94,4
30	3,28 a A	96,7	5,31 a A	94,7
60	3,62 a A	96,3	5,46 a A	94,5
120	3,41 a A	96,5	3,75 a B	96,2
180	2,22 a B	97,8	4,10 a A	95,9

\*<sup>1</sup> Médias seguidas por mesmas letras, (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os dados de aproveitamento do S dos adubos verdes pelo arroz, nos diferentes períodos de incubação do solo, são apresentados na Tabela 12. Não foram observadas diferenças significativas em nenhum dos adubos verdes em função do tempo de incubação do solo. Por outro lado, também se não constatou diferença significativa entre os adubos verdes no aproveitamento de enxofre pelo arroz.

Mesmo sem diferenças significativas, observou-se uma tendência de decréscimo linear, no aproveitamento do S proveniente dos adubos verdes

pelo arroz, em função do tempo de incubação do solo (Tabela 12). Isso implica dizer que quanto mais tarde o arroz for plantado, após a incorporação do adubo verde, menor será a chance de aproveitamento do enxofre nele contido. A contribuição dos adubos verdes para o total de S absorvido pelo arroz foi muito baixa, se comparado com o trabalho de Dhillon & Dhillon (1991), que obtiveram valores entre 19,4 a 33,9%, embora tenham estudado diferentes espécies de leguminosas, assim também com outra cultura subsequente.

**Tabela 11.** Quantidade de enxofre proveniente do solo nas plantas de arroz que receberam adubos verdes em comparação as das testemunhas.

PERÍODO (dias)	TRATAMENTOS				
	Test.	Puerária		Mucuna	
	mg vaso <sup>-1</sup>	mg vaso <sup>-1</sup>	% em relação à testemunha	mg vaso <sup>-1</sup>	% em relação à testemunha
0	2,06	11,34	550	10,86	527
7	6,36	10,52	165	10,42	165
15	5,32	10,70	201	9,86	184
30	5,61	10,15	180	10,27	152
60	6,62	9,49	142	10,23	160
120	6,39	9,27	144	9,22	142
180	4,30	6,14	142	6,28	144

**Tabela 12.** Aproveitamento do enxofre dos adubos verdes pelo arroz em função de diferentes tempos de incubação do solo. Média de três repetições.\*<sup>1</sup>

TEMPO (DIAS)	TRATAMENTOS	
	PUERÁRIA	MUCUNA
	%	
0	1,90 a A	3,43 a A
7	1,81 a A	3,02 a A
15	1,35 a A	2,32 a A
30	1,23 a A	2,29 a A
60	1,27 a A	2,33 a A
120	1,20 a A	1,44 a A
180	0,50 a A	1,06 a A

\*<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas (letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

## CONCLUSÕES

A puerária e a mucuna, usadas como adubos verdes, proporcionaram aumento de produção de matéria seca de arroz, não havendo diferenças significativas entre essas leguminosas. O período de incubação do solo após a adição das leguminosas teve influência na produção de matéria seca de arroz e na utilização de N e S mineralizados. Em períodos maiores que 120 dias de incubação, houve decréscimo na produção, atribuindo-se, em parte, a uma possível perda do N por volatilização e/ou imobilização na biomassa microbiana do solo.

A tendência de decréscimo na absorção de N e S (além dos outros macronutrientes) verifica-se em função do tempo de incubação do solo com as leguminosas, quanto mais cedo for realizado o plantio da cultura subsequente, maiores serão as chances de aproveitamento dos nutrientes, liberados pela mineralização desses adubos verdes. Deste modo, ocorreu aumento de absorção de nitrogênio e enxofre do solo pelo arroz, por meio da aplicação dos adubos verdes, porém, o aproveitamento do S marcado foi pouco absorvido pelo arroz.

Quanto a absorção de outros macronutrientes (P, K, Ca e Mg) pelo arroz, verificou-se que com a adição de puerária e mucuna como adubo verde, tornar-se evidente que essas leguminosas não devem ser consideradas apenas como simples fornecedoras de N e S nas culturas subsequentes e sim como fonte, também, desses nutrientes.

## AGRADECIMENTOS

À Sônia Sena Alfaia, Acácia Lima Neves, Suely de Souza Costa e Luiz Augusto Gomes de Souza, pelo apoio, sugestões e críticas ao texto, ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e ao Centro de Energia na Agricultura pela realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu Júnior, C.H. 1993. *Mineralização do enxofre de diferentes materiais vegetais marcados com <sup>35</sup>S*. 131p. (Dissertação) – CENA, USP.

Alfaia, S.S. 1997. Destino de fertilizantes nitrogenados (<sup>15</sup>N) em um Latossolo Amarelo cultivado com feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.). *Acta Amazonica*, 27(2):65-72.

Ambrosano, E.J. 1995. *Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes, crotalária (Crotalaria juncea) e mucuna-preta (Mucuna aterriima) em dois solos cultivados com milho*. 1995. 83p. (Tese) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP.

Bettany, J.R.; Stewart, W.B.; Halstead, E.H. 1974. Assesment of disponibility de soil sulfur an <sup>35</sup>S growth chamber experiment. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 54 (3): 309-305.

Cravo, M.S. & Smyth, T.J. 1991. Sistema de Cultivo com altos insumos na Amazônia brasileira. In: Smyth, T.J.; Raun, W.R. & Bertsch, F. (Eds) *Manejo de suelos tropicales en Latinoamerica*. North Carolina State University. Raleigh. p. 144-156.

Dhillon, K.S.; Dhillon, S.K. 1991. Relative contribution of green manures in sulphur nutrition of Toria (*Brassica campestris*). *Journal Nuclear Agriculture and Biology*, 20, p. 128-133.

EMBRAPA 1979. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – *Guia de Excursão do XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Manaus. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, 72p.

Hue, N.V.; Amien, I. 1989. Aluminum detoxification with green manure. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 20 (15 and 16): 1499-1511.

Jenkinson, P.S.; Fox, R.H.; Rayner, J.H. 1985. Interaction between fertilizer nitrogen and soil nitrogen. The so-called “priming” effect. *Journal of Soil Science*, 36, p. 425-444.

Liljerorth, E., Kuikman, P., Van Veen, J.A. 1994. Carbon translocation to the rhizosphere of maize and wheat and influence on the turn-over of native soil organic matter at different soil nitrogen levels. *Plant and Soil*, 161: 233-240.

Menyailo, O.V.; Lehmann, J.; Cravo, M.S.; Zech, W. 2003. Soil microbial activities in tree-based cropping systems and natural forests of the Central Amazon, Brazil. *Biol Fertil Soils*, 38:1-9.

Muraoka, T. 1991. Uso de técnicas isotópicas em fertilidade do solo. In: *Métodos de Pesquisas em Fertilidade do Solo*. Oliveira, A.J.; Garrido, W.E.; Araujo, J.D. & Lourenço, S. (Coord.). EMBRAPA-SEA, Documentos 3, Brasília, 255-273.

Nagarajah, S.; Neue, H.U.; Alberto, M.C.R. 1989. Effect of *Sesbania*, *Azolla* and rice straw incorporation on the kinetics of NH<sub>4</sub>, K, Fe, Mn, Zn and P in some flooded rice soils. *Plant and Soil*, 116:37-48.

Palm, C.A. & Sanchez, P.A. 1991. Nitrogen release from leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. and Biochem.*, 23(1):83-88.

Ribeiro, G.A. 1996. *Efeito de períodos de incubação de adubos verdes (mucuna e puerária) na liberação de nitrogênio (<sup>15</sup>N) e enxofre (<sup>35</sup>S) para o arroz*. Dissertação de Mestrado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura-USP. Piracicaba, Brasil.

Sanchez, P. 1981. *Suelos del tropico: Característica Y Manejo*. Traduzido Por Edilberto Camacho. San José – Costa Rica, IICA.

Scivittaro, W.B.; Muraoka, T.; Boaretto, A.E.; Trivelin P.C.O. 2004. Fate of Nitrogen (<sup>15</sup>N) from Velvet Bean in the Soil-Plant System. *Scientia agricola*, 61:(2).

Thönnissen, C.; Midmore, D.J.; Ladha, J.K.; Olk, D.C.; Schmidhalter, U. 2000. Legume Decomposition and Nitrogen Release When Applied as Green Manures to Tropical Vegetable Production Systems. *Agronomy Journal*, 92:253-260.

Trivelin, P.C.O.; Salati, E.; Matsui, E. 1981. *Preparo de Amostras Para Análise de <sup>15</sup>N por Espectrometria de Massa*. Piracicaba, Boletim Técnico 02, CENA, ESALQ-USP, 1973.

Volkoff, B. & Cerri, C.C. 1981. Húmus em Solos da Floresta Amazônica na Região do Rio Madeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 5:15-21.

# MANEJO DO NITROGÊNIO EM AGROSSISTEMAS DE TERRA FIRME E VÁRZEA NA AMAZÔNIA

Sonia Sena ALFAIA<sup>1</sup>, Maria do Rosário Lobato RODRIGUES<sup>2</sup>,  
Katell UGUEN<sup>3</sup> e Marta Iria da Costa AYRES<sup>1</sup>

## Palavras chave:

Fertilidade do Solo, Matéria Orgânica,  
Leguminosas Arbóreas, Adubação Verde

## INTRODUÇÃO

**D**e acordo com a natureza geomorfológica, a planície Amazônica pode ser dividida em duas áreas distintas: a terra firme de formação terciária e, planície de inundação propriamente dita, denominada várzea ou terreno quaternário recente. Os solos de terra firme apresentam, em geral, boas características físicas, mas são de baixa fertilidade natural. Contrastando com a terra firme, as áreas de várzea possuem os solos mais férteis de toda a bacia amazônica, dada à deposição de sedimentos oriundos dos Andes por meio das inundações anuais, formando assim regularmente novas camadas de solo rico em nutrientes (Quesada et al., 2011). Apesar de representar, em termos relativos, uma pequena fração da Amazônia, as áreas de várzeas têm um papel muito importante, porque é nesses solos que se cultiva a maior parte das culturas de ciclo curto na região (Cravo et al., 2002; Alfaia et al., 2007; Fajardo et al., 2009).

1 Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: sonia@inpa.gov.br;

2 EMBRAPA Amazônia Ocidental, Manaus, AM;

3 Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, AM.

Aproximadamente 80% da floresta tropical úmida se encontra localizada em áreas de terra firme sobre Latossolos e Argissolos. Apesar da fragilidade desses solos, a floresta é mantida em equilíbrio através de uma ciclagem eficiente de nutrientes por meio de uma complexa rede de interações entre as plantas, os animais e os microrganismos. As plantas tiram o essencial da sua nutrição da decomposição do material vegetal de outras plantas e da decomposição de suas próprias folhas (Brinckman, 1989). Nos ecossistemas tropicais úmidos, as perdas de nutrientes são limitadas e compensadas pela entrada de nutrientes com as águas das chuvas. Estima-se, por exemplo, que as águas das chuvas aportam ao solo 12 kg de nitrogênio por hectare e por ano (Nye, 1961).

Cerca de 90% dos solos da região amazônica são deficientes em nitrogênio e os teores deste nutrientes são os mais reduzidos no solo em consequência da atividade agrícola (Sanchez et al., 1983). A adoção de qualquer tecnologia para manutenção e recuperação da produtividade desses solos deve ser economicamente viável e a maioria dos agricultores da região não tem condições de desenvolver uma agricultura com altos gastos em insumos. Dessa forma, devem-se priorizar alternativas de baixo custo que incluam entre outras, a maximização dos processos biológicos que ocorrem naturalmente no solo como a fixação biológica de nitrogênio. Assim, sistemas de manejo mais sustentados dos solos podem ser desenvolvidos utilizando resíduos vegetais de leguminosas (Espindola et al., 2004; Smyth et al., 1987), além do aumento da eficiência no uso de fertilizantes nitrogenados (Oliveira et al., 1992).

O conhecimento das mudanças nas características dos solos após o desmatamento e manejo tem auxiliado no estabelecimento de estratégias mais adequadas para a conservação das suas características produtivas. Nesse sentido, as pesquisas conduzidas nessa área têm como meta principal criar condições para o aproveitamento e manejo sustentado dos solos. Nesse capítulo, os aspectos principais da dinâmica do N no solo são discutidos e relacionados com a produção agrícola nos solos da Amazônia, com ênfase para os solos de terra firme, que representam a principal área disponível para o desenvolvimento da agricultura na região.

## **CICLAGEM DE NITROGÊNIO E ADUBAÇÃO QUÍMICA**

Nas áreas de terra firme, após o desmatamento, o N é um dos principais nutrientes do solo se perde mais rapidamente em consequência da

atividade agrícola, em especial com a prática da queima no preparo da área e a perda da matéria orgânica do solo (Sanchez et al., 1983; Smyth et al., 1987). Nos Latossolos e Argissolos, este nutriente não é o principal fator limitante, mas assim pode se tornar após algum tempo de cultivo. Nos solos de várzea, os teores de N são geralmente baixos, principalmente devido ao seu baixo teor de matéria orgânica (Furch & Klinge, 1989; Alfaia et al., 2007). Quando esses solos são cultivados, a disponibilidade de N diminui drasticamente. Considerando que os principais nutrientes são encontrados em quantidades elevadas, o N pode tornar-se o principal fator limitante para a produção agrícola nesses solos (Cravo et al., 2002; Alfaia et al., 2007).

Estudos com uréia e sulfato de amônio enriquecido com  $^{15}\text{N}$  na Amazônia Central, mostraram que, em condições de campo, o aproveitamento do N dos fertilizantes pelas culturas é baixo (Alfaia et al., 2000). Experimentos de campo indicam que nestes solos a lixiviação pode ser a principal causa da baixa eficiência no aproveitamento de adubos nitrogenados pelas culturas (Alfaia et al., 2000; Cahn et al., 1993, Sanchez et al., 1983). O balanço de fertilizantes nitrogenados em um ensaio com arroz cultivado em um Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central mostra que as perdas de N com a aplicação de uréia foram estimadas em 56% enquanto que com o sulfato de amônio estas foram de 66% (Figura 1). Nas condições dessa experiência, as perdas com a aplicação de uréia foram estimadas em 15% e no tratamento com sulfato de amônio estas foram aproximadamente 44%. As perdas provenientes do sulfato de amônio são bastante elevadas e provavelmente expliquem a baixa utilização do N pelas plantas na presença desse fertilizante. Considerando que as perdas por lixiviação foram nulas devido à técnica de cultura utilizada, elas podem ter ocorrido por via gasosa. Como as perdas por volatilização são baixas nas condições deste trabalho devido ao baixo pH do solo (Adam & Martin, 1984), é possível que elas tenham ocorrido por desnitrificação. Esses resultados mostram que há premência por estudos que permitam não somente quantificar essas perdas como verificar porque um fertilizante amoniacal como o sulfato de amônio é mais susceptível a perdas do que a uréia nas condições de solo e clima da Amazônia.

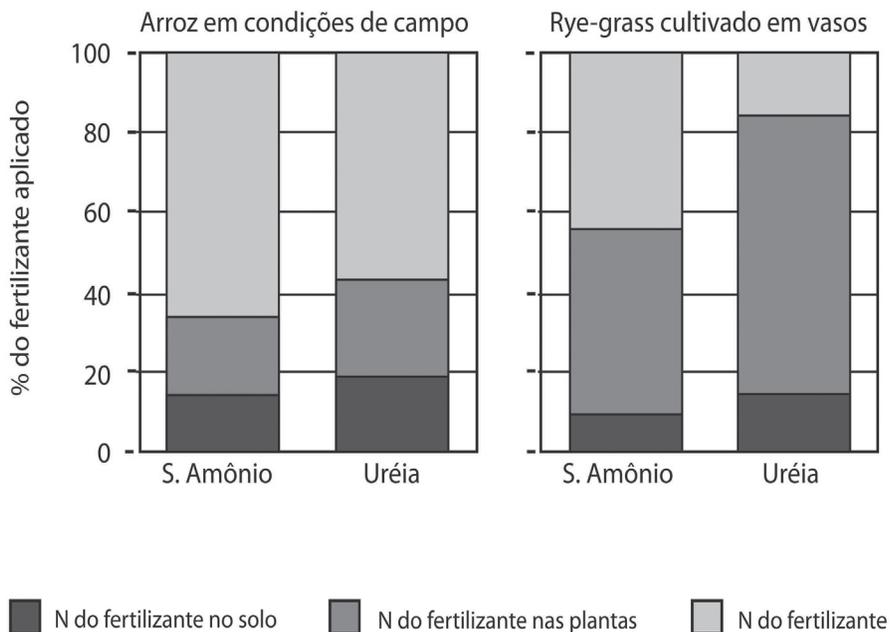


Figura 1. Balanço (%) do <sup>15</sup>N-fertilizante aplicado no arroz em condições de campo e rye-grass cultivado em vasos em um Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central. (Fonte: Alfaia et al., 2000).

Nos solos de terra firme a melhor utilização da uréia em relação ao sulfato de amônio pode estar relacionada à acidez dos solos. As plantas normalmente absorvem N na forma de amônio ( $N-NH_4^+$ ) e nitrato ( $N-NO_3^-$ ), preferencialmente na forma de  $N-NO_3^-$ . A disponibilidade dessas duas formas de N mineral no solo depende de parâmetros físico-químicos e biológicos que regulam os processos de amonificação e nitrificação. Nos Latossolos e Argissolos, onde pode haver inibição da nitrificação devido ao baixo pH, o  $N-NH_4^+$  pode ser uma importante fonte de N para as plantas (Jordan et al., 1979; Piccolo, 1989 e Alfaia et al., 1995). A aplicação de uréia pode induzir um aumento no pH, o qual favoreceria a atividade das bactérias nitrificadoras aumentando a eficiência dessa forma de fertilizante em solos ácidos (Alfaia, 1997b). Em um estudo sobre mineralização de fertilizante nitrogenado, Alfaia et al. (1995) mostraram que a nitrificação foi pequena, mas com valores sempre mais elevados na presença de uréia que de sulfato de amônio (Figura 2).

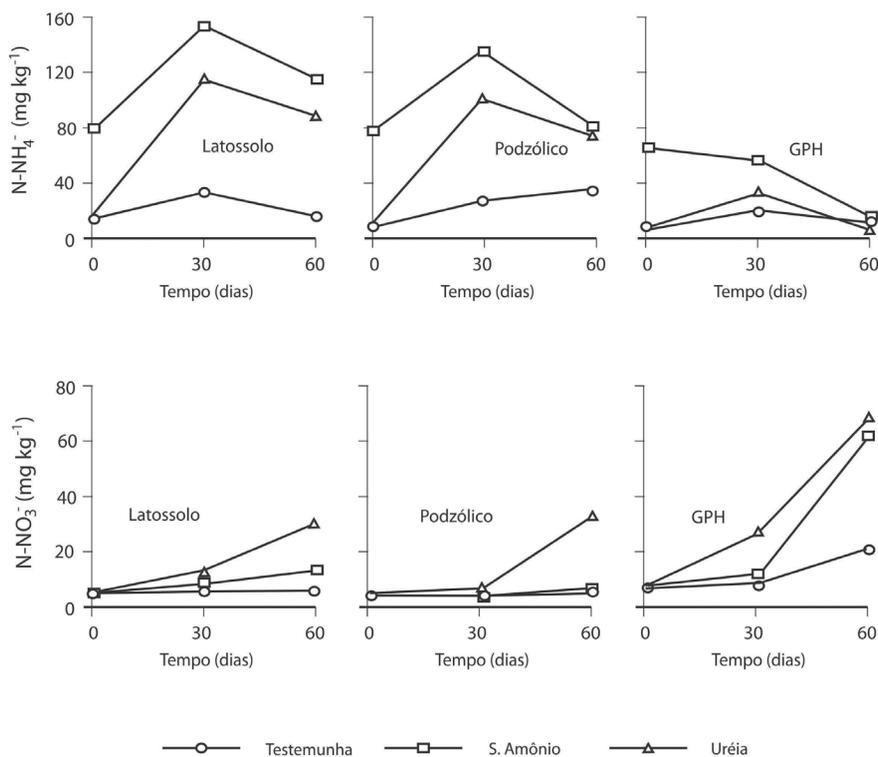


Figura 2. Liberação de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$  durante 60 dias de incubação em três solos da Amazônia Central (Fonte: Alfaia et al., 1995).

Por outro lado, a predominância de íon  $N-NO_3^-$  observado no solo de várzea (Gley Pouco Húmico, GPH), pode estar relacionada às características químicas e mineralógicas deste solo, tais como pH menos ácido, alta capacidade de troca de cátions, presença de argila tipo 2:1, as quais podem favorecer a presença de bactérias nitrificadoras nessas condições (Alfaia, 1997c).

A eficiência da adubação nitrogenada pode também ser influenciada pela mineralização do N do solo. Em um estudo com a utilização de <sup>15</sup>N, Alfaia (1997b) mostrou que a adubação com uréia e sulfato de amônio em um Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central aumentou a mineralização do N orgânico do solo (Figura 3).

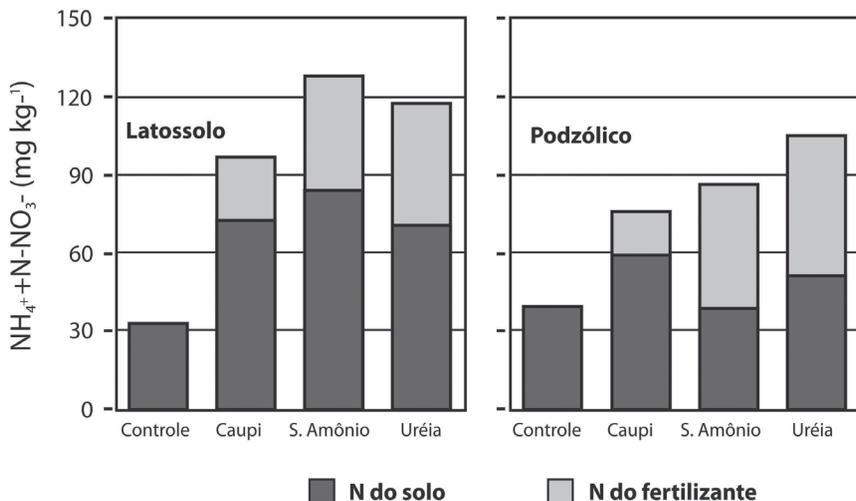
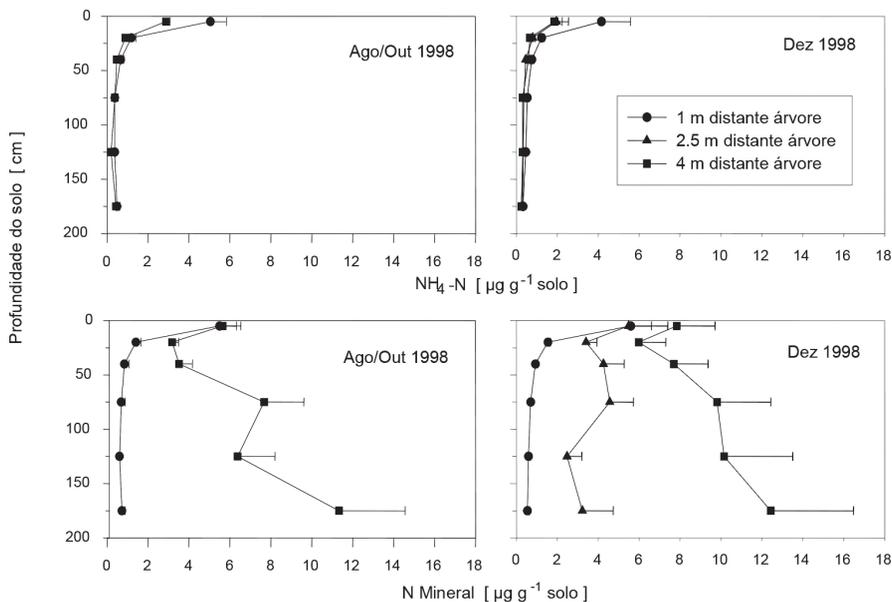


Figura 3. Concentração de N mineral no solo após 60 dias de incubação em dois solos da Amazônia Central com feijão-caupi, sulfato de amônio e uréia. (Fonte: Alfaia & Souza, 2002).

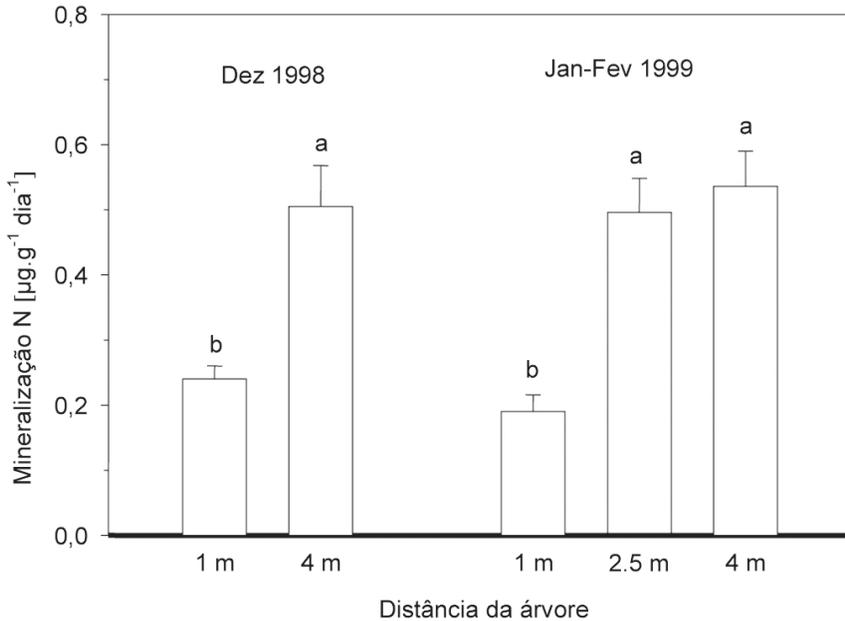
O incremento da mineralização do N orgânico do solo causado pela adição de substratos orgânicos e fertilizantes nitrogenado corresponde ao fenômeno denominado efeito “priming” ou ANI “Added Nitrogen Interaction” (Azam et al., 1993, Alfaia et al., 1995). Esse efeito é provocado por uma adição de matéria orgânica que em curto prazo aumenta ou diminui a atividade ou a quantidade da biomassa microbiana. É possível que o efeito “priming” possa também explicar a ausência de resposta à aplicação de doses crescentes de fertilizantes nitrogenados encontrada nos Latossolos (Smyth et al., 1987; Alfaia, 1997b), onde pequenas doses de N podem elevar os rendimentos a 90% do rendimento máximo (Van Wambeke, 1992). Por exemplo, Smyth et al., (1987) não obtiveram aumentos significativos na produção de milho com a aplicação de doses acima de 40 kg N ha<sup>-1</sup>. Esses resultados mostram a importância de se considerar o efeito “priming” nos estudos sobre a disponibilidade de N nos solos de terra firme da Amazônia.

A dinâmica do N no solo com culturas perenes é mais difícil de avaliar do que com culturas anuais devido ao maior volume de solo explorado pelas raízes. No caso de dendê (*Elaeis guineensis*), sob Latossolo Amarelo muito argiloso na Amazônia central, a adição de uréia aumentou o crescimento das palmeiras somente durante os três primeiros anos mais não aumentou a produção de frutos (Rodrigues & Macêdo, 1993). Em um plantio de dendê de 14 anos sem adubação química com N, os teores de N mineral no solo foram bastante elevados (Figura 4).



**Figura 4.** Distribuição do  $\text{N-NH}_4^+$  e N mineral N total ( $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$ ) no solo sob um plantio de dendê na Amazônia Central em três diferentes distâncias durante o período seco (agosto e outubro) e período chuvoso (dezembro). (Fonte: Schroth et al., 2000).

O N mineral no solo próximo das árvores foi encontrado principalmente na forma de amônio, indicando que as palmeiras absorvem eficientemente o N na solução do solo e nas suas proximidades. Com o aumento da distância da árvore, a concentração de N na forma de nitrato no solo aumenta. Porém, na distância de 4 m entre as árvores, houve aumento da concentração de nitrato com o aumento da profundidade do solo, indicando que o excesso de nitrato foi lixiviado da plantação. Nessas condições, conclui-se que a quantidade de N mineralizado no solo excede a necessidade da planta de dendê, na medida em que o nitrato é lixiviado do solo de uma cultura de produção abundante, mesmo na ausência de adubação nitrogenada (Schroth et al., 2000). A acumulação de nitrato no subsolo também foi verificada nas entrelinhas de culturas perenes em um sistema agroflorestal em Latossolo próximo de Manaus (Schroth et al., 1999). O excesso de N no solo pode ser proveniente da fixação biológica do  $\text{N}_2$  ou pela mineralização da matéria orgânica (Figura 5).



**Figura 5.** Mineralização do nitrogênio no solo em um plantio de dendê na Amazônia central na profundidade de 0-10 cm em três diferentes distâncias. As colunas com letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). (Fonte: Schroth et al., 2000).

Esses resultados mostram a importância das práticas culturais adotadas para a sustentabilidade dos sistemas de uso da terra na Amazônia. Para Rodrigues et al. (1999), os resultados obtidos nos estudos de nutrição nitrogenada do dendezeiro são devidos em grande parte ao manejo da cultura, tais como o desenvolvimento da planta de cobertura, a deposição de folhas podadas que podem corresponder de 11 a 16 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Hartley, 1988). Também, o balanço de N nas palmeiras é influenciado pela fixação de N pelas bactérias (Baldani et al., 1997; Reis et al., 2000). Baseados nesses resultados, as árvores de dendê, como as árvores da floresta primária parecem ser capazes de reciclar o N de maneira eficiente (Vitousek & Sandford, 1986; Martinelli et al., 1999).

## USO DE LEGUMINOSAS COMO PLANTA DE COBERTURA E ADUBO VERDE

Uma alternativa para reduzir as deficiências de N nos solos da Amazônia é o uso de leguminosas que fixam N atmosférico, como planta de cobertura e/ou adubo verde. Um dos benefícios dessa prática é que o N das leguminosas é mineralizado mais lentamente do que o N dos adubos químicos, o que pode reduzir as perdas de N por lixiviação. A qualidade das leguminosas

para essas práticas depende principalmente da sua eficiência para fixar o N atmosférico, assim como da concentração de N nas suas folhas. Porém, outros fatores fisiológicos devem ser considerados, tais como a competição com invasoras e a tolerância à sombra. Esses fatores determinam a biomassa de leguminosa e a porcentagem de cobertura (Espindola et al., 2004).

A potencialidade para fornecimento de N mineral no solo através da rápida mineralização foi demonstrada para muitas leguminosas herbáceas nos trópicos (Young, 1997). Em um ensaio conduzido para avaliar a mineralização do resíduo de feijão-caupi marcado com  $^{15}\text{N}$  nos solos de terra firme da Amazônia Central (Alfaia, 1997a), foi observado que a disponibilidade de  $\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$  liberados com a incorporação do resíduo de caupi no Latossolo não diferiu significativamente da aplicação de  $60 \text{ mg kg}^{-1}$  de N na forma de uréia. No Argissolo, o teor de N-mineral obtido com a incorporação do caupi foi equivalente ao tratamento com sulfato de amônio (Figura 3). O manejo da fertilidade do solo com o cultivo de leguminosa de cobertura é uma prática que permite aumentar a produção em muitas regiões dos trópicos úmidos. Na Amazônia central, a incorporação dos três adubos verde mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*), caupi (*Vigna unguiculata*) e *Indigofera tinctorium*, em um Latossolo Amarelo, gerou uma produção de milho equivalente à produção obtido com alta dose de fertilizante químicos nitrogenados (Smyth et al., 1987). Em condições tropicais úmidas, Sisworo et al. (1990) mostraram que no período de alta pluviosidade, o N incorporado com o resíduo do caupi foi mais eficientemente utilizado pela cultura do arroz do que o N aplicado como fertilizante. A adição do resíduo de caupi, assim como a de fertilizantes nitrogenados, também contribuiu para aumentar a mineralização do N orgânico do solo (Figura 3).

Com base nesses resultados, a prática da adubação verde tem sido recomendada como uma técnica de adubação com baixos insumos. Porém, mais estudos são necessários para estimar também os efeitos residuais. Na Amazônia boliviana, um estudo com as três leguminosas, *Canavalia ensiformis*, *Desmodium adscendens* e *Pueraria phaseoloides*, mostrou que a prática de queimar os resíduos de leguminosas melhorou a absorção de nutrientes, resultando em uma produção de arroz correspondente a 137% comparada com somente o corte (Luna-Orea & Wagger, 1996). As folhas das leguminosas arbóreas que também têm um grande potencial para fornecer N para as culturas são usadas, por exemplo, em sistemas de cultivos em aleias (Palm & Sanchez, 1991; Mafongoya et al., 1998; Espindola et al., 2004).

As leguminosas normalmente utilizadas como adubo verde na agricultura são na sua maioria plantas exóticas. No entanto, existe na Amazônia uma grande diversidade de espécies de leguminosas, mas poucas foram avaliadas com relação à fixação biológica de N, assim como em relação ao seu potencial para utilização como adubo verde. Por outro lado, o N liberado depende largamente da qualidade do material vegetal, não somente da concentração de N, mas também do teor de lignina e polifenol (Palm & Sanchez, 1991; Constantinides & Fownes, 1994).

Em um ensaio em casa de vegetação para avaliar a mineralização do N de leguminosas arbóreas, Ayres (1996) não observou correlação entre o teor de N e o teor de lignina e a mineralização do N. Gachengo et al. (2004), verificaram prevalectimento do processo de mineralização em solo ácido incorporado com material vegetal com alto teor de N e lignina, porém verificaram, como Palm & Sanchez (1991), processo de imobilização do N com incorporação de material vegetal com alto teor de N e de polifenóis e baixo de lignina. Esses verificaram que o teor de polifenóis relacionados com o teor de N influencia mais do que o de lignina na taxa de mineralização do N. Constantinides & Fownes (1994) verificaram correlação negativa entre o teor de lignina e de N e não observaram correlação entre os teores de N e polifenóis nos materiais vegetais avaliados.

Um ensaio em condições de incubação em casa de vegetação com folhas de leguminosas nativas e exóticas incorporadas em um Latossolo Amarelo mostrou que *Gliricidia sepium* e *Erythrina fusca* aumentaram significativamente a concentração de  $N-NH_4^+$  no solo (Figura 6). A *Gliricidia sepium* apresentou a maior taxa de mineralização, o que pode estar relacionado com sua elevada concentração de N, baixa relação C/N e baixa concentração de lignina nas folhas. (Tabela 1).

Considerando os resultados obtidos no ensaio de incubação, outro experimento foi instalado em casa de vegetação visando avaliar a capacidade de suprimento de N pelas leguminosas arbóreas, usando o arroz como planta teste (Figura 7). Os resultados mostraram que tanto a produção de matéria seca, quanto à absorção de N pelas plantas de arroz foram significativamente mais elevadas com a incorporação da biomassa de *Gliricidia sepium*, confirmando o potencial dessa leguminosa arbórea como fornecedoras de N para as plantas, nos Latossolos da Amazônia (Alfaia & Souza, 2002).

Os adubos verdes também podem ter outros benefícios no solo e funções no ecossistema. Um estudo realizado com *Pueraria phaseoloides* e *Desmodium ovalifolium* em um plantio de dendê sob Latossolo Amare-

lo muito argiloso na Amazônia Central mostrou que mesmo após forte compactação por máquinas pesadas durante o desmatamento mecanizado as leguminosas de cobertura reverteram a compactação do solo melhorando sua estrutura (Grimaldi et al., 1993) Os autores observaram que a capacidade de restaurar as propriedades físicas do solo está provavelmente relacionada a abundante produção de liteira e raízes, assim como o estímulo da atividade biológica, principalmente através da macrofauna. Nesse mesmo estudo, a matéria orgânica, analisada três anos após a implantação das leguminosas foi tão alta quanta à da floresta natural, devido à alta produção de biomassa.

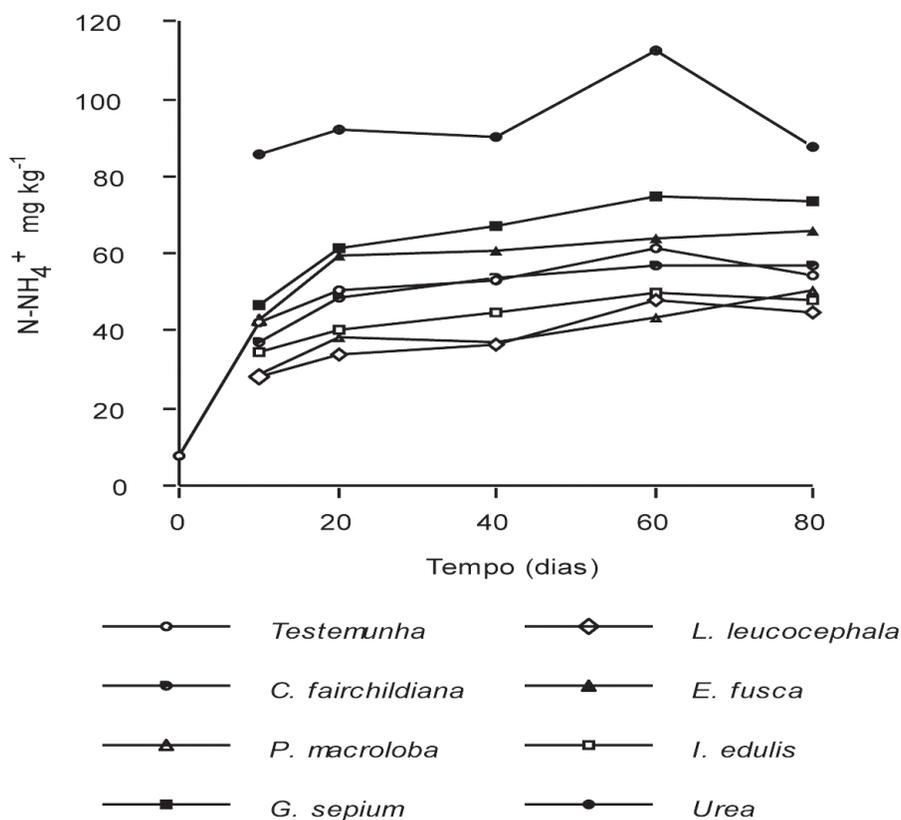
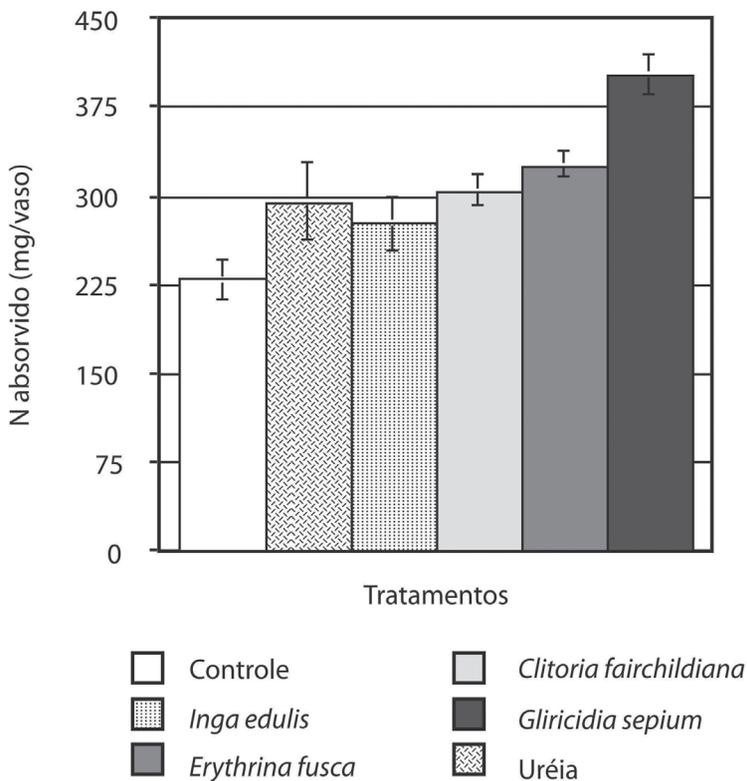


Figura 6. Liberação de  $N-NH_4^+$  durante 80 dias de incubação em amostras de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. (Fonte: Alfaia & Souza, 2002) com *Gliricidia sepium*, *Erythrina fusca*, *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis*, *Clitoria fairchildiana*, *Pentaclethra maculosa*.

**Tabela 1.** Teor de C e N relação C/N e teor de lignina em folhas de leguminosas arbóreas florestais.

Espécies	Origem	C (%)	N (%)	C/N	Lignina (%)
<i>Clitoria fairchildiana</i>	Nativa	48,2	3,91	12,33	20,05
<i>Erythrina fusca</i>	Nativa	48,5	3,64	13,31	15,39
<i>Pentaclethra macroloba</i>	Nativa	50,8	2,73	18,64	34,9
<i>Inga edulis</i>	Nativa	48,3	4,03	11,99	17,91
<i>Leucaena leucocephala</i>	Exótica	46,4	3,17	14,63	7,29
<i>Gliricidia sepium</i>	Exótica	47,6	4,49	10,60	9,98



**Figura 7.** Absorção de N pelo arroz proveniente da incorporação de folhas de leguminosas arbóreas florestais em um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. (Fonte: Alfaia & Souza, 2002).

Em um sistema agroflorestal de sete anos de idade na Amazônia Central, Uguen (2001), também observou que a presença da *Pueraria phaseoloides* aumentou significativamente a concentração de C no solo quando comparado com a parcela sem a presença da leguminosa onde o incremento foi de 25,8 g C kg<sup>-1</sup> para 30,4 g C kg<sup>-1</sup>. Para que se obtenha uma boa cobertura, a adaptação da espécie de leguminosa às condições de campo deve ser considerada. Além disso, diferenças na produção de biomassa pelas espécies de leguminosas, algumas vezes podem aparecer com o tempo. Após doze anos de cultivo, a área com puerária foi totalmente invadida por samambaias, enquanto o desmódio, mais resistente ao sombreamento, permaneceu cobrindo totalmente o solo, embora apresentando um porte mais baixo e uma produção de matéria seca da parte aérea de 4,3 t ha<sup>-1</sup> (Rodrigues, dados não publicados). Um estudo em um plantio de guaraná (*Paullinia cupania*) mostrou que a presença de duas leguminosas de cobertura (*Desmodium ovalifolium* e *Flemingia macrophylla*) diminuiu a temperatura na camada superficial e densidade do solo, aumentou a retenção de água, melhorou a agregação e aumentou as concentrações de N, P, Mg, C e Cu (Canto, 1989). Muitas dessas melhorias nas características do solo foram relacionadas com a produção de matéria orgânica pelas leguminosas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A baixa fertilidade natural da grande maioria dos solos da Amazônia tem sido o principal problema para o desenvolvimento da agricultura na região. Para aumentar a produtividade dos solos, é necessário o uso de práticas de adubação não somente com fertilizantes químicos que possuem alto custo na região, mas principalmente adubos orgânicos. Portanto, é necessário ampliar o conhecimento sobre os principais tipos de solos associado ao manejo correto dos recursos dos ecossistemas. Nas áreas de terra firme na Amazônia, o N é um dos principais nutrientes do solo cujos níveis decaem em consequência da atividade agrícola. A lixiviação pode ser a principal causa da baixa eficiência no aproveitamento de adubos nitrogenados pelas culturas nos solos da região. Uma alternativa para reduzir as deficiências de N nos solos da Amazônia é o uso de leguminosas que fixam N<sub>2</sub> atmosférico, como planta de cobertura ou adubo verde. Um dos benefícios dessa prática é que o N das leguminosas é mineralizado mais lentamente do que o N dos adubos químicos, o que pode reduzir as perdas de N por lixiviação. A substituição parcial ou total de fertilizantes nitroge-

nados poderá ser obtida através da maximização dos processos biológicos que ocorrem naturalmente no solo. Práticas de adubação com leguminosas pode ser uma importante alternativa de manejo para substituição de adubos nitrogenados químicos nesses solos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, F.; Martin, J.B. 1984. Liming effects on nitrogen use and efficiency. In: Hauck, R.D. (Ed). *Nitrogen in crop production*, Madison, American Society of Agronomy. p. 417-426.

Alfaia, S.S. 1997a. Destino de fertilizantes nitrogenados ( $^{15}\text{N}$ ) em um Latossolo Amarelo cultivado com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.). *Acta Amazonica*, 27:65-72.

Alfaia, S.S. 1997b. Destino de adubos nitrogenados marcados com  $^{15}\text{N}$  em amostras de dois solos da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 21:379-385.

Alfaia, S.S. 1997c. Mineralização do nitrogênio incorporado como material vegetal em três solos da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 21:387-392.

Alfaia, S.S.; Guiraud, G.; Jacquin, F.; Muraoka, T.; Ribeiro, G.A. 2000. Efficiency of  $^{15}\text{N}$ -labelled fertilizers for rice and rye-grass cultivated in an Ultisol of Brazilian Amazonia. *Biology and Fertility of Soils*, 31: 329-333.

Alfaia, S.S.; Souza, L.A.G. 2002. Perspectivas do Uso e Manejo dos Solos na Amazônia In: Araújo, Q.R. ed. *500 Anos de Uso do Solo no Brasil*. Editora da UESC, Ilhéus, Brasil. p. 311-327.

Alfaia, S.S.; Jacquin, F.; Guiraud, G. 1995. Transformation of nitrogen fertilizers in Brazilian Amazonian soils. *Arid Soils Research and Rehabilitation*, 9:335-340.

Alfaia, S.S.; Neves, A.L.; Ribeiro, G.A.; Fajardo, J.D.V.; Uguen, K.; Ayres, M.I.C. 2007. Caracterização dos parâmetros químicos dos solos de várzea em diversos sistemas de uso da terra ao longo da calha dos rios Solimões/ Amazonas. In: Noda, S.N. (Org.) *Agricultura Familiar na Amazônia das Águas*, EDUA, p. 67-89.

Ayres, M.I.C. 1996. *Mineralização do nitrogênio proveniente de leguminosas arbóreas em um Latossolo Amarelo da Amazônia Central*. 42p. Trabalho de

conclusão de curso de graduação (Monografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.

Azam, F.; Simmons, F.W.; Mulvaney, R.L. 1993. Immobilization of ammonium and nitrate and their interaction with native N in three Illinois Mollisols. *Biology and Fertility of Soils*, 15:50-54.

Baldani, J.J.; Caruso, L.; Baldani, V.L.D.; Gol, S.R.; Dobereiner, J. 1997. Recent advances in BNF with non-legume plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 29:911-922.

Brinckman, W.L.F. 1989. System propulsion of an Amazonian lowland forest: an outline. *GeoJournal*, 19:369-380.

Cahn, M.D.; Bouldin, D.R.; Cravo, M.S.; Bowen, W.T. 1993. Cation and nitrate leaching in an Oxisol of the Brazilian Amazon. *Agronomy Journal*, 85:334-340.

Canto, A.C. 1989. *Importância ecológica do uso de leguminosas como plantas de cobertura em guaranazais no Estado do Amazonas*. Tese de doutorado. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 121p.

Constantinides, M.; Fownes, J.H. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry*, 26:49-55.

Cravo, M.S.; Xavier, J.J.B.N.; Dias, M.C.; Barreto, J.F. 2002. Características, uso agrícola atual e potencial das várzeas no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 32:351-365.

Espindola, J.A.A.; Almeida, D.L.; Guerra, J.G.M. Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 24p. (EMBRAPA Agrobiologia. Documentos, 174.

Fajardo, J.D.V., Souza, L.A.G., Alfaia, S.S. 2009. Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios Baixo Solimões e Médio Amazonas. *Acta Amazonica*, 39(4):731-740.

Furch, K.; Klinge, H. 1989. Chemical relationships between vegetation, soil and water in contrasting inundation areas of Amazonia. In: J. Proctor, J. (Ed.). *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Boston. p. 189-203.

Gachengo, C.N.; Vanlauw, E.B.; Palm, C.A. 2004. Mineralization patterns of selected organic materials. *In: Delve, R.J.; Probert M.E. Modelling Nutrient Management in Tropical Cropping Systems*. ACIAR Proceedings 114, 138p.

IBAMA, 2007. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

Grimaldi, M.; Sarrazin, M.; Chauvel, A.; Luizão, F.; Nunes, N.; Rodrigues, M. R.L.; Amblart, P., Tessier, D. 1993. Effets de la déforestation et des cultures sur la structure des sols argileux d'Amazonie brésilienne. *Cahiers Agricultures*, v2: 36-47.

Hartley, C.W.S. 1988. *The oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)*. Longman Agricultural Series (Third ed.), Longman, London, UK.

Jordan, C.F.; Todd, R.L.; Escalante, G. 1979. Nitrogen conservation in a tropical rain forest. *Oecologia*, 39:123-128.

Luna-Orea, P.; Wagger, M.G. 1996. Management of tropical legume cover crops in the Bolivian Amazon to sustain crop yields and soil productivity. *Agronomy Journal*, 88:765-776.

Mafongoya, P.L.; Giller, K.E.; Palm, C.A. 1998. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry systems*, 38:77-97.

Martinelli, L.A.; Piccolo, M.C.; Townsend, A.R.; Vitousek, P.M.; Cuevas, E.; McDowell, W.; Robertson, G.P.; Santos, O.C.; Treseder, K. 1999. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. *Biogeochemistry*, 46:45-65.

Nye, P.H. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil*, 13:333-346.

Oliveira, L.A.; Smyth, T.J.; Bonetti, R. 1992. Efeito de adubações anteriores na nodulação e rendimento da soja e do feijão num Latossolo Amarelo da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 16:195-201.

Palm, C.A.; Sanchez, P.A. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry*, 23:83-88.

Piccolo, M.C. 1989. Dinâmica do nitrogênio incorporado na forma orgânica em solos de várzea e terra firme na Amazônia Central. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 169pp.

Quesada, C.A., Lloyd, J.; Anderson, L.O., Fyllas, N.M., Schwarz, M., Czimczik, C.I. 2011. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 8:1415-1440.

Reis, V.M.; Baldani, J.I.; Baldani, V.L.D.; Dobereiner, J. 2000. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. *Plant Science*, 19:227-247.

Rodriguez, M.R.L.; Macêdo, J.L.V. 1993. Efeitos de leguminosas sobre as características físico-químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com dendê. In: *Proceedings of the Congresso brasileiro de ciência do solo*. Goiania, p. 111-112.

Sanchez, P.A., Villachica, J.H.; Band, D.E. 1983. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Science Society American Journal*, 47: 1171-1178.

Schroth, G., Rodrigues, M.R.L.; D'angelo, S. A. 2000. Spatial patterns of nitrogen mineralization, fertilizer distribution and roots explain nitrate leaching from mature Amazonian oil palm plantation. *Soil Use and Management*, 16: 222-229.

Schroth, G., Silva, L.F., Seixas, R., Teixeira, W.G., Macêdo, J. L. V.; Zech, W. 1999. Subsoil accumulation of mineral nitrogen under polyculture and monoculture plantations, fallow and primary forest in a ferralitic Amazonian upland soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 75: 109-120.

Sisworo, W.H.; Mitrosuhardjo, M.N.; Rasjid, H.; Myers, R.J.K. 1990. The relative roles of N fixation, fertilizer, crop residues and soil in supplying N in multiple cropping systems in a humid tropical upland cropping system. *Plant and Soil*, 121:73-82.

Smyth, T.J.; Cravo, M.S.; Bastos, J.B. 1987. Soil nutrient dynamics and fertility management for sustained crop production on Latossolos Amarelos in the Brazilian Amazon. In: Caudle, N. and McCants, C.B. (Eds). *TropSoils technical report 1985-1986*. p. 88-94.

Uguen, K. 2001. *Influence des arbres sur la matière organique et l'azote du sol dans un système agroforestier en Amazonie centrale*. Tese de doutorado. Institut National Agronomique, Paris-Grignon., France. 156p.

van Wambeke, A. 1992. *Soils of the tropics: properties and appraisal*. McGraw-Hill New York.

Vitousek, P.M.; Sandford Jr, R.L 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual review of ecology and systematics*, 17:137-167.

Young, A. 1997. *Agroforestry for soil management*. CAB International and ICRAF, Wallingford, UK. 320p.

# EFEITO DO COMPOSTO DE LIXO URBANO NO SUBSTRATO DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS INOCULADAS COM RIZÓBIOS

Luiz Augusto Gomes de SOUZA<sup>1</sup>, Dércio SCHOLLES<sup>2</sup>

## Palavras-chave:

Fixação de Nitrogênio, Rizóbios, Leguminosas Arbóreas, Produção de Mudas

## INTRODUÇÃO

Na produção de mudas de espécies arbóreas, a composição do substrato para o desenvolvimento das plantas foi considerada no Brasil, muitas vezes, como um conhecimento empírico, inerente ao produtor. Posteriormente, resultados experimentais obtidos nas diferentes fases de preparo e enviveiramento das mudas passaram a ser recomendados para obtenção de plantas adequadas ao plantio definitivo (Batalha, 1993; Arco-verde & Moreira, 1998; Nicoloso et al., 2000).

Com leguminosas arbóreas, a produção de mudas noduladas pode favorecer o estabelecimento inicial de mudas transplantadas e aumentar a sobrevivência e competitividade das espécies após o plantio definitivo (Dobereiner, 1967; Ribeiro Júnior et al., 1986). O plantio definitivo de mudas de leguminosas fixadoras de N<sub>2</sub> sem nódulos estabelecidos exige do hospedeiro a necessidade de formá-los numa fase crítica de seu estabelecimento, provocando diferenças no crescimento inicial das plantas. Nos primeiros meses estas podem se apresentar com folhagem amarela e fraca, seguido da recuperação da cor verde, que pode ser relacionada com a nodulação eficiente com estirpes naturais do solo. A inoculação com rizóbios, na maioria das espécies estudadas, tem se mostrado favorável ao estabelecimento de nódulos eficientes (Franco & Faria, 1997).

1 Coordenação Sociedade Ambiente e Saúde, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – CSAS/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: souzalag@inpa.gov.br;

2 Departamento de Solos da UFRGS, Porto Alegre, RS.

Na Amazônia, alguns estudos exploratórios sobre a composição do substrato de preparo de mudas de espécies arbóreas foram efetuados por Marques, (1982), que recomendou o uso de 30-35% de composto orgânico como alternativa para a substituição da adubação mineral na formação de mudas. Outros experimentos, com espécies não leguminosas, conduzidos por Marques & Brienza Júnior (1983), resultaram na recomendação de adição de 20% de composto orgânico no substrato de produção das espécies arbóreas freijó (*Cordia goeldiana*), marupá (*Simarouba amara*) e tatajuba (*Bagassa guianensis*).

Para obtenção de mudas florestais de boa qualidade, o substrato ideal para produção de mudas deve conter partes proporcionais de areia, solo e um componente orgânico (Souza, 1994). A areia melhora a estrutura do substrato, e é importante pelo tempo geralmente longo da produção das mudas florestais. O solo deve ser de floresta natural, de subsolo, ou da área em que se fará o plantio definitivo. O uso de composto orgânico no preparo das mudas aumenta a disponibilidade de nitrogênio para as plantas e modifica as condições físico-químicas do substrato (Caldeira et al., 2000). Entretanto, níveis elevados de nitrogênio no solo, podem afetar as características da simbiose das leguminosas com rizóbios (Franco & Neves, 1992). Por outro lado, em decorrência, torna-se fundamental definir o tipo de composto e a concentração adequada a ser utilizada com mudas de leguminosas florestais inoculadas com rizóbios.

Neste trabalho, foi estudado o efeito da concentração de composto de lixo urbano no substrato de produção de mudas das leguminosas arbóreas bordão-de-velho, timbaúva e palheteira, inoculadas com diferentes estirpes de rizóbios, nas características da nodulação, absorção de nitrogênio e desenvolvimento das espécies.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação nas dependências da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS, em Porto Alegre. As leguminosas arbóreas estudadas foram a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.), bordão-de-velho (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) e palheteira (*Clitoria faichildiana* Howard.).

No preparo das misturas, solo e areia foram homogeneizados na proporção de três partes de solo para duas de areia, com base em peso. A adição do composto de lixo foi efetuada em doses suficientes para obter proporções de 3:2:0, 3:2:0,5, 3:2:1 e 3:2:1,5 de solo, areia e composto de

lixo urbano correspondendo a níveis percentuais de 0, 91, 167 e 231 g kg<sup>-1</sup> de composto. A capacidade de embebição de cada substrato foi determinada através da umidade gravimétrica sendo de 24,1, 24,4, 25,0 e 27,0%, respectivamente (Idem com relação à unidade internacional). O solo utilizado foi um Argissolo Vermelho-Escuro, pH 4,6, da unidade São Jerônimo no Rio Grande do Sul, previamente cultivado com milho, para extrair o nitrogênio do solo. O composto de lixo urbano foi produzido em 1990 em Novo Hamburgo-RS.

Antes da pesagem, o solo foi seco ao ar e peneirado em malha de 1 cm. Após homogeneização das misturas, e estas foram adubadas separadamente com 1,10 mg kg<sup>-1</sup> de superfosfato triplo e distribuídas em vasos. Uma amostra de cada mistura foi retirada no início no final do ensaio, para análise química, feita no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da UFRGS.

Antes da semeadura as sementes de bordão-de-velho e timbaúva foram escarificadas com ácido sulfúrico por 10 e 15 minutos, respectivamente, sendo germinadas em sementeira com areia, seguindo-se a repicagem para os vasos. Para palheteira, a semeadura foi direta, com 4 sementes por vaso, permanecendo duas plantas por vaso após o desbaste para palheteira e bordão-de-velho, e com timbaúva, somente uma planta por vaso.

O meio de cultura utilizado para o crescimento de rizóbios foi o YMA modificado, PH 6,0 ± 0,1 (Vincent, 1970) com a seguinte composição (g/L): 10 de Manitol; 0,5 de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 0,2 de MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,1 de NaCl; 15 de ágar e 0,5 de extrato de levedura, ajustando o pH para 6,0 ± 0,1. No preparo dos inóculo para cada leguminosa, as estirpes foram cultivadas em YMA sólido, e após 8 dias de crescimento foram repicadas para erlenmeyers de 125 mL, com 50 mL de caldo de YMA, sem corante azul de bromotimol e incubados à temperatura ambiente em agitador mecânico horizontal a 150 rpm durante 10 dias. A inoculação foi feita na base do colo das plantas, em todas as unidades experimentais, por pipetagem, adicionando-se 4 mL da suspensão de inóculo por vaso.

Em todos os experimentos A unidade experimental de todos os ensaios foi constituída de 2 kg de solo vaso<sup>-1</sup>. No ensaio com palheteira o delineamento empregado foi o de blocos completamente casualizados no esquema fatorial 4 x 2 x 3 com 3 repetições, sendo: 4 níveis ou proporções de composto de lixo urbano (0,0, 9,1, 16,7 e 23,1%), 2 níveis de nitrogênio mineral (0 e 1,10 mg kg<sup>-1</sup>) e 3 estirpes de rizóbios (INPA 650, 628 e 605), num total de 72 unidades experimentais (vasos). Com as espécies bordão-

-de-velho e timbaúva empregou-se o mesmo delineamento, sendo o esquema fatorial de 4 x 2 x 2 com 3 repetições totalizando 48 unidades experimentais. Para o fator estirpes, com timbaúva, a inoculação foi feita com SEMIA 6169 e 6408 e em bordão-de-velho, as estirpes INPA 541 e SEMIA 6403. Algumas das características das estirpes estudadas estão apresentadas na Tabela 1. A ureia foi o adubo nitrogenado empregado, 0,55 mg kg<sup>-1</sup> aplicada parceladamente, aos 2 dias após a inoculação para todas as espécies, e a mesma quantidade aos 67 dias para palheteira, e aos 70 dias para bordão-de-velho e timbaúva. Durante a condução do ensaio, o nível de umidade do substrato foi mantido em cerca de 80% de sua capacidade de campo por meio de irrigações periódicas. A quantidade de água a ser repostada era controlada por pesagem dos vasos.

**Tabela 1.** Identificação das estirpes de rizóbios, instituição de origem e características taxonômicas dos hospedeiros.<sup>1</sup>

Número da estirpe	Hospedeiro	Origem	Subfamília	Tribo
INPA 541	Albizia saman	INPA	Mimosoideae	Ingeae
INPA 605	Clitoria amazonum	INPA	Faboideae	Phaseoleae
INPA 628	Clitoria amazonum	INPA	Faboideae	Phaseoleae
INPA 650	Clitoria amazonum	INPA	Faboideae	Phaseoleae
SEMIA 6169	Albizia falcataria	IPAGRO	Mimosoideae	Ingeae
SEMIA 6403	Albizia falcataria	IPAGRO	Mimosoideae	Ingeae
SEMIA 6408	Pithecellobium multiflorum	IPAGRO	Mimosoideae	Ingeae

<sup>1</sup> INPA, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM. IPAGRO, Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

A colheita de cada ensaio para avaliação de rendimento de matéria seca da parte aérea e de nódulos e determinação do N-total, foi efetuada aos 145 dias para palheteira, 165 dias para timbaúva e aos 169 dias para bordão-de-velho. A secagem do material colhido foi efetuada a 65°C por 72 horas. A determinação do N-total no tecido foi efetuada no Laboratório de Análises Químicas da UFRGS, usando o método de semi-micro Kjeldhal, conforme EMBRAPA, (1997). As diferenças entre tratamentos e interações existentes foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## EFEITO DA ADIÇÃO DE COMPOSTO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SUBSTRATO

O uso de composto nas misturas elevou o pH, os teores de matéria orgânica e fósforo, bem como a disponibilidade de bases trocáveis, incluindo a soma de bases do solo, e reduziu a saturação de  $Al^{3+}$  dos substratos (Tabela 2). Sem a adição de composto o pH da mistura apresentou acidez elevada de 4,6, havendo elevação de pH nas misturas com composto até níveis mais alcalinos. Em cada mistura, verificaram-se pequenas variações na disponibilidade de nutrientes e na matéria orgânica ao início e ao final do ensaio, com redução no  $Al^{3+}$  dos substratos e o composto neutralizou o  $Al^{3+}$  presente na mistura 3:2 solo:areia.

**Tabela 2.** Características químicas e nutrientes disponíveis ao início e ao final dos experimentos, em resposta à adição de composto de lixo urbano no substrato de preparo de mudas florestais noduladas.<sup>1 2</sup>

Parâmetros	Proporção de composto no substrato (%)							
	0,0		9,1		16,7		23,1	
	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final
pH (H <sub>2</sub> O)	4,6	4,6	6,4	6,2	6,2	7,4	6,5	7,5
P (mg dm <sup>-3</sup> )	6	5	57	62	129	115	180	127
K (mg dm <sup>-3</sup> )	52	44	135	113	182	168	200	177
Mat. Org. (%)	1,2	1,5	2,2	2,3	3,3	3,1	3,4	3,3
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,1	0,8	4,7	4,7	5,2	6,2	6,3	6,5
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,4	1,3	1,0	1,4	1,3	1,9	1,7

<sup>1</sup> Análises efetuadas no Laboratório de Análises de Solo da Faculdade de Agronomia, UFRGS.

<sup>2</sup> Ao final do ensaio, os valores são a média de três repetições.

## EFEITO DA ADIÇÃO DO COMPOSTO NA FORMAÇÃO DE MUDAS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS INOCULADAS COM RIZÓBIOS

A adição de composto no substrato contribuiu para o aumento do rendimento em matéria seca da parte aérea das três espécies estudadas (Tabela 3). Este incremento se manifestou já na primeira dose de composto, porém doses maiores não refletiram em aumentos adicionais significativos ( $P > 0,05$ ). Em timbaúva, o incremento foi expressivo e no nível de 9,1% de composto as mudas renderam 54% a mais em matéria seca do que na

sua ausência, o que pode ser atribuído a uma boa resposta da espécie a menor acidez do solo e maior disponibilidade de nutrientes no substrato. A palheteira produziu o maior rendimento em matéria seca das três espécies testadas, mas as diferenças observadas entre as espécies estão relacionadas com suas características de crescimento e morfologia geral. Na concentração de 16,7% de composto, houve redução significativa no rendimento em matéria seca de bordão-de-velho comparado ao nível de 9,1%.

**Tabela 3.** Peso da matéria seca da parte aérea (g vaso<sup>-1</sup>) de três leguminosas arbóreas em resposta à inoculação de estirpes de rizóbios, e a adubação nitrogenada em vasos com diferentes proporções de composto de lixo urbano no substrato. Média de três repetições.<sup>\*1 2</sup>

Doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Estirpes	Proporção do composto (%)				Média
		0,0	9,1	16,7	23,1	
<i>Bordão-de-velho (Albizia saman)</i>						
0	INPA 541	1,17	2,05	1,19	1,85	1,57 ab
0	SEMIA 6403	1,22	2,59	2,18	1,68	1,92 a
80	INPA 541	0,91	1,44	1,19	1,13	1,17 a
80	SEMIA 6403	0,78	1,83	1,24	2,06	1,48 a
	Média	1,02 C	1,98 A	1,45 BC	1,68 AB	
<i>Palheteira (Clitoria fairchildiana)</i>						
0	INPA 650	3,63	4,55	5,52	5,83	4,88 a
0	INPA 628	3,10	5,59	3,77	5,32	4,45 a
0	INPA 605	4,08	5,39	6,03	5,52	5,26 a
80	INPA 650	4,67	4,33	5,23	4,22	4,61 a
80	INPA 628	4,39	5,75	5,59	5,53	5,31 a
80	INPA 605	4,95	6,18	5,57	5,25	5,49 a
	Média	4,14 B	5,30 A	5,29 A	5,28 A	
<i>Timbaúva (Enterolobium contortisiliquum)</i>						
0	SEMIA 6169	2,36	5,53	4,58	5,19	4,42 a
0	SEMIA 6408	2,53	5,24	5,30	5,27	4,59 a
80	SEMIA 6169	1,73	3,68	4,82	4,59	3,71 a
80	SEMIA 6408	2,11	4,54	4,72	4,52	3,97 a
	Média	2,18 B	4,75 A	4,86 A	4,89 A	

<sup>\*1</sup> Valores seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>\*2</sup> Coeficientes de variação (%): 27,3, 19,4 e 30,6, respectivamente para bordão-de-velho, palheteira e timbaúva.

A adição do composto no substrato contribuiu para o desenvolvimento de plantas com folhagem verde escura em boas condições para o plantio definitivo. Na mistura sem composto às plantas apresentaram menor desenvolvimento, com folhas amareladas nos tratamentos sem adição de N, indicando que fatores nutricionais do solo podem ter afetado o desempenho das estirpes. O uso agrícola de composto de lixo no solo tem sido relacionado com o maior rendimento das culturas pela maior disponibilidade de nutrientes (Escosteguy, 1989; Moraes, 1990).

A inoculação bordão-de-velho e timbaúva com rizóbios sem adição de N elevou o rendimento de matéria seca da parte aérea das mudas (Tabela 3). Com palheteira, a aplicação de adubação nitrogenada não favoreceu o rendimento em matéria seca, sugerindo eficiência nos processos fixadores de  $N_2$  e que a inoculação das plantas pode reduzir os custos de produção das mudas desta espécie.

Foi observado que o composto contribui para maior vigor e qualidade das mudas, entretanto, o seu uso no substrato afetou o estabelecimento de nódulos, avaliado pelo peso dos nódulos após secagem, para as três leguminosas florestais avaliadas (Tabela 4).

As proporções de 16,7 e 23,1% de composto na mistura, foram prejudiciais ao desenvolvimento nodular, numa fase em que é importante o estabelecimento de nódulos eficientes. A redução da nodulação devido ao aumento do teor de composto na mistura pode estar relacionada com uma maior disponibilidade de nitrogênio. No solo a liberação do N orgânico é gradual, pela atividade dos microrganismos na mineralização da matéria orgânica, permitindo um contínuo suprimento deste elemento durante o crescimento das culturas (Sanchez, 1976). Em soja, a redução de peso de matéria seca de nódulos em alguns solos foi atribuída à mineralização de N-mineral da matéria orgânica (Oliveira & Vidor, 1984). Além da relação com a disponibilidade de nitrogênio, o pH do solo também parece ter sido um fator com influência na redução da nodulação.

Em substratos com pH maior que 7, a nodulação foi reduzida em todas as espécies. Outros autores verificaram que a aplicação de composto de lixo em solo ácido pode elevar o pH do solo (Escosteguy, 1989; Moraes, 1990). É possível que o efeito do pH tenha sido indireto pelo incremento da mineralização e da disponibilidade de  $NO_3^-$  para as mudas.

A adição de N mineral e a inoculação com as estirpes, reduziu o peso dos nódulos secos das 3 espécies de leguminosas arbóreas (Tabela 4). As maiores massas de nódulos foram observadas em substratos sem adição

de composto e sem adubação nitrogenada. Os nódulos encontrados em palheteira foram esféricos do tipo desmodioides, de cor creme. Em bordão-de-velho estes apresentavam formato de bastão, com boa consistência e cor interna rosa e, para a timbaúva, foram observados nódulos mais bem desenvolvidos, coraloides e localizados na raiz principal das mudas.

**Tabela 4.** Peso dos nódulos secos (mg vaso<sup>-1</sup>) de três leguminosas arbóreas em resposta à inoculação de estirpes de rizóbios, e a adubação nitrogenada em vasos com diferentes proporções de composto de lixo urbano no substrato. Média de três repetições.<sup>1 2</sup>

Doses de nitrogênio (kg há <sup>-1</sup> )	Estirpes	Proporção do composto (%)				Média
		0,0	9,1	16,7	23,1	
<i>Bordão-de-velho (Albizia saman)</i>						
0	INPA 541	184	12	6	6	52 a
0	SEMIA 6403	201	58	2	2	66 a
80	INPA 541	9	2	2	2	4 a
80	SEMIA 6403	12	12	3	2	7 a
	Média	102 A	21 B	3 C	3 C	
<i>Palheteira (Clitoria fairchildiana)</i>						
0	INPA 650	175	52	8	2	59 a
0	INPA 628	129	89	10	2	58 a
0	INPA 605	127	38	7	0	44 a
80	INPA 650	18	5	3	0	7 a
80	INPA 628	19	9	2	1	8 a
80	INPA 605	22	6	1	0	8 a
	Média	82 A	33 B	6 C	1 C	
<i>Timbaúva (Enterolobium contortisiliquum)</i>						
0	SEMIA 6169	133	159	16	23	83 a
0	SEMIA 6408	105	28	14	7	39 ab
80	SEMIA 6169	44	21	8	5	20 b
80	SEMIA 6408	22	4	14	15	14 b
	Média	76 A	53 AB	13 B	13 B	

<sup>1</sup> Valores seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

<sup>2</sup> Coeficientes de variação (%): 47,7, 73,3 e 123,3, respectivamente para bordão-de-velho, palheteira e timbaúva.

A presença do composto no substrato afetou a infectividade de cada estirpe de acordo com a espécie pesquisada. A estirpe INPA 541 produziu baixa massa nodular em bordão-de-velho, na presença do composto, já a estirpe SEMIA 6408, em timbaúva, apresentou alta capacidade de sobrevivência e multiplicação no nível de 9,1% de composto, o que não foi verificado em nenhuma outra estirpe. Estes resultados são comparáveis aos de Evans & Kamprath, (1970), que notaram diferenças na variabilidade entre estirpes que permitiram adaptações para diferentes teores de matéria orgânica do solo.

O uso de composto aumentou o conteúdo de nitrogênio total das três espécies estudadas (Tabela 5). A concentração de N no tecido foliar foi maior em bordão-de-velho que no tratamento sem composto, apresentou conteúdo de 4,1%, com média geral de 4,6%. Para a timbaúva, a média foi de 2,9% e, em palheteira, 2,8%. Na Tabela 5, observa-se que o N total na ausência do composto foi menor nas três espécies, indicando que a fixação simbiótica não foi suficiente para proporcionar o máximo rendimento neste substrato, o que demonstra a necessidade da presença de composto na mistura do substrato para obtenção de mudas adequadas para o plantio. Nas duas maiores doses de composto não foram observadas diferenças no N total entre plantas que receberam ureia. De acordo com Malavolta et al. (2000), quando a disponibilidade de N no solo aumenta, desaparecem as diferenças entre fontes de N na nutrição das plantas. De modo geral, nas três leguminosas avaliadas não ocorreram diferenças na eficiência das estirpes na ausência de N ou com a aplicação de 80 kg de N ha<sup>-1</sup>. Deve ser considerado que em função do longo período de crescimento das espécies, uma média de 160 dias, a dose de N aplicada, mesmo que parceladamente, pode ter sido baixa.

Com a adição crescente de composto no substrato e a prática da inoculação de estirpes de rizóbios a nodulação de leguminosas florestais pode ser seriamente restringida. Na análise conjunta do peso dos nódulos secos e do nitrogênio total das plantas (Figura 1), observa-se que há um padrão inverso desses dois parâmetros para as três espécies estudadas. Com o aumento das doses de composto no substrato, há uma redução no peso dos nódulos secos e um aumento nas quantidades de nitrogênio total nas plantas, sugerindo uma possível interseção para determinar a concentração ideal de composto no substrato de preparo de mudas florestais noduladas. Este fato é possivelmente em decorrência da adição de composto que disponibiliza N mineralizado e contribui para promover um bom desenvolvimento das plantas.

**Tabela 5.** Nitrogênio total (mg vaso<sup>-1</sup>) de três leguminosas arbóreas em resposta à inoculação de estirpes de rizóbios, e a adubação nitrogenada em vasos com diferentes proporções de composto no substrato. Média de três repetições.<sup>\*1\*2</sup>

Doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Estirpes	Proporção do composto (%)				Média
		0,0	9,1	16,7	23,1	
<i>Bordão-de-velho (Albizia saman)</i>						
0	INPA 541	32	81	59	85	64 ab
0	SEMIA 6403	42	112	94	90	85 a
80	INPA 541	45	71	60	57	58 b
80	SEMIA 6403	40	83	60	106	73 ab
	Média	40 B	87 A	68 A	85 A	
<i>Palheteira (Clitoria fairchildiana)</i>						
0	INPA 650	26	50	75	85	59 a
0	INPA 628	23	76	72	79	63 a
0	INPA 605	33	70	85	82	68 a
80	INPA 650	36	72	87	69	66 a
80	INPA 628	46	88	86	87	77 a
80	INPA 605	44	69	85	99	75 a
	Média	35 B	71 A	82 A	84 A	
<i>Timbaúva (Enterolobium contortisiliquum)</i>						
0	SEMIA 6169	23	82	77	96	70 a
0	SEMIA 6408	32	83	67	97	70 a
80	SEMIA 6169	19	49	96	92	64 a
80	SEMIA 6408	14	49	96	92	63 a
	Média	22 B	66 A	85 A	92 A	

<sup>\*1</sup> Dados transformados para  $\sqrt{x + 1}$ . Valores seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>\*2</sup> Coeficientes de variação (%): 30,0, 25,8 e 36,8 respectivamente para bordão-de-velho, palheteira e timbaúva.

Embora a adição de matéria orgânica ao substrato aumente a disponibilidade de nutrientes e reduza a acidez, níveis excessivos de composto de lixo urbano podem substituir o suprimento de nitrogênio da fixação biológica de N<sub>2</sub> para mudas de leguminosas inoculadas devido ao nitrogênio mineralizado da fração orgânica presente na mistura. Assim, as misturas com 16,7 e 23,1% de composto (correspondentes a proporções de 3:2:1,0 e 3:2:1,5 v/v de solo argiloso, areia e composto), convencionalmente usadas na produção de mudas florestais, podem ter sido excessiva para a produção de mudas inoculadas de bordão-de-velho e palheteira. Dentre as misturas avaliadas, os resultados experimentais demonstraram que na impossibilidade de obtenção de estirpes tolerantes a níveis elevados de composto, o substrato adequado para a produção de mudas de leguminosas arbóreas deve ser constituído por proporções de composto abaixo de 91 g kg<sup>-1</sup>.

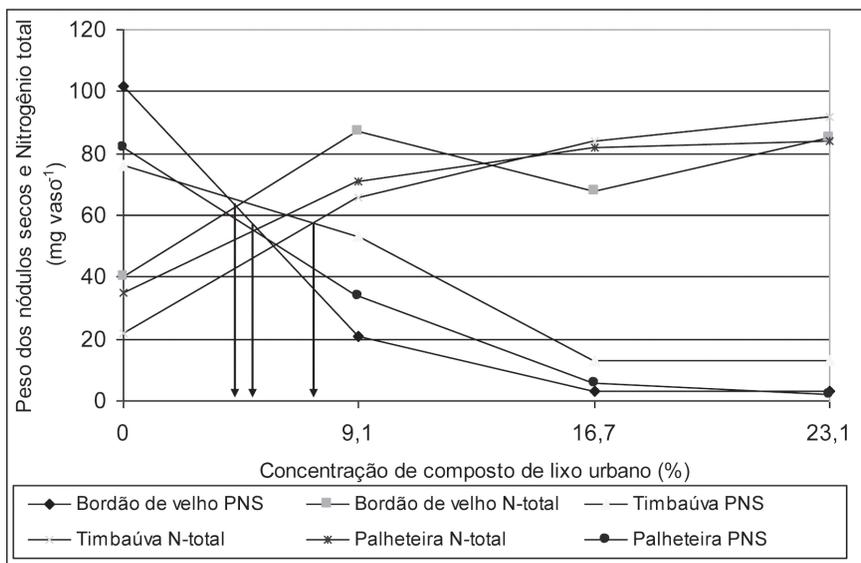


Figura 1. Efeito da concentração de composto de lixo urbano no peso dos nódulos secos (PSN) e nitrogênio total (N-total) nas mudas de três leguminosas arbóreas submetidas à inoculação.

## CONCLUSÕES

O uso de composto de lixo urbano no substrato de produção de mudas, aumenta o pH e a disponibilidade de nutrientes das misturas, com correspondente elevação do rendimento de matéria seca da parte aérea das mudas e na absorção de nitrogênio. Entretanto, foi identificada uma redução na nodulação na palheteira, timbaúva e bordão-de-velho, com o aumento progressivo das doses de composto na mistura substrato. As estirpes de rizóbios usadas como inoculante, apresentaram diferenças na sua capacidade infectiva e efetividade com os diferentes níveis de composto de lixo urbano aplicados. A estirpe SEMIA 6408 inoculada em timbaúva e a estirpe SEMIA 6403 inoculada em bordão-de-velho foram eficientes e mostraram potencial para uso como inoculante das duas espécies. Na fase viveiro, o uso de adubo nitrogenado pode ser dispensável, desde que se faça a inoculação das sementes com rizóbios. Os resultados experimentais demonstraram que a concentração de composto orgânico na produção de mudas de leguminosas arbóreas inoculadas com rizóbios deve ser menores que  $91 \text{ g kg}^{-1}$  do volume total do substrato, para que as mudas possam apresentar boa nodulação por ocasião do plantio. Para obtenção desta proporção a melhor mistura testada foi do tipo 3:2:0,5 de solo, areia e composto de lixo urbano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arco-Verde, M. & Moreira, M.A.B. 1998. *Viveiros Florestais. Construção, custos, cuidados e atividades desenvolvidas para a produção de mudas*. Embrapa-CPAF, RR, Documentos 3, Boa Vista, 32p.

Batalha L.S. 1993. *O efeito da composição do substrato na produção de mudas de morototó (Schefflera morototoni) na condição tropical úmida da região de Manaus, AM*. UTAM, 43p.

Caldeira, M.V.W.; Schumacher, M.V. & Tedesco, N. 2000. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, (57): 161-170.

Dobereiner, J. 1967. Efeito da inoculação de sementeiras de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) no estabelecimento e desenvolvimento de mudas no campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*., Rio de Janeiro, 2: 301-305.

EMBRAPA, 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 2<sup>ed</sup>, 212p.

Escosteguy, P.A. V. 1989. *Utilização de composto de lixo domiciliar como fertilizante e ocorrência de microrganismos enteropatogênicos*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 129p. Dissertação de Mestrado em Agronomia.

Evans, C.E. & Kamprath, E.J. 1970. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 34: 893-896.

Franco, A.A. & Neves, M.C.P. 1992. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. (Coords.) *Microbiologia do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, Cap. 16, p. 219-230.

Franco, A.A. & Faria, S.M. 1997. The contribution of N<sub>2</sub> fixing tree legumes to land reclamation and sustentability in the tropics. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 29 (5/6): 897-903.

Malavolta, E.; Pimentel-Gomes, E. & Alarde, J.C. 2000. Fertilizantes orgânicos. In: *Adubos e adubações*. Editora Nobel, São Paulo, p. 62-74.

Marques, L.C.T. 1982. Produção de mudas de Freijó (*Cordia goeldiana* Huber). Belém, EMBRAPA, CPATU. 13p. (Circular Técnica N° 36).

Marques, L.C.T. 1982. *Produção de mudas de freijó (Cordia goeldiana Huber)*. EMBRAPA/CPATU, Belém, PA, Circular Técnico N° 36. 13p.

Marques, L.C.T. & Brienza Júnior, S. 1983. *Informações sobre a fase viveiro de algumas espécies florestais na Amazônia Brasileira*. Belém, EMBRAPA, CPATU. 10p. (Boletim de Pesquisas N° 49).

Moraes, S.P. 1990. *Utilização de composto de lixo urbano em solo agrícola*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 104p. Dissertação de Mestrado em Agronomia, 1990.

Nicoloso, F.T.; Fortunato, R.P.; Zanchetti, F.; Cassol, L.F. & Eisinger, S.M. 2000. Recipientes e substratos na produção de mudas de *Maytenus ilicifolia* e *Apuleia leiocarpa*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30 (6): 987-992.

Oliveira, L.A.O. & Vidor, C. 1984. Capacidade competitiva de estirpes de *Rhizobium japonicum* em solos com alta população deste *Rhizobium*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20: 755-759.

Ribeiro Júnior, W.Q.; Franco, A.A.; Lopes, E.S. 1986. Eficiência e competitividade de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. para *Enterolobium contortisiliquum* em latossolo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10: 219-225.

Sanchez, P.A. 1976. *Properties and management of soils in the tropics*. New York, J. Wiley. Cap. 5: Soil Organic Matter. p. 163-183.

Souza, L.A.G. 1994. A importância da produção de mudas nas propriedades. *Informativo Agroflorestal*, REBRAAF, Rio de Janeiro, v. 6 (1): 3-5.

Vincent, J. 1970. *A manual for the practical study of root-nodule bacteria*. IBP Handbook N° 15, Blackwell Scientific Publications, Oxford.



# EFEITO DA ADIÇÃO DE CARVÃO E SERRAGEM EM SOLO LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL NO DESENVOLVIMENTO E NODULAÇÃO NATURAL DE FEIJÃO-CAUPI

Newton Paulo de Souza FALCÃO<sup>1</sup>, Luiz Augusto Gomes de SOUZA<sup>2</sup>,  
Danielle Monteiro de OLIVEIRA<sup>3</sup>

## Palavras-chave:

Agricultura, Amazônia, *Vigna unguiculata*,  
Terra firme, Produção de Grãos

## INTRODUÇÃO

Na Amazônia, sabe-se que a maior parte dos solos da terra firme possui acidez elevada e baixa fertilidade natural, compreendendo principalmente a classe dos Latossolos (Oxisolos) e Argissolos (Ultissolos) que são derivados de sedimentos pobres como o argilito e o arenito. Estas classes de solo correspondem a 74,7% dos solos da terra firme da região (Nicholaides et al., 1983). Reconhecendo-se à escassez de nutrientes devida à baixa fertilidade natural destas classes de solos, há uma demanda tecnológica para o manejo agrícola, considerando-se o uso de aditivos como o carvão ou fontes alternativas de matéria orgânica de baixo custo disponível nos agroecossistemas ou em áreas próximas.

A fase inicial de perturbação da cobertura florestal da Amazônia é da extração madeireira, seguida do uso agrícola, em maior ou menor escala, ou estabelecimento de pastagens. Assim, inúmeras serrarias na região têm disponibilidade de pó de serra (ou serragem) que é uma fonte orgânica por vezes abundante. Em muitas cidades da região, esses excedentes poderiam potencialmente ser mais bem aproveitados na reposição da maté-

1 Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: nfalcao@inpa.gov.br;

2 Coordenação Sociedade Ambiente e Saúde, CSAS/INPA, Manaus, AM;

3 Programa de Pós-graduação Agricultura no Trópico Úmido, INPA, Manaus, AM.

ria orgânica do solo, contribuindo para a melhoria de suas propriedades químico-físicas e para o manejo produtivo. Entretanto, segundo Teixeira (1981), deve-se ter cuidado com o excesso de aplicação de serragem no solo já que este material possui alta relação C/N, que pode estimular os processos biológicos de imobilização do nitrogênio afetando a ciclagem de nutrientes. À medida que a serragem se decompõe o nitrogênio vai ficando indisponível no solo, retido na biomassa microbiana, e, em decorrência as plantas cultivadas nestas condições podem apresentar folhas amareladas, o que é um sintoma conhecido de deficiência de N. Para diminuir os processos de imobilização e reduzir a relação C/N, é muitas vezes conveniente complementar a introdução de compostos ricos em carbono no solo com outros ricos em nitrogênio, tais como as folhas de plantas leguminosas.

As pesquisas sobre sistemas de produção agrícola em longo prazo na Amazônia Central são uma prioridade. Na terra firme, a classe dos Latossolos compreende a maior área, cujas características principais são a presença da argila caulinita, de baixa atividade, acidez elevada e alta saturação de alumínio trocável que é potencialmente tóxico para as plantas. Nestes solos, embora uma floresta exuberante originalmente se estabeleça, registram-se baixos níveis de fósforo e de matéria orgânica que, após a remoção da mata, levam as deficiências de nitrogênio estimadas em mais de 90% da área de cobertura (Sanchez et al., 1982), seguido da redução da produtividade dos cultivos e abandono temporário da área que passa a ser recoberta por capoeiras. As limitações nutricionais nos Latossolos inviabilizam uma exploração permanente por parte dos agricultores, sem que haja reposição dos nutrientes por fertilizantes minerais ou orgânicos. A ausência de orientação técnica adequada e o alto custo dos adubos minerais dificultam essa prática. Adicionalmente a baixa valorização dos produtos agrícolas de subsistência limita o poder aquisitivo dos produtores (Fernandes, 1982).

Na Amazônia Central os Latossolos Amarelos tem importância agrícola pela extensão de sua área de ocorrência. São solos caracterizados por perfis profundos de pelo menos 1,50 m, assentados sobre argilitos da Formação Barreiras (Ranzani, 1980). Os Latossolos são solos muito antigos, ácidos a fortemente ácidos, com menos de 4% de minerais intemperizáveis, boa drenagem e teores de argila quase sempre elevados (Prado, 2003). A exploração permanente desta classe de solos requer práticas de manejo com ênfase para a reposição de seus estoques de matéria orgânica, em níveis capazes de amenizar suas características adversas à produção e elevar os estoques de nutrientes essenciais para os cultivos. A escolha dos materiais e a proporção destes no solo dependem da disponibilidade e do custo.

Além da necessidade de manter os níveis de matéria orgânica do solo, é possível que outros produtos possam ser adicionados para melhorar suas propriedades físico-químicas e biológicas. O fino de carvão e o extrato pirolenhoso, são subprodutos obtidos da queima da madeira para o preparo de carvão vegetal e são considerados promissores para a utilização na agricultura. A adição de carvão vegetal ao solo já é praticada há muito tempo no Japão e algumas pesquisas tem sido desenvolvidas no Brasil para uso deste material.

Na América do Sul, a prática de preparo da terra pelo corte e queima é secular, porém, mas não há uma preocupação no aproveitamento de seus excedentes (Tsuzuki, 2000). O fino de carvão, subproduto do peneiramento na classificação do carvão vegetal, tem uma estrutura altamente porosa que, se misturado ao solo ou substrato, pode aumentar a porosidade, a capacidade de retenção de água e facilitar a proliferação de microrganismos benéficos. Segundo Miyasaka et al., (2001), o produto pode ser utilizado na forma de pó, na granulação de 2 a 5 mm, de preferência umedecido com uma solução de extrato pirolenhoso a  $20 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$  e ser aplicado no solo, na base de 500 a 700  $\text{g m}^{-2}$ , uma semana antes da semeadura ou plantio do cultivo de interesse.

Na região amazônica, devido às limitações nutricionais inerentes dos solos da terra firme, o feijão-caupi é cultivado principalmente em solos de várzea, correspondendo a somente 1,6% da produção brasileira (Andrade et al., 1993). Esta cultura é caracterizada pela relevância social, no contexto da segurança alimentar e abastecimento familiar. Adicionalmente é um cultivo tropical, que prefere temperaturas acima de 25°C, precipitações anuais bem distribuídas e maiores que 1500 mm e umidade relativa do ar também elevada em torno de 80% (Cravo & Smyth, 2005).

Considerando-se que o principal desafio para a expansão das áreas de cultivo do feijão-caupi são os solos da terra firme, foi pesquisado o efeito de doses crescentes de carvão e de pó de serra nas características químicas do solo e no desenvolvimento e nodulação de feijão-caupi em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Foi conduzido um experimento de campo na Estação Experimental de Fruticultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, EEFT-INPA, localizada na BR-174, km 45, em solo Latossolo Amarelo textura muito argilosa. As coordenadas geográficas do local foram: 02°37'20,0" S e 60°02'45,3" W.

O local selecionado foi desmatado para o plantio de fruteiras tropicais. Em maio de 2006 foi adicionado na área 10 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico constituído por uma mistura do tipo 2:1:1 de esterco de gado, resíduo de feira e resíduo de peixe. Em seguida, foram estabelecidos quatro blocos com suas respectivas parcelas, que receberam doses crescentes de pó de serra e de carvão. Na combinação destas duas fontes orgânicas foram consideradas quatro doses de carvão: 0, 40, 80 e 120 t ha<sup>-1</sup> e quatro doses de pó de serra: 0, 40, 80 e 120 t ha<sup>-1</sup>. O desenho experimental foi em blocos ao acaso, obedecendo a um arranjo fatorial 4 x 4 (correspondente a quatro doses de pó de serra e quatro doses de carvão), num total de 16 tratamentos, com quatro repetições.

Com o propósito de estabelecer ciclos sucessivos de cultivo na área, em maio de 2006 foi implantado o primeiro cultivo constituído por milho, que foi colhido em setembro. Após a colheita do milho amostras de solo da área experimental foram coletadas a 10 cm de profundidade e analisadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP, do INPA. As determinações químicas foram realizadas, segundo a metodologia descrita pela EMBRAPA (1999). Para as análises de Ca, Mg e Al foram feitas extrações com KCl 1N, e o Ca e o Mg e foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e, o Al, foi por titulado. Para as determinações de P e K foram realizadas extrações com solução de Mellich 1. O P foi determinado no espectrofotômetro por colorimetria com molibdato de amônia e ácido ascórbico, enquanto o pH foi determinado em H<sub>2</sub>O na proporção solo: solução de 1:2,5 e a leitura das amostras foi realizada no potenciômetro.

Após esta amostragem do solo foi feita uma correção com NPK, e conduzido um segundo plantio de milho, instalado em março de 2007, com as plantas sendo colhidas no mês de junho. O plantio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), refere-se ao terceiro cultivo, efetuado em junho de 2007, feito com a variedade “Ipean V-69”. Para a implantação, praticou-se a semeadura direta de 1-3 sementes por cova. Cada parcela foi arranjada em cinco linhas com 10 plantas por linha, em espaçamento 1 m entre linhas e 0,30 cm entre covas. Entre cada parcela o espaçamento de 1 m foi obedecido. A colheita do feijão-caupi foi conduzida em agosto de 2007, quando as plantas apresentavam 82 dias após o cultivo, e estavam no fim do florescimento e início do enchimento das vagens. Foram coletadas três plantas da linha principal, considerando-se as linhas laterais como bordadura.

Na colheita do feijão-caupi as plantas eram removidas inteiras com o auxílio de um enxadeco, e seccionadas no nível do colo, separando-se a parte aérea das raízes. A parte aérea foi também separada em folhas e talo + vagens. A eficiência da nodulação natural foi avaliada pela contagem do número e biomassa seca dos nódulos. A secagem de material vegetal foi conduzida em estufa regulada a 65° por 72 h. Uma amostra das folhas foi moída e utilizada para determinações da concentração de N foliar, que foi conduzida após digestão sulfúrica seguida de uma destilação pelo método micro-Kjeldahl, no LTSP.

Para comparação dos tratamentos considerou-se o peso da parte aérea, raízes, talo+vagens, folhas, matéria seca total, relação raiz/parte aérea e o peso específico dos nódulos. A relação raiz/parte aérea foi obtida pelo produto do peso das raízes sobre o da parte aérea. O peso específico dos nódulos foi determinado pela razão entre o peso dos nódulos (mg) pelo número de nódulos.

Para estabelecer diferenças entre tratamentos, os dados foram submetidos a análise de variância, empregando-se o programa estatístico Estat, e as comparações entre médias foram feitas pelo teste de Tukey a 1 ou 5% de probabilidade. O uso do índice de correlação de Pearson foi empregado para identificar as regressões significativas.

## EFEITO DO PÓ DE SERRA E CARVÃO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

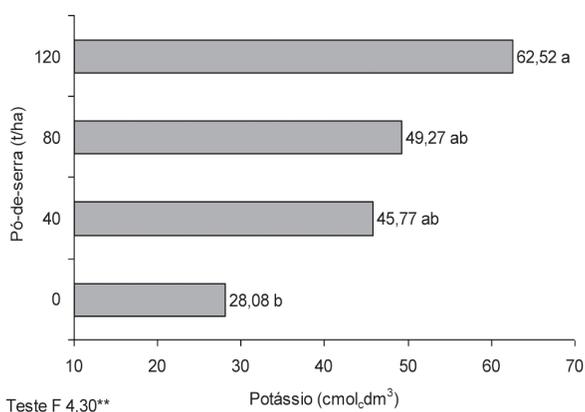
A adição de pó de serra e carvão ao solo afetaram algumas de suas características químicas do solo e os resultados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Efeito de doses crescentes de pó de serra (PS) e carvão (C), sobre as características químicas em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, preparado para o cultivo de feijão-caupi.\*1

Características químicas do solo	Teste F		
	Pó de serra	Carvão	Interação PS x C
pH (H <sub>2</sub> O)	2,98*	1,62 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
P mg dm <sup>-3</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>
K mg dm <sup>-3</sup>	4,30**	1,41 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	7,92**	0,78 <sup>ns</sup>
Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,76 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,42 <sup>ns</sup>	2,89*	1,16 <sup>ns</sup>

\*1\* Significativo a 5% de probabilidade; \*\* Significativo a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

Como pode ser verificado a adição de serragem ao solo afetou significativamente os valores do pH e a disponibilidade de potássio para as plantas. A principal importância do pH no crescimento das plantas é atribuída ao efeito que exerce sobre a disponibilidade de nutrientes (Waller & Wilson, 1984). Por outro lado, a adição de carvão ao solo, modificou sua disponibilidade de Ca e os níveis de  $Al^{3+}$ . A ausência de efeito significativo para a interação entre as doses de serragem e carvão sobre as características químicas do solo sugerem que esses dois materiais adicionados têm efeitos isolados. Considerando-se o efeito favorável da adição de serragem ao solo sobre a disponibilidade de potássio, os resultados das determinações estão apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Efeito de doses crescentes de pó de serra na disponibilidade de potássio em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, preparado para o cultivo de feijão-caupi.

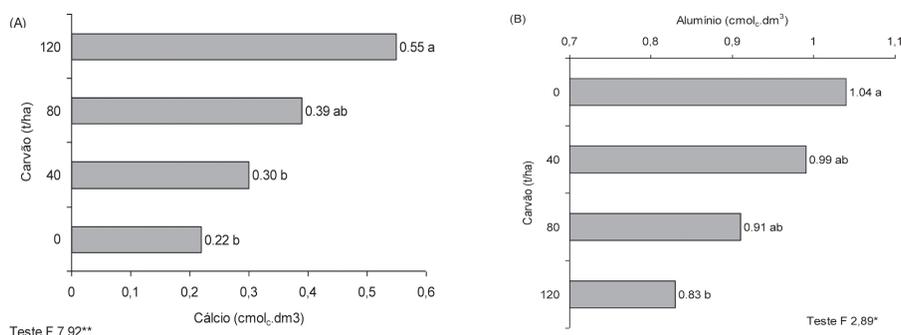
Observa-se que os menores valores de potássio foram determinados na ausência de pó de serra, indicando que este material orgânico pode ser uma importante fonte de potássio em Latossolo Amarelo da Amazônia. Na dose mais elevada de pó de serra de 120 t ha<sup>-1</sup>, os valores de potássio do solo duplicaram, em níveis 2,2 vezes maior que na ausência de pó de serra e foram altamente significativos ( $P < 0,01$ ). Os dados demonstraram que a adição de 40 t ha<sup>-1</sup> de pó de serra ao solo já incrementa 1,6 vezes os teores de potássio disponíveis no solo. Para cultivos exigentes em potássio como a banana (Neves et al., 1991) o uso de pó de serra pode ser uma prática agrícola recomendável para incrementar os valores de potássio no solo.

Avaliando-se o efeito da adição combinada de serragem e carvão ao solo foi também verificado que os níveis de fósforo e magnésio do solo não foram afetados, independente dos níveis adicionados. A adição de serragem não

interferiu na disponibilidade de cálcio ou na neutralização do alumínio trocável do solo, e, por outro lado, os aportes de carvão não afetaram os níveis de potássio no solo ou amenizaram a acidez do solo, demonstrando que o tamponamento de pH em solo Latossolo Amarelo é alto, o que concorda com outros trabalhos já realizados na Amazônia (Amaral et al., 1998).

A ausência de contribuição significativa dos níveis de serragem e carvão sobre a disponibilidade de fósforo pode ser um fator limitante para o estabelecimento da cultura do feijão-caupi. Cravo & Smyth (2005) realizando estudos sobre a fertilidade dos solos de áreas que vêm sendo cultivadas continuamente com feijão-caupi observaram, em 82 amostras analisadas, que o P, K, Ca e Mg são os elementos mais limitantes ao desenvolvimento da cultura.

Considerando-se que a adição de carvão ao solo Latossolo Amarelo afetaram significativamente a disponibilidade de cálcio e os níveis de alumínio trocável do solo, as determinações efetuadas estão apresentadas na Figura 2.



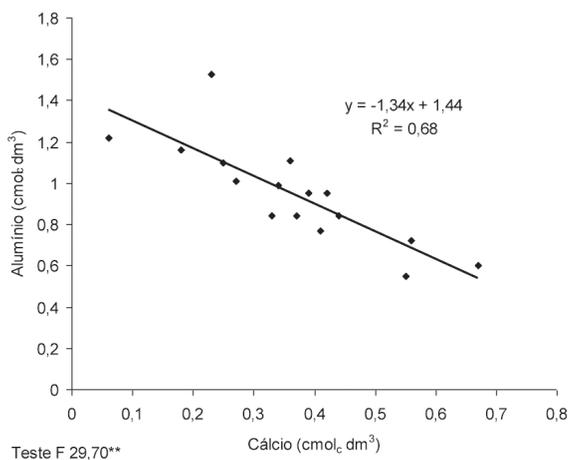
**Figura 2.** Efeito de doses crescentes de carvão na concentração de cálcio (A) e alumínio (B) em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, preparado para o cultivo de feijão-caupi.

Como pode ser observado, efeito do da disponibilidade do cálcio sobre o alumínio trocável é inverso, sugerindo um efeito similar ao da calagem convencional praticada nos solos agrícolas. Para o cálcio, verificou-se que a dosagem de 120 t ha<sup>-1</sup> de carvão aumentou significativamente ( $P < 0,01$ ) a disponibilidade deste elemento comparado ao tratamento de 0 e 40 t/ha de carvão (Figura 2-A). No maior nível de carvão, os valores de Ca no solo aumentaram 2,5 vezes comparados a ausência deste condicionante.

O incremento da disponibilidade de cálcio no solo neutralizou progressivamente os níveis de Al<sup>3+</sup> de modo que, quando o carvão foi adicionado na dose de 120 t ha<sup>-1</sup> os níveis tóxicos deste elemento perderam seu potencial prejudicial e limitante ao estabelecimento dos cultivos, passando de

valores excessivos a medianos, o que correspondeu a uma neutralização de 20,2% da atividade tóxica do alumínio conforme pode ser observado na Figura 2-B. Sabe-se que mesmo pequenas reduções na toxidez de alumínio em solos de acidez elevada pode favorecer o desenvolvimento das plantas cultivadas nestes solos. Por outro lado, Smyth e Cravo (1992) não encontraram resposta do feijão-caupi à calagem num Latossolo Amarelo muito argiloso de Manaus, após três anos de cultivo contínuo, com o solo apresentando saturação por alumínio igual 30%. Segundo os autores, esse resultado é consistente com outros estudos, que também mostraram que o feijão-caupi é uma planta que apresenta grande tolerância ao alumínio do solo.

Considerando-se que a adição de doses crescentes de carvão ao solo Latossolo Amarelo incrementaram os níveis de Cálcio e reduziu o  $Al^{3+}$ , o efeito de um elemento sobre o outro foi correlacionado. Os resultados significativos desta correlação estão apresentados na Figura 3. Como pode ser observado foi encontrada uma regressão linear negativa com  $R^2$  de 0,68, demonstrando que o aumento dos teores de cálcio no solo, propiciado pelas adições crescentes de carvão, contribuiu significativamente ( $P < 0,01$ ) para a neutralização do alumínio.



**Figura 3.** Efeito da adição de doses crescentes de carvão na correlação entre cálcio e alumínio em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, preparado para o cultivo de feijão-caupi.

### EFEITO DA SERRAGEM E DO CARVÃO NO DESENVOLVIMENTO DE FEIJÃO-CAUPI EM LATOSSOLO AMARELO

Durante o período experimental o feijão-caupi se desenvolveu satisfatoriamente, e somente nas parcelas do tratamento controle as plantas apre-

sentavam alguma restrição de desenvolvimento, com algumas perdas. Aos 82 dias, estas em grande parte estavam com crescimento vigoroso. Em algumas plantas registrou-se a presença de lagartas e coleópteros, sem dano econômico. A planta pioneira mais frequente na área experimental foi o capim pacuã (*Homolepis aturensis*), e ocasionalmente desmódio (*Alysicarpus ovalifolius*), maliça (*Mimosa pudica*) e carrapicho-beiço-de-boi (*Zornia latifolia*).

O desenvolvimento do feijão-caupi aos 82 dias após o plantio não foi afetado pelas doses crescentes de serragem adicionadas ao solo ( $P > 0,01$ ), mas as respostas foram altamente significativas para a adição de doses de carvão, conforme pode ser observado na Tabela 3. É possível que a ausência de respostas do feijão-caupi à adição de serragem ao solo tenha sido influenciada pela velocidade de mineralização deste material, uma vez que compostos fibrosos muito ricos em taninos, celulose e polifenóis, e que apresentam relação C/N alta, podem ter decomposição mais lenta no solo (Stratton et al., 1998), o que são características tipicamente identificadas no pó de serra.

**Tabela 3.** Efeito de doses crescentes de pó de serra (PS) e carvão (C), em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, sobre o desenvolvimento em biomassa seca de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), aos 82 dias após o plantio.\*<sup>1</sup>

Variáveis da planta <sup>2</sup>	Teste F		
	Pó de serra	Carvão	Interação PS x C
Parte aérea seca (g)	2,23 <sup>ns</sup>	8,79**	1,60 <sup>ns</sup>
Raízes secas (g)	2,77 <sup>ns</sup>	5,77**	1,45 <sup>ns</sup>
Caule e vagens secas (g)	1,93 <sup>ns</sup>	8,02**	1,67 <sup>ns</sup>
Folhas secas (g)	2,42 <sup>ns</sup>	8,52**	1,53 <sup>ns</sup>
Matéria seca total (g)	2,33 <sup>ns</sup>	8,74**	1,67 <sup>ns</sup>
Relação raiz/parte aérea	2,80 <sup>ns</sup>	4,07**	1,33 <sup>ns</sup>

\*<sup>1</sup> \* Significativo a 5% de probabilidade; \*\* Significativo a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

<sup>2</sup> Peso específico dos nódulos em mg nódulo<sup>-1</sup>, N-total da parte aérea e N-total das folhas em mg planta<sup>-1</sup>.

A adição de carvão ao solo influenciou o desenvolvimento da parte aérea, raízes, talo + vagens, folhas, e matéria seca total do feijão-caupi, bem como a relação raiz/parte aérea das plantas, o que, dentre outros fatores, pode ter sido favorecido pela maior disponibilidade de cálcio e redução nos níveis de  $Al^{3+}$ . Helyar (1978) considera níveis excessivos de  $Al^{3+}$  no solo causam declínio exponencial na produção da parte aérea vegetal e verificou que mesmo nas espécies mais tolerantes, este efeito se manifesta quando a acidez do solo é elevada. De fato, a toxidez de Al só é manifestada em ambiente ácido e a estratégia de elevar o pH do solo também é para neutralizar o seu efeito adverso, além de elevar a disponibilidade de outros nutrientes.

Segundo Veloso et al. (2000), embora o Al não seja um elemento essencial, em baixas concentrações, ele, algumas vezes, induz um aumento no crescimento ou propicia outros efeitos desejáveis. Souza (2003) trabalhando com gramíneas, verificou que nas altas concentrações de  $Al^{3+}$  no solo, o desenvolvimento radicular das plantas foi prejudicado. Segundo Lazof & Holland (1999), os adversos do  $Al^{3+}$  no solo, podem estar diretamente ligados à inibição da expansão e divisão celular nas raízes e bloqueio da absorção e transporte de nutrientes para a parte aérea. Spurr & Barnes (1982), consideram que níveis excessivos de  $Al^{3+}$  no solo inibem o desenvolvimento radicular das plantas e, dessa maneira, o substrato exerce uma influência determinante na arquitetura do sistema radicular, no estado nutricional das plantas, assim como na translocação de água no sistema solo-planta-atmosfera.

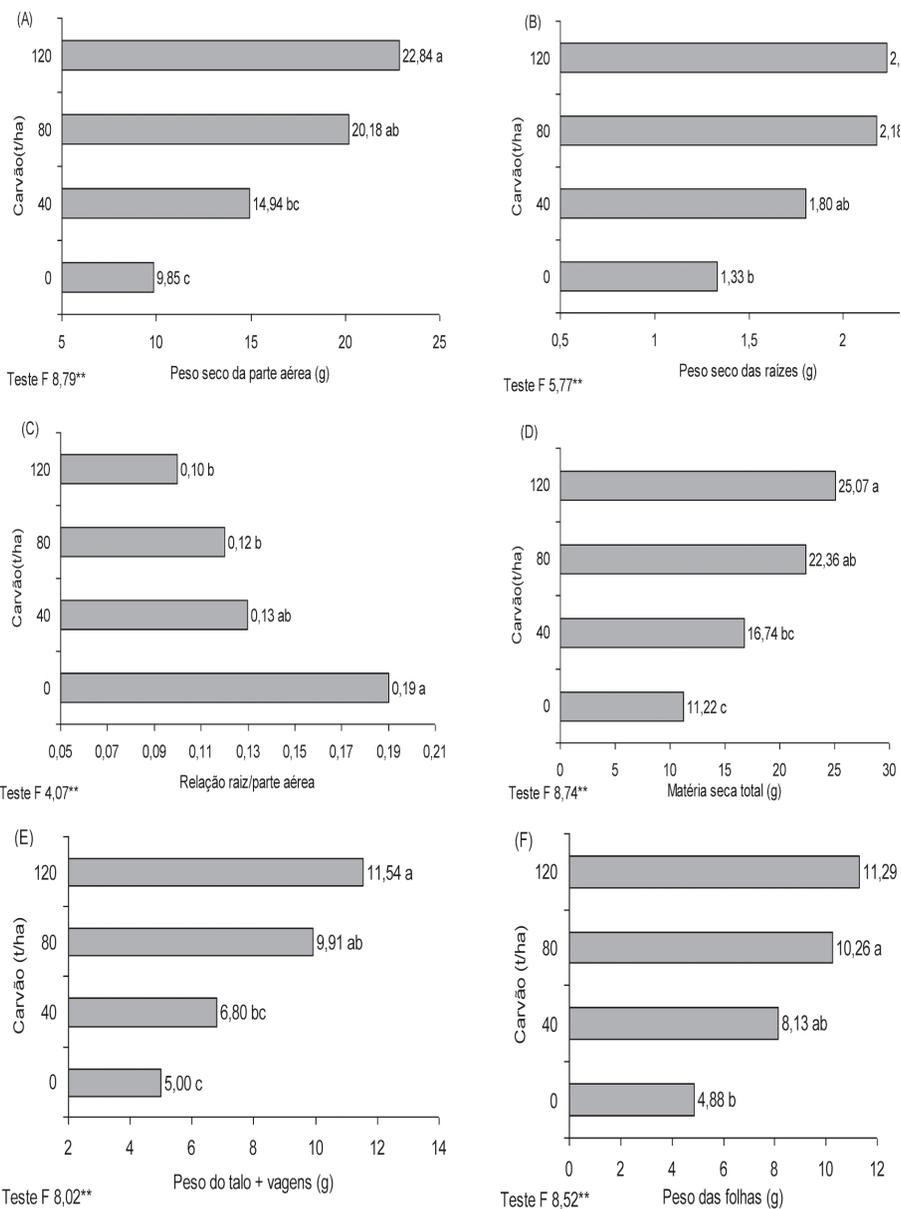
Adicionalmente, a ausência de interações significativas pela adição combinada de serragem e carvão sobre o desenvolvimento do feijão-caupi, sugere que estes são independentes em seus efeitos sobre o solo e a planta. Entretanto, as plantas que se desenvolveram no tratamento controle apresentaram desenvolvimento reduzido, comparado àquelas que receberam algumas das combinações de pó de serra e carvão. Os efeitos significativos da adição de carvão ao solo Latossolo Amarelo sobre o desenvolvimento do feijão-caupi estão apresentados na Figura 4.

Foi verificado que o incremento da biomassa da parte aérea seca do feijão-caupi (Figura 4-A), foi crescente com as doses de carvão aplicadas ao solo, e com o aporte de 80 e 120 t ha<sup>-1</sup> de carvão, as plantas dobraram o desenvolvimento da parte aérea seca em níveis de 2,2 e 2,3 vezes, respectivamente. Se considerarmos o incremento na disponibilidade de cálcio promovida pelo carvão, estas respostas concordam com Carva-

lho et al. (1998), que utilizaram 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário, permitindo uma fixação de N<sub>2</sub> suficiente para aumentar a concentração de nitrogênio, o que levou a um aumento da produção de matéria seca do feijão-caupi em solo Latossolo.

Embora o peso das raízes secas tenha sido menor que o da parte aérea, as plantas de feijão-caupi que receberam 80 e 120 t ha<sup>-1</sup> de carvão apresentaram desenvolvimento radicular significativamente maior que as plantas testemunhas (Figura 4-B), influenciando as taxas da relação raiz/parte aérea do feijão-caupi, que foram maiores no tratamento sem carvão comparado as plantas que receberam 120 t ha<sup>-1</sup> (Figura 4-C). Esse menor desenvolvimento radicular no tratamento testemunha também refletiu em uma parte aérea reduzida do feijão-caupi, pelas limitações relacionadas com uma menor captação de nutrientes. Uma taxa de relação raiz/parte aérea elevada significa que o crescimento radicular é alto comparado ao da parte aérea, assim em solos com baixa disponibilidade de nutrientes as raízes tendem a se diferenciar em busca dos nutrientes do solo, que são um recurso escasso, e este desenvolvimento não reflete diretamente na parte aérea da planta. Contrariamente, em solos mais férteis a planta apresenta maior desenvolvimento aéreo comparado ao das raízes, diminuindo esta relação.

O desenvolvimento total da planta, avaliado pela matéria seca total está apresentado na Figura 4-D. Não foram identificadas diferenças significativas entre os níveis de 80 e 120 t ha<sup>-1</sup> de carvão tanto para a biomassa da parte aérea como para a biomassa total, sugerindo que pode ser mais econômico para o produtor de feijão-caupi, nas condições deste experimento, adicionar 80 t ha<sup>-1</sup> de carvão ao solo, reduzindo os custos. O mesmo princípio pode ser complementado pelas informações obtidas para talos + vagens, onde os tratamentos com 80 e 120 t/ha de carvão apresentaram superioridade em comparação aos tratamentos que não receberam carvão (Figura 4-E). Para o desenvolvimento foliar, entretanto, verificou-se que a adição de 80 e 120 t/ha de carvão superaram significativamente as dosagens de 0 e 40 t ha<sup>-1</sup> deste material (Figura 4-F). Se por um lado para o pequeno produtor é mais econômico adicionar 80 t ha<sup>-1</sup> de carvão comparado a 120 t ha<sup>-1</sup>, para obter um desenvolvimento satisfatório das plantas de feijão-caupi, é possível que a adição de somente 40 t ha<sup>-1</sup> de carvão seja insuficiente para promover o desenvolvimento deste cultivo.



**Figura 4.** Efeito de doses crescentes de carvão em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, na produção de biomassa da parte aérea seca (A), raízes secas (B), talos e vagens secas (C), folhas secas (D) relação raiz/parte aérea (E) e matéria seca total (F) em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), aos 82 dias após o cultivo.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si no nível de 1 ou 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (P<0,05; P<0,01).

## EFEITO DO PÓ DE SERRA E CARVÃO NA NODULAÇÃO E ABSORÇÃO DE N<sub>2</sub> PELO FEIJÃO-CAUPI EM LATOSSOLO AMARELO

Ao considerarmos que o feijão-caupi é uma leguminosa herbácea nodulífera, e, portanto, forma associações eficientes com bactérias do solo do grupo dos rizóbios, outras variáveis precisam ser consideradas na pesquisa para que o entendimento das respostas se complete. Assim, o efeito da adição combinada de carvão e serragem foi também avaliado para as características da nodulação e absorção de nitrogênio na planta do feijão-caupi. Estas informações estão disponíveis na Tabela 4.

Concordando com resultados anteriores, isoladamente as doses crescentes de serragem não afetaram as características da nodulação e absorção de N do feijão caupi. Por outro lado, a adição de carvão ao solo afetou tanto o número e peso dos nódulos como o nitrogênio total na parte aérea e nas folhas do feijão-caupi aos 82 dias após o plantio. A ausência de interações significativas entre carvão e serragem consolida a informação de que cada uma destas fontes orgânicas tem efeitos independentes quando adicionadas conjuntamente ao solo também para variáveis da nodulação e absorção de N. Foi também demonstrado que a adição de carvão ao solo não afetou o peso específico dos nódulos nem a concentração de N-foliar das plantas, sendo mais influentes sobre as características de desenvolvimento do feijão-caupi.

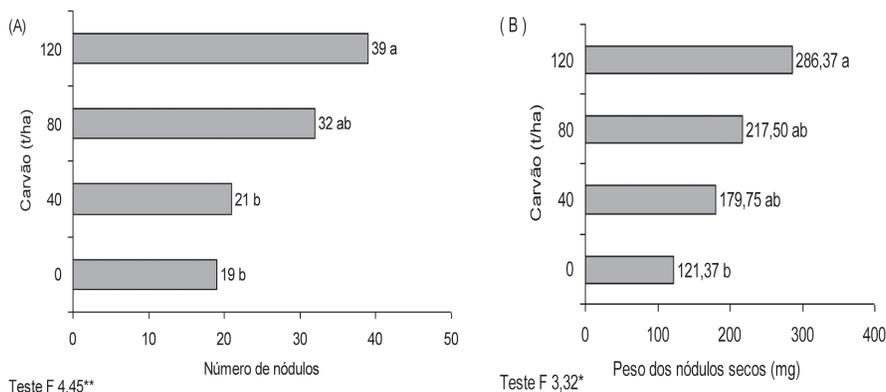
**Tabela 4.** Efeito de doses crescentes de pó de serra (PS) e carvão (C), em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, na nodulação e absorção de N em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), aos 82 dias após o cultivo.<sup>1</sup>

Variáveis da planta <sup>2</sup>	Teste F		
	Pó de serra	Carvão	Interação PS x C
Número de nódulos	0,70 <sup>ns</sup>	4,87**	0,56 <sup>ns</sup>
Peso seco dos nódulos (mg)	2,44 <sup>ns</sup>	3,32*	0,41 <sup>ns</sup>
Peso específico dos nódulos	2,04 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
N foliar (%)	1,33 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
N-total da parte aérea	1,42 <sup>ns</sup>	6,32**	1,11 <sup>ns</sup>
N-total das folhas	1,83 <sup>ns</sup>	6,70**	0,89 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>\* Significativo a 5% de probabilidade; \*\* Significativo a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

<sup>2</sup> Peso específico dos nódulos em mg nódulo<sup>-1</sup>, N-total da parte aérea e N-total das folhas em mg planta<sup>-1</sup>.

Avaliando-se o efeito das doses crescentes de carvão sobre o número e biomassa dos nódulos do feijão-caupi em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, os dados obtidos estão apresentados na Figura 5.



**Figura 5.** Efeito de doses crescentes de carvão adicionado em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, sobre o número de nódulos (A) e biomassa dos nódulos secos (B) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), aos 82 dias após o cultivo. \*1

\*1 – Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si no nível de 1 ou 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ).

Foi verificado que o número de nódulos formados no sistema radicular do feijão-caupi incrementou progressivamente com os níveis de carvão aplicados (Figura 5-A). Entretanto a infecção bacteriana das raízes não foi favorecida na menor dose de carvão de  $40 \text{ t ha}^{-1}$  que não diferiu em relação ao tratamento testemunha. Por outro lado, o melhor estímulo a formação dos nódulos foi observado quando se  $120 \text{ t ha}^{-1}$  de carvão ao solo, que dobrou o número de nódulos formados. O efeito progressivo da adição de carvão foi demonstrado por um resultado intermediário observado na dose de  $80 \text{ t ha}^{-1}$ .

Para o desenvolvimento nodular avaliado pelo peso dos nódulos secos (Figura 5-B), foi demonstrado que a adição de carvão na dose de  $120 \text{ t ha}^{-1}$  superou significativamente o desenvolvimento dos nódulos no tratamento testemunha ( $P < 0,05$ ). A promoção no número e biomassa dos nódulos formados é importante para o agricultor que cultiva leguminosas nodulíferas e fixadoras de  $\text{N}_2$ , considerando que o processo é uma das formas sustentáveis de aumentar a produtividade da cultura (Franco et al., 2002). Para estas características da nodulação, quanto maiores às quantidades de carvão aplicadas, melhor o número e peso dos nódulos, o que reposta aos benefícios da adição de carvão ao solo e aos pares simbiotes. Em solo Latossolo, Teixeira (1998), encontrou resultados semelhantes utilizando cobertura orgânica em feijão-caupi.

Considerando-se que o incremento do carvão ao solo pesquisado promoveu os níveis de cálcio disponíveis para o cultivo, foi avaliada a correlação entre a biomassa seca dos nódulos do feijão-caupi e a disponibilidade deste elemento (Figura 6). A demonstração de correlação significativa destas duas variáveis independentes esclarece em parte o efeito do carvão no solo Latossolo Amarelo pesquisado, promovendo o desenvolvimento nodular, com consequentes benefícios na produção do feijão-caupi nestes solos. De fato, nos Latossolos explorados pela agricultura o Ca e o Mg (juntamente com o fósforo), são muitas vezes os elementos mais limitantes ao desenvolvimento vegetal, o que é evidenciado pela presença de plantas com sintomas de deficiência destes elementos no entorno destas áreas.

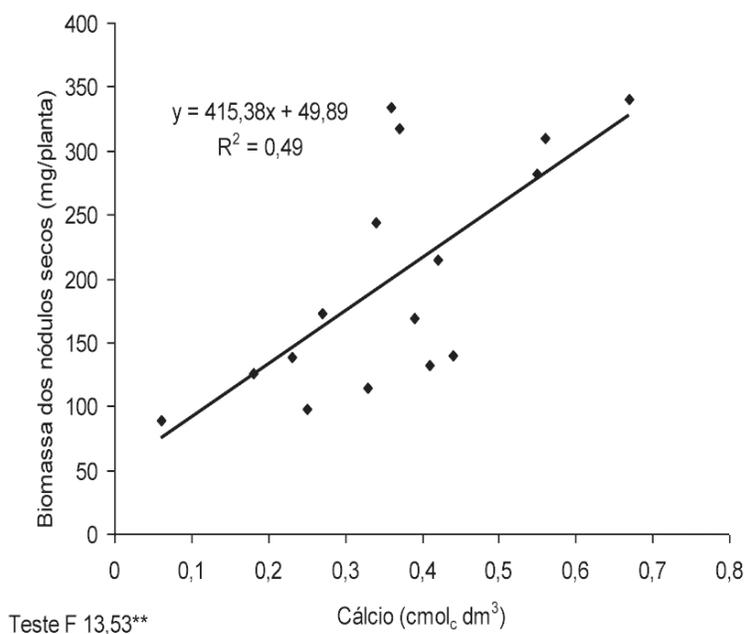
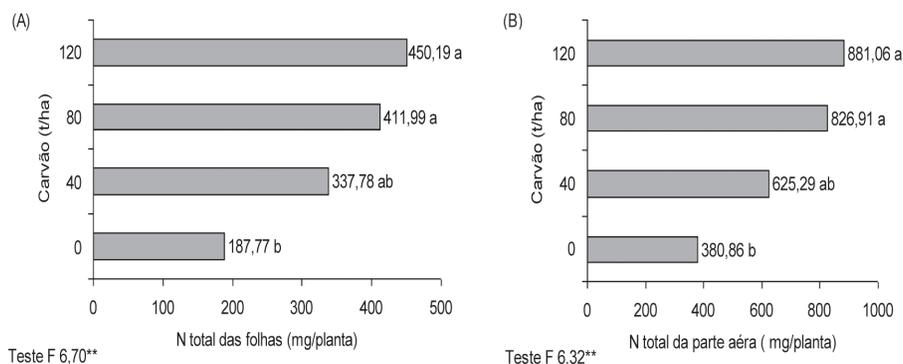


Figura 6. Correlação entre os níveis de cálcio no solo Latossolo Amarelo e a biomassa de nódulos secos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), aos 82 dias do cultivo.

Destaca-se adicionalmente que embora o incremento de carvão não tenha alterado o pH do solo, foi eficiente em neutralizar o Al<sup>3+</sup> tóxico para a planta, para a bactéria ou para ambos e certamente favoreceu a eficiência do processo simbiótico. Os estágios iniciais de desenvolvimento dos nódulos são mais afetados por níveis baixos de pH do solo (Vassileva et al.,

1997), o que vem demonstrar que essa propriedade do solo precisa ser monitorada na agricultura prática desenvolvida especialmente nos solos de terra firme da Amazônia. É importante considerar que a acidez do solo afeta todos os aspectos da nodulação e fixação biológica de nitrogênio, desde a sobrevivência e multiplicação do rizóbio no solo, até o processo de infecção e desenvolvimento do nódulo e finalmente a atividade de fixação biológica do nitrogênio (Graham, 1992).

A adição de carvão ao solo também favoreceu a absorção de N-total e foliar do feijão-caupi, e as médias para o efeito de doses crescentes de carvão são apresentadas na Figura 7. Concordando com as discussões anteriores, foi verificado que a adição de carvão em Latossolo Amarelo nas dosagens de 80 e 120 t/ha favoreceu significativamente a absorção de N-total da parte aérea e foliar do feijão-caupi ( $P < 0,01$ ), comparado ao tratamento controle onde esta fonte orgânica não foi adicionada (Figura 7-A e Figura 7-B).



**Figura 7.** Efeito de doses crescentes de carvão em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, no N-total das folhas (A) e da parte aérea (B) do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), aos 82 dias após o cultivo.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si no nível de 1 ou 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ).

Os maiores valores de N-total na parte aérea e nas folhas do feijão-caupi foram verificados no tratamento de adição de 120 t ha<sup>-1</sup> de pó de serra. Entretanto, como já discutido, por razões econômicas, para redução dos custos a adição de 80 t ha<sup>-1</sup> aumenta a sua viabilidade desta tecnologia se aplicada em maior escala. Os dados também demonstram uma contribuição importante de adição de N na biomassa do feijão-caupi na medida em que para o N-total

das folhas e da parte aérea houve um incremento de 2,2 e 2,4 vezes com a adição de 80 e 120 t ha<sup>-1</sup> de carvão, respectivamente. Uma maior disponibilidade de nitrogênio na planta favorece o seu desenvolvimento em matéria seca total de acordo com Silva et al. (2002), que ao aplicarem doses crescentes de N mineral em cobertura no feijoeiro, obtiveram os maiores valores de matéria seca com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> desse nutriente.

Mesmo não tendo sido identificados efeitos significativos na adição de pó de serra ao solo, por ser um material muito rico em carbono, pode possivelmente elevar a relação C/N do solo, e nestas condições a planta tem uma necessidade maior de nitrogênio que se torna um recurso escasso no solo. É possivelmente que esta maior absorção de N esteja relacionada com este desequilíbrio químico, mas isso não foi demonstrado, o que poderá ser feito em pesquisas subsequentes. A absorção de N em solos com altas taxas de carbono seria uma etapa reguladora no solo, em busca do estabelecimento de um novo equilíbrio químico, favorecido pelo cultivo de uma leguminosa nodulífera e fixadora de nitrogênio.

Os dados evidenciaram também a eficiência da nodulação e fixação de N<sub>2</sub> no feijão-caupi, avaliados pela concentração média de N-foliar que variou entre 3,67 e 4,18%, valores considerados plenamente satisfatórios para esta espécie que tem sido recomendada para a terra firme não só para a produção de grãos, mas também para adubação verde ou planta de cobertura do solo (Mitidieri, 1983). Neste experimento, o tamanho dos nódulos avaliado pelo seu peso específico não foi determinante em resposta aos níveis de carvão e de serragem aplicados.

## CONCLUSÕES

A adição de pó de serra ao solo elevou a disponibilidade de potássio no solo, indicando que esta pode ser uma boa fonte deste elemento em Latossolo Amarelo. Por outro lado a adição de carvão contribuiu para elevar significativamente os teores de cálcio e neutralização do alumínio. Aplicado isoladamente o pó de serra não afetou o desenvolvimento, nodulação e absorção de N do feijão-caupi cultivado após dois ciclos sucessivos de milho. Tanto o carvão como a serragem não promoveram efeitos interativos no solo ou no desenvolvimento, nodulação e absorção de N<sub>2</sub> em feijão-caupi cultivado em solo Latossolo Amarelo, e os efeitos promovidos de cada um destes compostos deve ser considerado separadamente. A adição de carvão ao solo aumentou o desenvolvimento do feijão-caupi afetando a planta como um todo nas dosagens de 80 e 120 t ha<sup>-1</sup>, favorecendo o número e peso seco dos nódulos

formados, refletindo um aumento dos teores de N-total na parte aérea e das folhas da planta. Na ausência de diferenças significativas entre essas dosagens de carvão adicionadas ao solo, sugerem que a aplicação de 80 t/ha de carvão pode ser mais econômica produzindo os mesmos efeitos. A biomassa dos nódulos do feijão-caupi foi correlacionada com a disponibilidade de cálcio, evidenciando as relações estabelecidas entre solo-planta neste experimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, A.S.; Anghinoni, I.; Kray, C.H. 1998. Alteração de atributos químicos das fases sólidas e líquidas do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema de plantio direto consolidado. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2., Santa Maria, 1998. *Resumos expandidos*. Santa Maria: NRS-SBCS, p.150-153.

Andrade, C.L.T.; Silva, A.A.G.; Souza, I.R.P.; Conceição, M.A.F. 1993. *Coefficientes de cultivo e de irrigação para o caupi*. Teresina: EMBRAPA-CNPAl, (EMBRAPA-CNPAl, Comunicado Técnico, 9). 6p.

Alfaia, S.S.; Falcão, N.P. 1993. Estudo da dinâmica de nutrientes em solos de várzea da Ilha do Careiro no estado do Amazonas. 1993 *Amazoniana* v.12:551-563.

EMBRAPA. 1999. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa, Brasília. 370p.

Carvalho, M.M. 1988. Resposta de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.12:153-159.

Cravo, M.S. & Smyth, T.J. Atributos físico-químicos e limitações dos solos de áreas produtoras de feijão-caupi no nordeste do Estado do Pará. 2005 Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, v.30., Recife, *Resumos*, Recife: SNCS, CD-ROM.

Helyar, K.R. 1978. Effects of aluminum and manganese toxicity on legume growth. In: Andrew, C.S. & Kamprath, E.J. (eds). *Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils*. Melbourne: CSIRO, p. 207-231

Franco, M.C. 2002. Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37:1145-1150.

- Fernandes, M.R. 1982. *Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho Distrófico, fase cerrado decorrentes da modalidade de uso e manejo*. 1982 Viçosa. Tese (Dissertação) – Universidade Federal de Viçosa. 65p
- Graham, P.H. 1992. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. *Canadian Journal of Microbiology*, v.38:485-492.
- Lazof, D.B. & Holland, M.J. 1999. Evaluation of the aluminum-induced root growth inhibition in isolation from low pH effects in *Glycine max*. *Pisum sativum* and *Phaseolus vulgaris*. *J. Plant Physiol.* v.26:147-157.
- Melo, F.B.; Cardoso, M.J. 2000. Fertilidade, correção e adubação do solo. In: Cardoso, M.J. (Org.). *A cultura do Feijão-caupi no meio-norte do Brasil*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000 (Embrapa Meio-Norte, Circular Técnica, 28), p. 90-103.
- Mitidieri, J. 1983. *Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais*. São Paulo, Nobel, Editora da USP, 198p.
- Miyasaka, S.; Ohkawara, T.; Nagai, K.; Yazaki, H.; Sakita, M.N. 2001. Técnicas de produção e uso do fino de carvão e licor pirolenhoso In: Encontro de Processos de Proteção de Plantas: Controle ecológico de pragas e doenças, Botucatu. Resumo... p. 161-176.
- Neves, R.L.L.; Ferreira, F.F.H.; Maciel, R.E.P.; Frota, J.N.E. 1991. Extração de nutrientes em banana (*Musa* sp.) cv. Pacovan. *Ciência Agrônômica*, 22(1/2):115-120.
- Nicholaides, J.J.; Sanchez, P.A.; Bandy, D.E.; Villachica, J.H.; Coutu, S.J. & Valverde, C.S. 1983. Crop production systems in the amazon basin. In: MORAN, E.F. (Ed.). *The dilemma of amazon development*. Westview Press-Boulder, Colorado, p. 101-154.
- Prado, H. 2003. *Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento e manejo*. 3ª ed., Piracicaba.
- Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. *Acta Amazonica*, 10(1):7-41.
- Sanchez, P.A.; Bandy, D.E.; Villachica, J.H.; Nicholaides, J.J. 1982. Amazon basin soils: management for continuous crop production. *Science*, 216:821-827.
- Silva, M.G. 2002. Manejo do solo e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de inverno. In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 7, 2002, Viçosa, *Resumos expandidos...*, DFT, p. 612-614.

Smyth, T.J.; Cravo, M.S. 1992. Aluminum and calcium to continuous crop production in a Brazilian Amazon Oxisol. *Agron. J.*, 84:843-850.

Stratton, M.L. & Rechcigl, J.E. 1998. Organic mulches, wood products and composts as soil amendments and conditioners. In: *Handbook of soil conditioners*. Wallace, A., Terry, R.E. (ed.) Marcel Dekker, Inc. New York.

Sylvester-Bradley, R.; Asakawa, N.; La Torraca, S.; Magalhães, F.M.M.; Oliveira, L.; Pereira, R.M. 1982. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. *Acta Amazonica*, 12(1):15-22.

Souza, C.H.E. 2003. *Absorção de nitrato e amônio por gramíneas forrageiras com tolerância diferencial ao alumínio em baixa disponibilidade de fósforo*. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa, 61p.

Teixeira, M.L.F. 1998. *Efeito da cobertura morta e da aplicação de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Willemim e *Bacillus thuringiensis* Berlinev, no controle biológico de *Cerotoma arcuata* Olivier (Coleóptera: chrysomelidae) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)*. Porto Alegre, UFRGS, 92p. (Tese de Doutorado).

Teixeira, J.A. 1981. *Descarte de resíduo de curtume no solo*. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, UFRPE, 84p.

Tsuzuki, E.; Morimitsu, T. & Matsui, T. 2000. *Effect of chemical compounds in pyroligneous acid on root growth in rice plant*. *Japan J. Crop. Sci.*, 66:15-16.

Vassileva, V.; Milanov, G.; Ignatov, G.; Nikolov, B. 1997. Effect of low pH on nitrogen fixation of common bean grown at various calcium and nitrate levels. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 279-294.

Veloso, C.A.C; Malavolta, E.; Muraoka, T. & Carvalho, E.J.M. 2000. Alumínio e a absorção de cálcio por mudas de pimenta do reino. *Sci. Agric.*, 57:141-145.

Vieira, L.S. 1975. *Manual da Ciência do Solo*, Ed. Agronômica Ceres, São Paulo.

Waller, P.L.; Wilson, F.N. 1984. Evaluation of growing media for consumer use. *Acta Horticulturae*, 150:51-58.

# CAPACIDADE DE NODULAÇÃO E FIXAÇÃO DE N<sub>2</sub> EM FABACEAE DA ILHA DE MARACÁ, MUNICÍPIO DE AMAJARI, RR

Luiz Augusto Gomes de SOUZA<sup>1</sup>

Palavras-chave:

Fixação de Nitrogênio, Rizóbios, Habilidade Nodulífera, Biodiversidade

## INTRODUÇÃO

As Fabaceae (antes, Leguminosae) originaram em condições tropicais no período do Cretáceo superior em condições de alta temperatura e umidade (Tutin, 1958). Atualmente a biodiversidade global desta família registra 19325 espécies abrigadas em 727 gêneros (Lewis et al., 2005) classificadas em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Faboideae. Na Amazônia, as espécies de Fabaceae têm grande importância entre os vegetais lenhosos, quer pelo número de indivíduos por área, mas, sobretudo pela diversidade de espécies e gêneros botânicos e também do ponto de vista da utilidade econômica da madeira. Ducke (1949) realizou pesquisas pioneiras sobre as leguminosas da Amazônia brasileira, relacionando na metade do século passado 1153 táxons, com 867 registros no nível de espécies, em 118 gêneros, mas também 286 táxons indefinidos.

Os inventários florísticos feitos em terra firme em diferentes locais da Amazônia têm constatado uma elevada frequência e abundância de espécies de Fabaceae, que se classificam quase sempre entre as cinco famílias de plantas com maior valor de importância (Rankin-de-Merona et al., 1992). Estima-se para essa riqueza em espécies já está documentada

<sup>1</sup> Coordenação Sociedade Ambiente e Saúde, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – CSAS/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM. E-mail: souzalag@inpa.gov.br.

com um mínimo de 1241 espécies, distribuídas em 148 gêneros, catalogadas nos herbários da região (Silva et al., 1989). Neste levantamento, predominam espécies coletadas nos estados do Amazonas e do Pará, com 874 e 811 espécies, respectivamente, indicando a necessidade de estudos sistemáticos para ampliar a área de amostragem botânica nos estados menos pesquisados como Amapá, Acre, Rondônia, Tocantins e Roraima. No estado de Roraima o número de espécies de leguminosas relatado foi de 335 espécies, incluindo 108 Caesalpinioideae, 68 Mimosoideae e 159 Faboideae (Silva et al., 1989).

A Ilha de Maracá, em Roraima, está localizada no município de Amajari a 130 km ao Norte de Boa Vista, (3° 15' a 3° 35' S; 61° 22' e 61° 58' W), e têm área territorial de 92 mil hectares, entretanto se forem incluídas pequenas ilhas associadas sua área estimada alcança 100 mil hectares (Lewis & Owen, 1987). A extensão territorial da ilha é de 60 km de comprimento com 15-25 km de largura, entre os rios Uiraricoera e Branco. No rio Uiraricoera, há dois furos o de Maracá e o de Santa Rosa. A Ilha é uma área protegida como Estação Ecológica, e não é habitada. A maior parte da Ilha de Maracá é plana mais há elevações de 200-300 m de altitude. O canal do rio tem cerca de 50 m com trechos rápidos e pouco navegáveis pelo afloramento de pedras e cachoeiras em algumas épocas do ano.

Na Ilha de Maracá, a geologia dominante é do baixo Pré-cambriano, sendo parte ancestral do escudo das guianas, localizada próximo aos limites com a Venezuela e a Serra de Paracaima. O clima é tropical com média anual de temperatura de 26°C variando entre 12-38°C e índice de precipitação entre 1.750-2.250 mm. Estima-se que 75% da chuva anual caem entre abril e agosto, e os meses mais úmidos variam de maio a julho. A estação seca é demarcada de novembro a março, mais chuvas pesadas podem também ocorrer nesta estação quando os dias são normalmente quentes, ensolarados e claros e muitas vezes com vento (Lewis & Owen, 1987). Já os dias chuvosos, são geralmente encobertos.

Há uma grande diversidade de tipos vegetacionais na ilha de Maracá, dentre eles savanas, florestas de terra firme, florestas ribeirinhas, campos, florestas de várzea, vazantes, capoeiras, brejos, campinaranas, etc. Esta diversidade de ambientes permite zonas de ecótono, com transições abruptas ou graduais entre os diferentes tipos de vegetação existentes, aumentando a riqueza e abundância natural das espécies. No levantamento da flora fanerogâmica das savanas de Roraima, foram

registradas 90 espécies somente para este ambiente, incluindo 48 Faboideae, 34 Caesalpinioideae e 8 Mimosoideae (Miranda & Absy, 1997). As savanas são áreas de especial interesse, já que são pouco comuns na Amazônia Central, porém, no estado de Roraima está assentada a maior área de savana natural da Amazônia Brasileira com 230.104 km<sup>2</sup> (Miranda & Absy, 2000).

As Fabaceae, presentes na ilha de Maracá foram previamente quantificadas por Lewis & Owen, (1989) encontraram na área 123 espécies, classificadas em 54 gêneros, nem todos estritamente amazônicos, com a área de distribuição de algumas espécies mostrando conexão com a flora da Venezuela e das Guianas. As espécies registradas para Maracá por esses autores incluem 22 Caesalpinioideae, 71 Faboideae e 30 Mimosoideae. Devido ao interesse econômico que as espécies de Leguminosas despertam por meio de produtos (madeira, celulose, resina, óleo, forragem) ou serviços (fixação de nitrogênio, melhoria do solo, recuperação de áreas degradadas) foi identificada a necessidade de pesquisar a nodulação e fixação de N<sub>2</sub> das espécies que crescem neste bioma.

Uma particularidade das espécies que constituem a família Fabaceae é a sua plasticidade de hábitos de crescimento, o que incluem árvores de diferentes tamanhos, arbustos, lianas e ervas. A componente arbórea forma o grupo mais primitivo com origem tropical e o herbáceo o mais evoluído, diferenciado principalmente em áreas subtropicais (Corby, 1981). A habilidade nodulífera e fixadora de nitrogênio não são exclusivas das plantas herbáceas das Fabaceae. Inúmeras leguminosas arbóreas podem apresentar nódulos radiculares e fixar N<sub>2</sub>, isto é, obter do ar o nitrogênio necessário para o seu desenvolvimento. A fixação biológica de nitrogênio – FBN – é a redução do nitrogênio molecular da atmosfera em formas fixadas, que podem então ser utilizadas pela planta. Trata-se de uma simbiose estabelecida entre bactérias do solo, do grupo dos rizóbios, e a maioria – mas não todas – as espécies de Fabaceae. O processo da nodulação se inicia com a infecção do sistema radicular das plantas, que resulta na entrada da bactéria em seus tecidos e resulta na formação de nódulos radiculares onde se estabelece o sítio adequado para que as reações fisiológicas e bioquímicas da FBN se processem.

Apenas uma pequena parte das leguminosas tem sido examinada com respeito à capacidade de nodulação, especialmente as de hábito arbustivo e herbáceo. Para Sprent (2007), em todo o mundo a falta de informações

sobre a nodulação em leguminosas arbóreas exige maiores ações e descobertas já que as árvores constituem parte importante dentro desta família. Tutim (1958) estimou que 95% das Mimosoideae, 97% das Caesalpinioideae e 38% das Faboideae são espécies arbóreas.

Os conceitos atuais da Agroecologia têm enfatizado o aproveitamento de leguminosas em sistemas de produção agrícola e as leguminosas arbóreas são de particular importância para os Sistemas agroflorestais que buscam sustentabilidade em nitrogênio. As essências florestais pertencentes às Fabaceae algumas vezes tem crescimento rápido, rusticidade, alta produção de biomassa, adaptação ao ambiente ácido, álico e de baixa fertilidade dos solos tropicais e podem substituir satisfatoriamente culturas exóticas de múltiplo uso. No entanto, mesmo considerando que o uso de inoculante microbiano favorece a FBN, a prática da inoculação das leguminosas florestais com rizóbios é ainda muito negligenciada e precisa de fomento agroindustrial.

Não há dúvida que o papel de muitas espécies de leguminosa com valor madeireiro no reflorestamento e na recuperação de solos erodidos pode ser maior que o atual, embora as pesquisas sobre nodulação incluam geralmente leguminosas cultivadas e raramente silvestres de interesse agrícola. Franco & Faria (1997) consideram que o reflorestamento com leguminosas inoculadas pode ser uma alternativa de utilização promissora dentro dos ecossistemas amazônicos, especialmente as áreas perturbadas por mau uso do solo, como as resultantes de pastagens abandonadas e atividades de mineração. Fortes et al., 2004, acrescentam a importância do uso das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e no reflorestamento de solos marginais para a redução dos custos da madeira produzida bem como na obtenção de outras matérias primas para a industrialização.

As informações sobre a capacidade de nodular e sobre a eficiência da nodulação de leguminosas florestais são ainda muito incompletas. As listas disponíveis como a de Allen & Allen, (1981) ou a de Hallyday & Nakao (1982), não incluem na lista de nodulíferas muitas espécies brasileiras de importância econômica e que apresentam boa nodulação natural em condições de campo.

Na Amazônia, os levantamentos já realizados sugerem que, para todos os gêneros de Mimosoideae algum registro sobre a fixação biológica de nitrogênio já foi efetuado, existindo ainda, necessidade de pesquisa específica, já que apenas 33% das espécies da região foram

prospectadas quanto à nodulação (Souza & Silva, 1997), o que ainda é muito pouco. Entre as pesquisas sobre a fixação de N<sub>2</sub> em leguminosas da Amazônia, Moreira et al., (1992), trabalharam em várias partes da região e apresentam informações da nodulação de 172 espécies de leguminosas que crescem em diferentes ecossistemas. A habilidade nodulífera de 98 espécies (43 nodulíferas, 55 não nodulíferas) e a ocorrência de nódulos em oito gêneros das Fabaceae foi observada pela primeira vez por estes autores: *Campsiandra*, *Dicorynea*, *Heterostemon*, *Etaballia*, *Bocoa*, *Lecointea*, *Monopteryx* e *Aldina*. Souza et al., (1994) reportaram a nodulação em 36 espécies de Fabaceae da ilha de Maracá, 17 delas descritas pela primeira vez como nodulíferas e 4 como não nodulíferas, acrescentando os primeiros registros de nodulação para espécies dos gêneros *Zollernia* e *Elizabetha*. Neste trabalho espécies importantes pela exploração econômica de sua madeira como o anjelim da mata (*Hymenobium petraeum*), o tento preto (*Ormosia flava*) e a macacaúba (*Platymiscium ulei*) foram descritas pela primeira vez como leguminosas arbóreas nodulíferas.

As pesquisas já realizadas têm apontado que nas subfamílias Caesalpinioideae e Faboideae há ainda gêneros ainda não prospectados sobre a FBN, e Souza (2010) os relacionou: *Barbieria*, *Camptosema*, *Candolleodendron*, *Cleobulia*, *Cyathostegia*, *Cymbosema*, *Diptychandra*, *Dussia*, *Fissicalyx*, *Geoffroea*, *Harpalyce*, *Jacqueshuberia*, *Martiodendron*, *Nissolia*, *Paloue*, *Paloveopsis*, *Paramachaerium*, *Petaladenium*, *Periandra*, *Recordoxylon*, *Soemmeringia* e *Uleanthus*. A observação dos registros genéricos de Leguminosas em bancos de dados internacionais (Roskov et al., 2009), permite estabelecer que estes gêneros, ainda não pesquisados sobre a nodulação, são pequenos em número de espécies, nove deles são monotípicos, alguns com distribuição bem restrita ou com acentuado grau de endemismo nos limites da floresta amazônica.

Quanto aos rizóbios, novas técnicas de biologia molecular têm permitido o avanço dos estudos sobre a taxonomia de bactérias. Em pouco tempo muitos gêneros de bactérias fixadoras de nitrogênio foram descritos e hoje, segundo Moreira (2008), nas coleções brasileiras de rizóbios, espalhadas por todo o país, 13 gêneros bacterianos tem sido reconhecidos: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Burkholderia*, *Azorhizobium*, *Methylobacterium*, *Ralstonia*, *Allorhizobium*, *Blastobacter*, *Devosia*, *Phyllobacterium* e *Ochrobactrum*.

Não resta dúvida de que as leguminosas nodulíferas competem com outras espécies com vantagem no aproveitamento do ciclo de nutrientes, sendo a FBN um processo econômica e biologicamente compensador, contribuindo para o aumento da produtividade agrícola. Se considerarmos a numerosidade e biodiversidade de espécies dentro da família e seu grau de endemismo, acrescidos ao fato de que as excursões já realizadas abrangem áreas relativamente pequenas, é de se esperar que ainda existam na região, muitas espécies cuja capacidade de nodular e fixar  $N_2$  sejam desconhecidos.

### **LEVANTAMENTO DA CAPACIDADE NODULÍFERA DAS FABACEAE DA ILHA DE MARACÁ**

Para o levantamento da capacidade de nodulação das espécies de Fabaceae encontradas na Ilha de Maracá foram realizadas três excursões em agosto de 1987, fevereiro de 1988 e junho de 1997. Nas atividades de campo, foram acessadas as matas ribeirinhas, e, percorridas a malha de trilhas para observações na floresta de terra firme, áreas secundárias, de vazantes e de savana.

Os ambientes ecológicos visitados foram a mata primária de terra firme definida como floresta estacional perenifólia, não susceptível às inundações ocasionais, mas com composição variada e árvores com 40 m de altura ou mais. A vegetação ribeirinha, localizada nas margens dos rios Uiraricoera e furo Santa Rosa que incluem como elemento árvores tolerantes às inundações estacionais regulares. A savana, constituída por áreas abertas com gramíneas sob solos arenosos com arbustos dispersos e árvores ocasionais com fisionomia mais ou menos equivalente ao cerrado do Brasil. A vegetação de vazante, com presença de arbustos entrelaçados, sempre inundados em uma fase do ano, com aparência de abandonada onde são encontradas leguminosas herbáceas e cipós. E, as áreas de capoeira, com vegetação secundária resultante da perturbação da floresta primária pelo homem, localizadas em beira de estradas e caminhos.

Em cada área visitada, após a localização dos indivíduos das Fabaceae, foram feitas coletas de material botânico para identificação e registros no herbário do INPA. O material botânico foi preparado na forma de exsicata, recebendo um banho de álcool, e em seguida mantido em câmara fechada para posteriormente efetuar o processo da secagem.

As matrizes coletadas receberam um número de coleta, que nos anos 80 variou entre 500 a 699 e, em 1997 obedeceu a um número crescente seguido do ano da coleta. A identificação foi feita por parabolíticos, com comparação de amostras já identificadas e registradas no herbário. As amostras mais representativas também receberam um número de registro.

Em condições de campo, a procura de nódulos foi feita escavando-se o sistema radicular das plantas a partir do tronco, em busca de raízes secundárias e suas ramificações mais finas, que é onde geralmente estes são encontrados. Todo o cuidado foi tomado no sentido de não confundir as raízes da matriz analisada com as de outras plantas ali entrelaçadas no emaranhado de raízes que compõe a liteira. Quando encontrados, foram seccionados dez nódulos por matriz, mantidos em sílica gel e transportados até o Laboratório de Microbiologia do Solo do INPA, em Manaus, AM. Os nódulos coletados foram preservados em sílica gel e submetidos a técnicas de isolamento no laboratório, e as estirpes bacterianas puras foram replicadas e permanecem preservadas na coleção de rizóbios do INPA.

Para as espécies noduladas em condições de campo, uma amostra de solo foi coletada adjacente aos nódulos e analisada no Laboratório Temático de Solos – LTSP – do INPA. Foi determinado o pH do solo e os níveis de P, Ca, Mg, K, Al e matéria orgânica. O pH do solo foi determinado em H<sub>2</sub>O na proporção solo:solução de 1:2,5. Ca, Mg e Al foram extraídos com KC 1N e o P e K foram extraídos com duplo ácido. Os nutrientes Ca, Mg e K foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. A determinação de P foi feita por espectrofotometria utilizando o molibdato de amônio. Em todas estas análises seguiu-se o protocolo prescrito por EMBRAPA (1997).

Durante as atividades de coleta, as matrizes foram descritas em suas características botânicas, sendo também coletados frutos quando disponíveis. Estes frutos foram beneficiados para obtenção de sementes e estas foram postas para germinar em sementeiras com areia, após a aplicação de um tratamento pré-germinativo, quando necessário. As plântulas obtidas foram repicadas para sacos com diferentes tipos de solo e acompanhadas sob enviveiramento até o momento em que adquiriam desenvolvimento suficiente para o plantio definitivo. Nesta ocasião foram colhidas para avaliação da presença de nódulos em seus sistemas radiculares.

Na avaliação da nodulação de mudas no viveiro os solos testados foram coletados em reservas e estações experimentais do INPA, próximas a Manaus. São eles: um solo gley pouco húmico coletado na várzea do rio Solimões na Estação Experimental do Ariaú, no município de Iranduba, AM; um solo latossolo amarelo coletado sob floresta natural e sob pastagem, na Estação Experimental de Fruticultura Tropical; um solo espodosolo coletado em área de floresta de campinarana na Reserva Biológica de Campina e um solo argissolo vermelho-amarelo coletado em área de mata secundária na Estação Experimental de Hortaliças, todos estes últimos no município de Manaus, AM.

Na avaliação da nodulação a campo e por ocasião da colheita das mudas enviveiradas, a intensidade da nodulação foi classificada pelas informações obtidas pela observação direta das raízes em campo e/ou viveiro. Nestas condições, para um número inferior a dez nódulos a intensidade da nodulação foi classificada como baixa, a classificação média correspondeu a um número entre 10-20 nódulos e a alta intensidade de nodulação foi relacionada a um número de nódulos superior a 20. Considerando-se que na fase inicial de desenvolvimento todos os nódulos apresentam formato esférico, quando a nodulação foi observada com nódulos esféricos, alongados e coraloides, foi descrita como coraloides. E, quando os nódulos foram encontrados em formatos esféricos e alongados foram descritos como alongados.

## **HABILIDADE NODULÍFERA DAS FABACEAE DA ILHA DE MARACÁ**

A ilha de Maracá abriga uma grande variedade de espécies de Fabaceae em seus diferentes ambientes ecológicos como já apontado por Lewis & Owen (1989), e, no levantamento da capacidade de nodulação e fixação de nitrogênio destas espécies essa diversidade foi representada por 60 espécies, classificadas em 41 gêneros, incluindo 4 subespécies e 2 variedades (Quadro 1). A distribuição das espécies nas diferentes famílias das Fabaceae contemplou 13 Caesalpinioideae, 31 Faboideae e 16 Mimosoideae, 53,3% delas, correspondente a 32 espécies, receberam um número de registro no herbário do INPA em Manaus, AM. O gênero mais abundante dentre as Fabaceae de Maracá foi o *Inga*, com 5 espécies, seguido de *Swartzia*, *Ormosia* e *Dioclea* com 3 espécies. Nove gêneros foram representados por duas espécies e 26 delas pertenciam a um só gênero.

As Fabaceae da ilha de Maracá apresentam alta plasticidade quanto ao hábito de crescimento, predominando árvores (36 espécies), lianas (10 espécies), arbustos e ervas – cada um com sete espécies cada. Esta variedade de hábitos facilita a seleção de espécies em sistemas agroecológicos já que é possível selecionar a espécie adequada para consorciamento dependendo da estratégia de produção adotada.

A maioria das espécies foi encontrada no ambiente da mata primária, totalizando 20 espécies. Nas matas ribeirinhas 15 espécies estavam presentes, e nas savanas 11 espécies. Oito leguminosas foram encontradas em capoeiras e áreas alteradas e seis delas em ambiente tipicamente de vazante. Algumas espécies ocorrem em mais de um ambiente, como o tento-branco (*Ormosia smithii*), que foi encontrado na savana arbórea e na vegetação ribeirinha.

Nas áreas abertas de savana onde as gramíneas têm dominância, também estão presentes espécies que crescem comumente em áreas secundárias e capoeiras como o barbadinho (*Desmodium barbatum*), a anileira (*Indigofera lepedezoides*), a dormideira (*Mimosa pudica*) e o feijão-peludo (*Vigna lasiocarpa*), todas estas associadas a mecanismos de dispersão de frutos por zoocoria.

O levantamento das Fabaceae na ilha de Maracá para estudos de nodulação permitiu registrar espécies pertencentes a quatro gêneros não listados no levantamento botânico realizado por Lewis & Owen (1989): *Erythrina*, *Galactia*, *Platymiscium* e *Sclerolobium*, elevando para 58 o número de gêneros de leguminosas da flora da Ilha. Quanto ao número de espécies, foram acrescentadas na flórua local as seguintes espécies: *Albizia guachapele*, *Chamaecrista mimosoides*, *Eriosema heterophyllum*, *Erythrina variegata*, *Galactia jussiaeana*, *Inga meissneriana*, *I. nobilis*, *I. umbellifera*, *Machaerium floribundum*, *Mimosa pigra*, *Platymiscium uley*, *Sclerolobium chrysophyllum* e *Zollernia paraensis*. Com essas 13 espécies o número de Fabaceae da Ilha eleva-se para 136 espécies, e pode ser certamente aumentado com novas pesquisas.

**Quadro 1.** Levantamento da capacidade nodulífera e fixadora de nitrogênio em Fabaceae que ocorrem naturalmente na Ilha de Maracá, em Roraima.

Subfamílias/Espécies	Número de coleta	Nome popular	Número de registro em herbário	Hábito	Habitat	Características da nodulação		
						Capacidade de fixar N <sub>2</sub>	Intensidade	Forma dos nódulos
Subfamília Caesalpinioideae								
<i>Bauhinia unguolata</i> DC.	599	Unha-de-vaca	156.631	Arbusto	Capoeira	Não	-	-
<i>Cassia moschata</i> Kunth.	530	Mari-mari	-	Árvore	Ribeirinha	Não	-	-
<i>Chamaecrista mimosoides</i> (L.) Greene.	539	Patrii	-	Erva	Savana	Sim	Média	Esféricos
<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench. subsp. <i>disadana</i> (Steud.) Irwin & Barn.	48/97	Malícia-amarela	202.440	Erva	Capoeira	Sim	Alta	Bastão
<i>Dialium guianense</i> Steud.	548	Jutai-café	-	Árvore	Terra firme	Não	-	-
<i>Elizabetha coccinea</i> Benth.	608	Arapari-vermelho	156.639	Árvore	Ribeirinha	Sim	Média	Esféricos
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	502	Jatobá	-	Árvore	Terra firme	Não	-	-
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber.	592	Jutai-pororoca	156.624	Árvore	Terra firme	Não	-	-
<i>Macrobium acacifolium</i> Benth.	626	Arapari	-	Árvore	Ribeirinha	Não	-	-
<i>Peltogyne gracilipes</i> Ducke.	579	Pau-roxo	156.621	Árvore	Ribeirinha	Não	-	-
<i>Peltogyne paniculata</i> Benth. subsp. <i>pubescens</i> (Benth.) Silva	590	Datura	156.622	Árvore	Terra firme	Não	-	-
<i>Sclerobium chrysophyllum</i> Poepp. & Endl.	549	Arapaçu	-	Árvore	Terra firme	Sim	Alta	Coraloides
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin & Barn. subsp. <i>multijuga</i> Irwin & Barn.	512	Canafistula	-	Árvore	Capoeira	Não	-	-
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barn.	567	Abotinha	-	Árvore	Terra firme	Não	-	-
Subfamília Faboideae								
<i>Abrus pulchellus</i> Th. subsp. <i>tenuiflorus</i> (Benth.) Verdc.	593	Tentozinho	156.625	Erva	Vazante	Sim	Alta	Esféricos
<i>Acosmium tomentellum</i> (Mohl.) Yakov.	543	Itaubarana	-	Árvore	Ribeirinha	Sim	Média	Coraloides
<i>Aeschynomene fluminensis</i> Vell. var. <i>fluminensis</i> Vell.	49/97	Corticeira	202.414	Arbusto	Ribeirinha	Sim	Baixa	Esféricos
<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	609	Manga-brava	156.640	Árvore	Ribeirinha	Sim	Alta	Esféricos
<i>Centrolobium paraense</i> Tul.	523	Pau-rainha	-	Árvore	Terra firme	Sim	Média	Esféricos
<i>Coursetia ferruginea</i> (Kunth.) Lavin.	595	Acácia-branca	156.627	Arbusto	Capoeira	Não	-	-
<i>Dalbergia nedeii</i> (Benth.) Sandwith.	615	Verônica	-	Liana	Terra firme	Sim	Média	Bastão
<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth. & Erst.	540	Barbadinho	-	Erva	Savana	Sim	Alta	Esféricos
<i>Desmodium incanum</i> DC.	541	Baba-de-boi	150.971	Erva	Capoeira	Sim	Alta	Esféricos

<i>Dioclea guianensis</i> Benth.	43/97	Bico-de-pato	202.427	Liana	Savana	Sim	Média	Bastão	
<i>Dioclea violacea</i> Benth.	47/97	Mucunã-açu	-	Liana	Vazante	Sim	Baixa	Esféricos	
<i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amsh.	594	Cipó-pixuna	156.626	Liana	Vazante	Sim	Alta	Bastão	
<i>Eriosema heterophyllum</i> Benth.	45/97	Feijão-bravo	202.444	Erva	Savana	Não	-	-	
<i>Erythrina variegata</i> L.	50/97	Brasileirinho	-	Árvore	Capoeira	Sim	Alta	Esféricos	
<i>Fissicalyx fendleri</i> Benth.	699	Favinha	-	Arbusto	Terra firme	Não	-	-	
<i>Galactia jussiaeana</i> Kunth.	537	Orelha-de-raposa	-	Arbusto	Savana	Sim	Alta	Esféricos	
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke.	613	Angelim-da-mata	-	Árvore	Terra firme	Sim	Média	Esféricos	
<i>Indigofera lespedezioides</i> Kunth.	544	Anileira	-	Arbusto	Savana	Sim	Alta	Esféricos	
<i>Lonchocarpus glabrescens</i> Benth.	604	Timbó	156.635	Liana	Vazante	Sim	Alta	Esféricos	
<i>Machaerium floribundum</i> Benth.	607	Juquiri	156.638	Liana	Ribeirinha	Sim	Alta	Esféricos	
<i>Machaerium inundatum</i> (Benth.) Ducke.	597	Aturiá	156.629	Liana	Savana	Sim	Baixa	Esféricos	
<i>Ormosia coarctata</i> Jacks.	528	Tento	156.619	Árvore	Terra firme	Sim	Baixa	Coraloides	
<i>Ormosia flava</i> (Ducke) Rudd.	610	Tento-preto	156.941	Árvore	Terra firme	Sim	Baixa	Coraloides	
<i>Ormosia smithii</i> Rudd.	531	Tento-branco	-	Árvore	Ribeirinha	Sim	Baixa	Coraloides	
<i>Platymiscium ulei</i> Harms.	542	Macacutuba	-	Árvore	Ribeirinha	Sim	Baixa	Esféricos	
<i>Swartzia dipetala</i> Vog.	546	Piritó	-	Árvore	Terra firme	Não	-	-	
<i>Swartzia laurifolia</i> Benth.	616	Gombeira	148.580	Árvore	Terra firme	Sim	Média	Bastão	
<i>Swartzia laxiflora</i> Bong. ex Benth.	538	Muiragibóia	-	Árvore	Savana	Sim	Alta	Coraloides	
<i>Vigna lasiocarpa</i> (Benth.) Verdc.	601	Feijão-peludo	156.633	Liana	Vazante	Sim	Médios	Esféricos	
<i>Zollernia paraensis</i> Huber.	606	Pau-santo	156.637	Árvore	Ribeirinha	Sim	Alta	Bastão	
Subfamília Mimosoideae									
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Brit. & Killip.	612	Achui	156.642	Árvore	Terra firme	Sim	Alta	Bastão	
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	534	Serragoela	156.636	Liana	Vazante	Sim	Baixa	Esféricos	
<i>Albizia guachapele</i> (Kunth.) Dugand.	602	Paricarana	156.634	Árvore	Terra firme	Sim	Baixa	Coraloides	
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	500	Bordão-de-velho	-	Árvore	Savana	Sim	Alta	Coraloides	
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg. var. <i>peregrina</i> (L.) Speg.	591	Angico	152.623	Árvore	Terra firme	Sim	Baixa	Esféricos	
<i>Entada polystachya</i> DC.	600	Cipó-escova	156.632	Liana	Capoeira	Sim	Alta	Esféricos	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> Griseb.	525	Orelha-de-elefante	-	Árvore	Terra firme	Sim	Alta	Coraloides	

**Quadro 1.** Levantamento da capacidade nodulífera e fixadora de nitrogênio em Fabaceae que ocorrem naturalmente na Ilha de Maracá, em Roraima. (Cont.)

Subfamílias/Espécies	Número de coleta	Nome popular	Número de registro em herbário	Hábito	Habitat	Características da nodulação		
						Capacidade de fixar N <sub>2</sub>	Intensidade	Forma dos nódulos
<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.	524	Orelha-de-macaco	-	Árvore	Terra firme	Sim	Média	Coraloides
<i>Hydrochorea conymbosa</i> (Rich.) Barn. & Grimes.	535	Pracaxi-da-beira	156.597	Árvore	Ribeirinha	Sim	Alta	Esféricos
<i>Inga edulis</i> Mart.	529	Ingá-cipó	-	Árvore	Capoeira	Sim	Alta	Esféricos
<i>Inga meissneriana</i> Miq.	527	Ingá-peluda	-	Árvore	Ribeirinha	Sim	Alta	Esféricos
<i>Inga nobilis</i> Willd.	533	Ingá-de-sapo	156.555	Árvore	Ribeirinha	Sim	Média	Esféricos
<i>Inga splendens</i> Willd.	41/97	Ingá-boi	202.412	Árvore	Ribeirinha	Sim	Alta	Esféricos
<i>Inga umbellifera</i> (Vahl.) DC.	596	Ingá-pacova	156.628	Árvore	Terra firme	Não	-	-
<i>Mimosa pigra</i> L.	44/97	Malição	202.423	Arbusto	Savana	Sim	Alta	Esféricos
<i>Mimosa pudica</i> L.	551	Dormideira	-	Erva	Savana	Sim	Média	Bastão

Das sessenta espécies de leguminosas encontradas na ilha de Maracá foi verificado que 45 delas apresentavam nodulação, o que representa 75,0% das espécies identificadas na área. Esta nodulação foi muitas vezes observada em condições de campo, complementada pela pesquisa realizada em mudas conduzidas em viveiros, já que algumas vezes não é possível observar plantas noduladas, sobretudo nas árvores que crescem em área de floresta de terra firme, onde os sistemas radiculares e suas ramificações são profundos e pouco acessíveis.

Quando se considera a presença de espécies noduladas nas subfamílias das leguminosas nota-se que a maior frequência de espécies não nodulíferas é observada na subfamília Caesalpinioideae, onde somente quatro espécies nodularam de um total de 14. Por outro lado, nas Mimosoideae, das 16 espécies coletadas somente *Inga umbellifera* não pode ser confirmada como nodulífera, embora geralmente as espécies deste gênero tenham essa propriedade. Por fim, para as Faboideae, das 30 espécies encontradas, 26 nodularam e em somente 4 não foi possível registrar a capacidade de nodulação. Essa menor proporção de plantas com capacidade de nodulação em espécies de Caesalpinioideae concorda com os resultados que têm sido relatados em outras pesquisas (Moreira et al., 1992; Souza, 2010).

Avaliando-se a intensidade da nodulação observada no campo e em viveiro, observou-se que das 45 espécies nodulíferas encontradas 51,1% apresentaram nódulos abundantes, 26,7% foram classificadas como medianas e 22,2% apresentavam menos de 10 nódulos por planta quando avaliadas, evidenciando uma menor taxa de nodulação por ocasião da avaliação. Deve-se considerar que a propriedade da nodulação tem variação estacional e geralmente é regulada por fatores como o pH do solo, a disponibilidade de água, a acidez, a toxidez de alumínio, a temperatura e o grau de compactação do terreno (Franco et al., 1992).

Considerando-se a morfologia dos nódulos, 60% das espécies apresentavam nódulos esféricos, seguidos de nódulos ramificados na forma coraloide (22,2%), alongados (17,8%). A forma dos nódulos tem valor sistemático já que suas características são constantes e definidas pela leguminosa hospedeira. Até o momento são propostas sete tipologias para os nódulos, sendo três de crescimento ramificados do tipo coraloide, três de crescimento indeterminado e uma para nódulos amórficos (Corby, 1981). Estas tipologias ainda estão sendo adaptadas para classificação das descrições morfológicas de nódulos de plantas de biomas brasileiros. Os nódulos formados apresentavam coloração externa variada, sendo encontrados nódulos

los creme, amarelados, alaranjados, marrons e até mesmo pretos. Internamente a cor avermelhada ou rosada foram associadas a eficiência da fixação de  $N_2$ , já que a presença da enzima leghemoglobina está relacionada a essa habilidade (Franco et al., 1992), ao passo que a cor interna branca ou negra são indicadoras de ineficiência nos processos simbióticos ou de etapas da degeneração dos nódulos.

A variedade de hábitos de crescimento das leguminosas é um indicador qualitativo adicional na indicação de espécies para consórcio em sistemas de produção agroecológicos sustentáveis em nitrogênio. Na Figura 1, são apresentadas informações sobre a relação entre o hábito de crescimento e da habilidade fixadora de  $N_2$ , do grupo de leguminosas pesquisadas. Há espécies nodulíferas em todos os hábitos de crescimento avaliados, mas, proporcionalmente nos arbustos há um maior balanço proporcional entre espécies nodulíferas e não nodulíferas. A nodulação foi uma característica verificada para quase 70% das árvores, o que corresponde a 25 espécies, confirmando o papel das árvores no balanço de nitrogênio nas florestas tropicais.

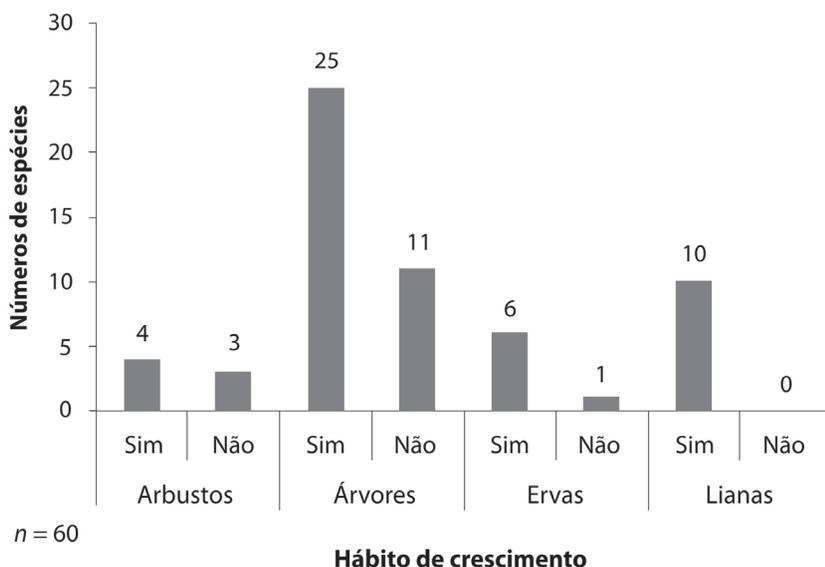


Figura 1. Relação entre o hábito de crescimento e o número de espécies com capacidade de nodulação e fixação de  $N_2$ , das Fabaceae coletadas na Ilha de Maracá, RR.

Entre as lianas encontradas na Ilha de Maracá, 100% das espécies nodularam. Gehring (2003) pesquisou a composição de espécies em cronossucessões de capoeira na Amazônia Central e enfatizou a fre-

quência e abundância das Fabaceae, especialmente nos primeiros anos da sucessão secundária vegetal, contribuindo para a reposição dos estoques de carbono e nitrogênio em ambientes perturbados. Souza et al., (1994), ressaltou a importância das espécies lianescentes de Fabaceae na ciclagem de nutrientes dos ambientes que colonizam já que tem crescimento rápido, possuem caule pouco denso, tem ciclo de vida menor que o das árvores e produzem biomassa fresca rica em nutrientes, particularmente com baixa relação C/N, o que favorece processos de mineralização.

Na Figura 2, avalia-se a proporção de espécies nodulíferas e não nodulíferas nos diferentes ambientes visitados na ilha de Maracá. A fixação biológica de nitrogênio é um processo natural registrado em todos os ambientes visitados. Cinco das oito espécies encontradas em áreas secundárias foram registradas como nodulíferas e nas áreas de savana predominam espécies nodulíferas, exceto feijão-bravo (*Eriosema heterophyllum*). Na mata ribeirinha, as margens do rio Uirariquera e dos furos Santa Rosa, 12 espécies nodulíferas foram registradas, excetuando o mari-mari (*Cassia moschata*), pau roxo (*Peltogyne gracilipes*) e arapari (*Macrolobium acaciifolium*). Na mata de terra firme, onde predominam as leguminosas arbóreas, das 20 espécies encontradas, 12 nodulavam. Nas áreas de vazante, a nodulação foi verificada nas seis espécies de Fabaceae encontradas neste ambiente, indicando que embora em alguma época do ano as áreas sejam inundadas ou ocorra afloramento do lençol freático, as leguminosas estão adaptadas a estas condições estressantes e nodulam e fixam nitrogênio na fase em que o solo reduz o encharcamento.

A nodulação natural das leguminosas de Maracá foi constatada em condições de campo para 17 das espécies estudadas, posteriormente complementadas com as observações em viveiro. No Quadro 2, são reunidas as determinações sobre a fertilidade do solo adjacente aos nódulos encontrados nas raízes das espécies, bem como – para efeitos comparativos – uma avaliação das características químicas dos solos encontrados nos ambientes de floresta e de savana.

A habilidade nodulífera foi associada a solos de acidez elevada e baixa fertilidade de nutrientes, algumas vezes com concentrações elevadas de alumínio tóxico e baixos estoques de matéria orgânica. Considerando-se o pH, doze das espécies nodulavam em solos fortemente ácidos, com níveis iguais ou abaixo de 5,0. Em dois dos solos o pH entre 5,5-6,0 era de acidez mediana. Nos solos adjacentes a nódulos, 15 espécies fixavam

nitrogênio em condições de deficiência de Ca e Mg, entretanto nas áreas de mata ribeirinha, *Acosmium tomentellum* e *Machaerium floribundum* apresentavam nódulos em condições de disponibilidade alta ou mediana destes elementos. Em oito dos solos o ambiente simbiótico tinha deficiência de potássio, e em sete deles os níveis eram medianos entre 0,12-0,20  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  deste elemento. O fósforo também é um elemento escasso nesses solos e em 13 deles os níveis encontrados foram de deficiência e somente nódulos de *Acosmium tomentellum*, *Enterolobium schomburgkii* e *Sclerolobium chrysophyllum* desenvolviam-se em solo com níveis de fósforo medianos. A nodulação também se estabelece em ambiente com níveis tóxicos de alumínio, já que em cinco dos solos estudados os níveis verificados superaram 1,0  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$ , incluindo os teores extremamente excessivos determinados no solo onde nodulava *Abrus pulchellus* subsp. *tenuiflorus*, entretanto este solo no ambiente de vazante apresentava elevados índices de matéria orgânica, que possivelmente neutraliza a atividade tóxica deste elemento no solo.

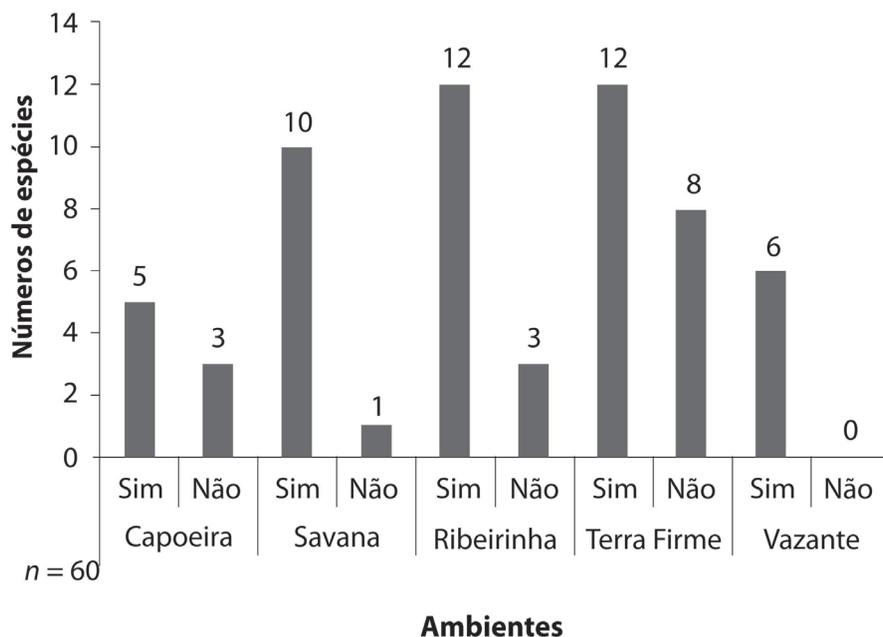


Figura 2. Relação entre o habitat e o número de espécies com capacidade de nodulação e fixação de  $\text{N}_2$ , das Fabaceae coletadas na Ilha de Maracá, RR.

**Quadro 2.** Características químicas de solos coletados adjacentes a nódulos de leguminosas nativas em condições de campo e dos ambientes de terra firme e savana, na ilha de Maracá, RR.

Espécies/Ambientes visitados	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Mat. Org. (%)
		cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>					
<i>Abarema jupunba</i>	4,7	0,17	0,23	0,17	0,5	6	2,06
<i>Abrus pulchellus tenuiflorus</i>	4,0	0,07	0,05	0,02	3,5	3	14,24
<i>Acosmium tomentellum</i>	5,0	11,13	3,44	0,16	0,3	17	13,37
<i>Albizia saman</i>	5,6	0,63	0,23	0,16	0,3	6	1,51
<i>Dalbergia riedelii</i>	4,9	0,07	0,13	0,15	0,5	2	1,99
<i>Desmodium barbatum</i>	5,9	0,19	0,10	0,06	0,2	6	1,38
<i>Dioclea virgata</i>	4,2	0,24	0,28	0,09	1,2	4	4,35
<i>Elizabetha coccinea</i>	4,9	0,35	0,22	0,04	1,2	7	0,48
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	5,3	1,35	0,25	0,03	0,3	19	1,44
<i>Hydrochorea corymbosa</i>	5,4	0,46	0,42	0,22	0,6	6	4,46
<i>Lonchocarpus glabrescens</i>	4,6	0,09	0,19	0,13	1,0	2	3,50
<i>Machaerium floribundum</i>	5,1	3,42	1,54	0,21	0,5	4	5,32
<i>Ormosia flava</i>	5,0	0,07	0,19	0,06	0,4	2	1,03
<i>Ormosia smithii</i>	4,4	0,26	0,41	0,18	1,3	4	6,73
<i>Sclerolobium chrysophyllum</i>	4,9	0,45	0,50	0,12	0,7	16	1,18
<i>Swartzia laurifolia</i>	4,9	0,09	0,15	0,07	0,4	3	0,89
<i>Zollernia paraensis</i>	4,4	0,72	0,46	0,19	1,8	8	4,32
Mata de terra firme	5,1	0,17	0,18	0,11	0,4	4	1,72
Savana	5,4	0,19	0,19	0,09	0,3	5	1,38

Em seis dos solos os teores de matéria orgânica presentes foram baixos, inferiores a 1,5%, mas, em sete deles os níveis de matéria orgânica eram medianos e em quatro deles era elevado, favorecendo o desenvolvimento vegetal e a simbiose nestes solos com baixos estoques de nutrientes para as plantas. Adicionalmente observa-se que os solos amostrados nas áreas de mata de terra firme e savana na Ilha de Maracá, mostravam igualmente acidez mediana, deficiência de Ca, Mg, K e P, toxidez de Al mediana e variações nos níveis de matéria orgânica presentes classificados como baixa ou mediana. Não por acaso as leguminosas

são consorciadas em áreas degradadas ou para aumento da produtividade agrícola, tal fato deve-se a adaptação destas espécies ao ambiente ácido e de baixa fertilidade natural que é comum a quase todos os solos tropicais.

Considerando-se a ausência de resultados de pesquisas qualitativas sobre a capacidade de nodulação em muitos gêneros de leguminosas, este estudo apresenta o primeiro registro da nodulação para o gênero *Fissicalyx*, observando-se a ausência de nódulos em favinha (*Fissicalyx flenderi*), relacionado entre os 22 gêneros listados por Souza (2010) como desconhecidos quando a propriedade da FBN. Quatro outras espécies não estão mencionadas também nas listagens de espécies conhecidas como nodulíferas, e são consideradas novas plantas nodulíferas identificadas no estoque de biodiversidade de espécies de Fabaceae da Amazônia: o timbó (*Lonchocarpus glabrescens*), o piritó (*Swartzia dipetala*), a itaubarana (*Acosmium tomentellum*) e a corticeira (*Aeschynomene fluminensis* Vell. var. *fluminensis* Vell.).

Os resultados desta pesquisa complementam informações sobre a significância evolucionária da habilidade nodulífera das leguminosas, e contribui para os estudos taxonômicos e de filogenia das Fabaceae. Novos acréscimos nesta área de conhecimento são importantes para o aproveitamento das espécies de maior potencial em sistemas de produção e manejo florestal sustentado para a região tropical. Por tratar-se de uma área de preservação, onde os recursos de diversidade e variabilidade genética existente não serão perdidos é possível que o germoplasma de espécies de Fabaceae conservadas na Ilha de Maracá tenha um papel estratégico no futuro em programas de melhoramento genético das espécies de maior valor econômico. Ou, em adicional para o florestamento e reflorestamento de outras partes do estado de Roraima ou de outras regiões da Amazônia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, O.N. & Allen, E.K. *The Leguminosae: a source book of characteristics, uses and nodulation*. The University of Wisconsin Press, 1981, 812p.

Barrios, S. & Gonzalez, V. *Rhizobial symbiosis on Venezuelan savannas*. Plant and Soil, v. 34, p. 707-719, 1971.

Corby, H.D.L. *The systematic value of leguminous root nodules*. In: Advances in legume systematics. Part 2 Polhill, R.M. & Raven, P.H. (Ed.) Proceedings of the International Legume Conference. Royal Botanical Gardens, London, 1981, p. 657-670.

Ducke, A. Notas sobre a flora neotrópica - II. *As leguminosas da Amazônia Brasileira*. Belém: Boletim Técnico do IAN, 1949. 249p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de Métodos de Análise de Solo*, 2<sup>ed</sup>, 1997, 212p.

Fortes, J.L.O.; Balieiro, F.C. & Franco, A.A. Leguminosas arbóreas como agentes de recuperação de áreas degradadas. In: Moura, E.G. (Coord.). *Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil*. Atributos; alterações; uso na produção familiar. UEMA, São Luiz, 1<sup>ed</sup>., 2004, p. 101-132.

Franco, A.A. & Neves, M.C.P. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. (Coords.) *Microbiologia do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, Cap. 16, 1992, p. 219-230.

Franco, A.A. & Faria, S.M. *The contribution of  $N_2$  fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics*. Soil Biology & Biochemistry, v. 29 n° 5/6, p. 897-903, 1997.

Gehring, C. *The role of biological nitrogen fixation in secondary and primary forests of central Amazônia*. University of Bonn, Ecology and Development Series, n° 9, 2003, 170p.

Hallyday, K. & Nakao, P.L. *The symbiotic affinities of woody species under consideration as nitrogen-fixing trees*. NifTAL, Project. University of Hawaii, 1982, 85p.

Lewis, G.P. & Owen, P.E. *Legumes of the ilha de Maracá*. Royal Botanical Gardens, 1989, 95p.

Lewis, G.P.; Schrire, B.; Mackinder, B.; Lock, M. *Legumes of the world*. Kew Publishing. 2005, 592p.

Miranda, I.S. & Absy, M.L. A flora fanerogâmica das savanas de Roraima. In: Barbosa, R.I.; Ferreira, E.J.G. & Castellón, E.G. (Eds.) *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. INPA, 1997, p. 445-462.

Miranda, I.S. & Absy, M.L. Fisionomia das Savanas de Roraima, Brasil. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 30, n° 3, p.423-440, 2000.

Moreira, F.M.S.; Silva, M.F. & Faria, S.M. Occurrence of nodulation in legume species in the Amazon region of Brazil. *New Phytol.*, v. 121, p. 563-570, 1992.

Moreira, F.M.S. Bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam Leguminosae. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. (Eds.) *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Ed. UFPA, Lavras, 2008, p. 621-680.

Rankin-de-Merona, J.M.; Prance, G.; Hutchings, R.W.; Silva, M.F.; Rodrigues, W.A. & Uehling, M.E. Preliminary results of a large-scale tree inventory of upland rain forest in the Central Amazon. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 22, n° 4, 493-534, 1992.

Roskov, Y.R.; Bisby, F.A.; Zarucchi, J.L.; Schrire, B.D. & White, R.J., (Eds.) ILDIS World Database of Legumes: Draft checklist, version 10 (November 2009). CD-ROM. ILDIS: Reading, U.K. 2009. ([www.ildis.org](http://www.ildis.org))

Silva, M.F.; Carreira, L.M.M.; Tavares, A.S.; Ribeiro, I.C.; Jardim, M.A.G.; Lobo, M.G.A. & Oliveira, J. As leguminosas da Amazônia Brasileira - lista prévia. *Acta Botânica Brasileira*, Brasília, v. 2, n° 1, p.93-237, 1989.

Souza, L.A.G.; Silva, M.F. & Moreira, F.W. Capacidade de nodulação de cem leguminosas da região Amazônica. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 24, n° 1-2, p. 9-18, 1994.

Souza, L.A.G. & Silva, M.F. *Estimativa atual da avaliação da habilidade nodulífera das leguminosas da Amazônia associadas à rizóbios*. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26, 1997, Rio de Janeiro, SBCS. CD-ROM. Resumos Expandidos, 1997, 4p.

Souza, L.A.G.; Silva, M.F. & Moreira, F.M.S. Associações rizóbios-arbóreas na Amazônia. In: *Duas décadas de contribuição do INPA à Pesquisa Agronômica no Trópico Úmido*. Noda, H.; Souza, L.A.G. & Fonseca, O.J.M. (Ed.). INPA, Manaus, 1997, p. 193-219.

Souza, L.A.G. Levantamento da habilidade nodulífera e fixação simbiótica de N<sub>2</sub> nas Fabaceae da região amazônica. *Enciclopédia Biosfera*, v. 6, n° 10, p. 1-11, 2010.

Sprent, J.I. Evolving ideas of legume evolution and diversity: a taxonomic perspective on the occurrence of nodulation. *New Phytologist*, v. 174, p. 11-25, 2007.

Tutim, T.G. Classification of legumes. In: *Nutrition of the legumes*. Halls-worth, E.G. (Ed.) *Academic Press*. New York, 1958, p. 3-14.

# ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULARNA AMAZÔNIA CENTRAL

Arlem Nascimento de OLIVEIRA<sup>1</sup>, Luiz Antonio de OLIVEIRA<sup>2</sup>  
e Francisco Wesen MOREIRA<sup>2</sup>

## Palavras chave:

Microbiologia do Solo,  
Associações Rizosféricas, Fertilidade do Solo

## INTRODUÇÃO

Os solos de terra firme da Amazônia estão entre os mais jovens e os mais antigos do mundo. Nessa região predominam as classes Latossolo Amarelo distrófico de textura argilosa e o Argissolo Vermelho-Amarelo (Sanchez et al., 1982). Quimicamente, esses solos são ácidos, saturados por alumínio e pobres na maioria dos nutrientes. À primeira vista, isso pode parecer contraditório, pois neles encontram-se os ambientes florestais com a maior fitodiversidade do mundo (Gentry, 1988; Oliveira & Mori, 1999; Oliveira & Amaral, 2004a). A explicação é que nessas florestas, a nutrição das plantas depende em grande parte dos componentes nutricionais liberados da liteira decomposta. Isso é possível graças às interações estabelecidas entre organismos transformadores e enriquecedores do solo, os quais geram processos de decomposição, mineralização, solubilização, fixação e absorção de minerais. Os fungos formadores de micorrizas arbusculares (FMAs) constituem uma importante fração dessa riqueza biológica.

As micorrizas arbusculares (MAs) são associações ecológicas interespecíficas não patogênicas envolvendo plantas e fungos que colonizam o tecido cortical das raízes durante a fase ativa de crescimento vegetal. As hifas externas e os arbúsculos são responsáveis pela troca bidirecional de

1 Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas – IPAAM. arllem@yahoo.com.br;

2 Coordenação de Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – COTI/INPA, Av. André Araújo, 2936, 69011-970, Petrópolis, Manaus, AM.

nutrientes entre os parceiros simbióticos. A planta abastece os fungos com substratos de carbono, enquanto eles auxiliam as plantas na absorção de água, fósforo e outros nutrientes minerais do solo (Smith & Read, 1997; Oliveira & Oliveira, 2003c, 2004b, 2005b). A interação simbiótica pode ainda aumentar a resistência das plantas aos estresses bióticos e abióticos (Ricken & Hofner, 1996).

Os benefícios às plantas em função da associação micorrízica podem ser do ponto de vista agrônomo pelo aumento de crescimento e rendimento, ou ecológico por melhorar a performance vegetal, por exemplo, a habilidade reprodutiva (Sylvia, 1998). Em ambos os casos, o benefício resulta originalmente porque a associação micorrízica permite a formação de uma ligação crucial entre as raízes das plantas e o solo. Os fungos micorrízicos usualmente proliferam tanto nas raízes como no solo. As hifas externas pegam os nutrientes da solução do solo e os transportam para as raízes das plantas. É justamente por meio desse mecanismo que as micorrizas ampliam a capacidade efetiva de exploração e aquisição de nutrientes das plantas. Em solos pobres em nutrientes ou deficientes em água, as hifas assumem quase que integralmente a absorção de nutrientes e água do solo. Nessa condição edáfica, a simbiose é essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Portanto, as plantas micorrízicas são mais competitivas e melhor condicionadas fisiologicamente para tolerar estresses ambientais, do que as plantas não-micorrízicas (Davies et al., 1992; Smith & Read, 1997). Por esses atributos, a associação micorrízica arbuscular é considerada um dos componentes bióticos vitais na funcionalidade e sustentabilidade dos agroecossistemas (van der Heijden et al., 1998; O'Connor et al., 2002).

Evidências fósseis e detalhes moleculares indicam que as MAs surgiram no início da era Devoniana, por volta de 400-460 milhões de anos atrás (Re-decker et al., 2000). Tal fato é de excepcional interesse, pois sugere que as micorrizas foram vitais na colonização do ambiente terrestre pelas primeiras plantas vasculares (Simon et al., 1993). Contudo, ao longo do processo evolutivo, cerca de 10% delas perderam a capacidade de interação com seus parceiros simbióticos (Tester et al., 1987). Algumas plantas das famílias Proteaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Zygophyllaceae, Nyctaginaceae, Sapotaceae (Brundrett, 1991) e Lecythidaceae (Brundrett, 1991; Moreira et al., 1997) são consideradas não-micotróficas, isto é, não-micorrízicas. Embora as famílias Chenopodiaceae (Harley & Smith, 1983), Cyperaceae, Amaranthaceae e Juncaceae (Brundrett, 1991) serem também referidas como não-micorrízicas,

alguns autores (Barrow et al., 1997) relataram que algumas de suas espécies podem ser colonizadas em ecossistemas naturalmente estressados.

Como simbioses obrigatórios, os fungos formadores de micorrizas arbusculares são dependentes do seu parceiro autotrófico para o seu suprimento de carbono. Comparações de economias de carbono de raízes micorrizadas e não micorrizadas têm mostrado que a assistência da simbiose requer a transferência adicional de 4-20% do carbono líquido fixado pelas plantas (Douds et al., 1988; Jakobsen & Rosendahl, 1990). Embora essa demanda possa parecer um “custo” da simbiose, existem fortes evidências de que o processo de assimilação de carbono pode ser influenciado pela colonização micorrízica independentemente do status nutricional da planta.

Os fungos formadores de micorrizas arbusculares são membros da ordem Glomales (Zigomicetos), abrangendo sete gêneros (Morton & Redecker, 2001): *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Paraglomus* e *Scutellospora* (Tabela 1). Atualmente, existem 180 espécies descritas. Com 55% das espécies, o gênero *Glomus* é o mais diversificado, enquanto *Paraglomus*, *Archaeospora* e *Entrophospora* com apenas dois, quatro e cinco espécies cada um, são os menos ricos em espécies.

**Tabela 1.** Classificação taxonômica atual dos fungos micorrízicos arbusculares. Adaptado de Morton & Redecker (2001).

Classe: Zigomicetos Ordem: Glomales		
Sub-ordem	Família	Gênero(s)
Glomineae	Paraglomaceae	<i>Paraglomus</i>
	Archaeosporaceae	<i>Archaeospora</i>
	Glomaceae	<i>Glomus</i>
	Acaulosporaceae	<i>Entrophospora</i> e <i>Acaulospora</i>
Gigasporineae	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i> e <i>Scutellospora</i>

## ASSOCIAÇÕES MICORRÍZICAS ARBUSCULARES NA AMAZÔNIA CENTRAL

A primeira investigação científica sobre MAs na Amazônia Central foi conduzida por St. John & Machado (1978). O estudo tinha como proposta avaliar uma possível influência desses fungos na ramificação de raízes de *Clitoria fairchildiana* Howard. Porém, ao final do experimento, os resultados não revelaram qualquer participação desses fungos na proliferação radicular dessa leguminosa, estando esse efeito a cargo de outros microrganismos do solo.

No início da década de 80, St. John (1980a) fez a primeira referência da associação micorrízica arbuscular em essências florestais nativas da Amazônia Central. Avaliando um universo de 77 espécies, incluindo árvores, palmeiras e lianas lenhosas com DAP mínimo de 15 cm, o autor reportou a ocorrência desse tipo de associação nas raízes de 74% das plantas (Tabela 2). Por não exibirem nenhuma estrutura fúngica em suas raízes durante o período investigado, as espécies *Syagrus* sp. (Arecaceae), *Swartzia reticulata* Ducke e *Swartzia* sp. (Fabaceae), *Rourea* sp. (Connaraceae), *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, *Salacia impressifolia* (Miers) A.C. Sm. e *Salacia* sp. (Hippocrateaceae), *Corythophora alta* Knuth, *C. rimosa* W.A. Rodrigues, *Couratari guianensis* Aubl., *Eschweilera jarana* (Huber ex Ducke) Ducke, *Eschweilera* sp. 1 e *Eschweilera* sp. 2 (Lecythidaceae), *Ficus* sp., *Helicostylis tomentosa* (Poepp. & Endl.) Rusby e *Helicostylis* sp. (Moraceae), *Heisteria* sp. (Olacaceae), *Quiina pteridophylla* (Radlk.) Pires (Quiinaceae), *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radk., *P. guianensis* Aubl. e *Pouteria* sp. (Sapotaceae) foram consideradas não micorrízicas.

Nessa investigação, St. John (1980a) observou que, ao nível de gênero, a condição micorrízica demonstrava certa constância, porém, variando em outros. Os representantes dos gêneros *Protium* e *Brosimum* mostraram-se fortemente colonizadas, ao passo que os do gênero *Eschweilera* exibiram uma fraca colonização radicular (Tabela 2) e todas as espécies de *Swartzia* foram não-micorrízicas. Ao nível de família, os dados mostraram que algumas delas foram uniformes e outras completamente variáveis quanto à condição micorrízica. Excetuando as espécies de *Swartzia* (Fabaceae), as três subfamílias (Caesalpiniaceae, Fabaceae e Mimosaceae) tiveram suas raízes levemente ou fortemente colonizadas pelos fungos micorrízicos. Lauraceae, Vochysiaceae e Lecythidaceae também evidenciaram pequena variabilidade, enquanto as famílias Moraceae e Sapotaceae ampla variação entre suas espécies (Tabela 2).

**Tabela 2.** Condição micorrízica de 57 espécies florestais nativas da Amazônia Central. Adaptado de St. John (1980a).

Famílias	Nomes científicos	Condição micorrízica <sup>(1)</sup>
Annonaceae	<i>Unonopsis stipitata</i> Diels	Fortemente colonizada
Apocynaceae	<i>Geissospermum argenteum</i> Woodson	Levemente colonizada
Arecaceae	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Moderadamente colonizada
Bombacaceae	<i>Scleronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	Levemente colonizada
Burseraceae	<i>Protium paraense</i> Cuatrec.	Fortemente colonizada
	<i>Protium pedicellatum</i> Swart	Fortemente colonizada
	<i>Protium</i> sp.	Fortemente colonizada
	<i>Tetragastris</i> sp.	Levemente colonizada
Caryocaraceae	<i>Caryocar pallidum</i> A.C. Sm.	Fortemente colonizada
Chrysobalanaceae	<i>Couepia canomensis</i> (Mart.) Benth. ex Hook. f.	Levemente colonizada
	<i>Couepia obovata</i> Ducke	Fortemente colonizada
	<i>Licania pallida</i> Spruce ex Sagot	Moderadamente colonizada
Combretaceae	<i>Buchenavia</i> sp.	Fortemente colonizada
Dichapetalaceae	<i>Tapura guianensis</i> Aubl.	Levemente colonizada
Duckeodendraceae	<i>Duckeodendron cestroides</i> Kuhlm.	Levemente colonizada
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Moderadamente colonizada
Fabaceae	<i>Dalbergia</i> sp.	Moderadamente colonizada
	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Fortemente colonizada
	<i>Eperua bijuga</i> Mart. ex Benth.	Fortemente colonizada
	<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	Fortemente colonizada
	<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & Grimes	Moderadamente colonizada
Humiriaceae	<i>Sacoglottis ceratocarpa</i> Ducke	Levemente colonizada
	<i>Sacoglotti mattogrossensis</i> Malme	Moderadamente colonizada
Lauraceae	<i>Aniba rosaedora</i> Ducke	Moderadamente colonizada
	<i>Licaria aurea</i> (Huber) Kosterm.	Fortemente colonizada
	<i>Licaria</i> sp.	Moderadamente colonizada
	<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C.K. Allen	Fortemente colonizada
Lecythidaceae	<i>Eschweilera amara</i> (Aubl.) Nied.	Levemente colonizada

**Tabela 2.** Condição micorrízica de 57 espécies florestais nativas da Amazônia Central. Adaptado de St. John (1980a). (Cont.)

Famílias	Nomes científicos	Condição micorrízica <sup>(1)</sup>
	<i>Eschweilera odora</i> (Poepp. ex O. Berg) Miers	Levemente colonizada
	<i>E. polyantha</i> A.C. Sm.	Levemente colonizada
	<i>Eschweilera</i> sp. 3	Levemente colonizada
	<i>Eschweilera</i> sp. 4	Levemente colonizada
	<i>Eschweilera</i> sp. 5	Levemente colonizada
Meliaceae	<i>Trichilia weddellii</i> C. DC.	Moderadamente colonizada
Monimiaceae	<i>Siparuna</i> sp.	Moderadamente colonizada
Moraceae	<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke	Fortemente colonizada
	<i>Brosimum utile</i> (H.B.K.) Pittier	Fortemente colonizada
	<i>Brosimum</i> sp.	Fortemente colonizada
	<i>Naucleopsis caloneura</i> (Huber) Ducke	Levemente colonizada
Myrtaceae	<i>Eugenia citrifolia</i> Poir.	Levemente colonizada
	<i>Eugenia egensis</i> DC.	Fortemente colonizada
Ochnaceae	<i>Oureatea discophora</i> Ducke	Moderadamente colonizada
Olacaceae	<i>Minuartia guianensis</i> Aubl.	Moderadamente colonizada
Rubiaceae	<i>Rudgea</i> sp.	Moderadamente colonizada
Sapotaceae	<i>Eremoluma sagotiana</i> Baill.	Moderadamente colonizada
	<i>Pouteria</i> sp.	Moderadamente colonizada
	<i>Priurella</i> sp.	Levemente colonizada
	<i>Pouteria cladantha</i> Sandwith	Moderadamente colonizada
Sterculiaceae	<i>Sterculia</i> cf. <i>pruriens</i> (Aubl.) K. Schum.	Moderadamente colonizada
	<i>Theobroma</i> sp.	Moderadamente colonizada
Tiliaceae	<i>Lueheopsis rosea</i> (Ducke) Burret	Moderadamente colonizada
Violaceae	<i>Rinorea</i> sp.	Fortemente colonizada
Vochysiaceae	<i>Erisma bicolor</i> Ducke	Moderadamente colonizada
Vochysiaceae	<i>Erisma fuscum</i> Ducke	Moderadamente colonizada
	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Moderadamente colonizada
	<i>Qualea</i> sp.	Moderadamente colonizada

<sup>(1)</sup> Os critérios de classificação da condição micorrízica em levemente, moderadamente e fortemente colonizadas não foram apresentados pelo autor.

No mesmo ambiente florestal, St. John (1980a) documentou, ainda, a existência de uma relação estatisticamente significativa entre a profundidade de coleta das raízes (0-10, 10-30 e > 30 cm) e a condição micorrízica das plantas. Essa relação mostrou que as raízes superficiais são mais densamente colonizadas do que àquelas presentes nas camadas mais profundas do solo. Os dados mostraram, também, que as raízes coletadas abaixo de 30 cm de profundidades não formaram MAs.

Para St. John (1980a), a ausência de colonização micorrízica seria uma possível “estratégia ecológica” das espécies já que raízes superficiais obteriam fósforo mais eficientemente do que as de raízes mais profundas. Quando ficam fora da zona de competição, as raízes profundas usariam um diferente volume de solo, sendo possivelmente eficientes na aquisição de nutrientes, mesmo sem o auxílio da associação micorrízica. Outra possível explicação seria a tolerância à baixa concentração interna de nutrientes dessas plantas (maior eficiência de uso dos nutrientes), evitando uma possível competição com as espécies micorrízicas (St. John, 1980a).

Baylis (1975) propôs uma hipótese na qual a dependência micorrízica das plantas em absorver nutrientes do solo estaria relacionada às características de suas raízes. Segundo ela, plantas com raízes magnolióides (raízes grossas, fibrosas, sem ou com poucos pelos radiculares) teriam a capacidade absorptiva de suas raízes largamente ampliada pela associação micorrízica. Essas características permitiam ainda, que elas respondessem positivamente à simbiose mesmo em solos relativamente férteis. Por outro lado, as dotadas de raízes graminóides (finas com uma densa cobertura de longos pelos radiculares) seriam menos ou não dependentes da simbiose para absorver minerais do solo. Portanto, menos micotróficas.

Reexaminando a hipótese de Baylis (1975) com árvores tropicais (St. John, 1980a), St. John (1980b) identificou certas controvérsias daquele estudo. Isso porque, embora o autor tenha anotado uma relação significativa entre as características da raiz magnolióide das espécies *Aniba rosaeodora* Ducke, *Licaria aurea* (Huber) Kosterm., *Licaria* sp., *Nectandra rubra* (Mez) C.K. Allen, *Unonopsis stipitata* Diels e *Siparuna* sp. e as suas respectivas condição micorrízica (Tabela 1), outras espécies também magnolióides mostraram-se não micorrízicas ou apenas levemente colonizadas, evidenciando que outros fatores podem estar afetando a colonização das raízes.

Outra listagem de plantas tropicais naturalmente colonizadas por fungos micorrízicos do tipo arbuscular foi publicada por St. John (1980c).

Nesse trabalho, o autor apenas relatou a ocorrência da associação micorrízica, sem discutir a frequência ou a condição micorrízica das espécies hospedeiras. No entanto, revelou o estabelecimento da associação em outros grupos de plantas de reconhecida importância regional, como frutíferas, hortícolas, medicinais e ornamentais (Tabela 3).

Avaliando as ocorrências de micorrizas arbusculares em plantios de espécies florestais na região de Manaus, Bonetti et al. (1984) além de confirmarem esse tipo de associação em plantas de *Zygia racemosa* (Ducke) Barneby & Grimes (St. John, 1980a), anotaram altos percentuais de colonização radicular em *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke e *Goupia glabra* Aubl., enaltecendo os estudos de Jordan & Herreira (1981) e St. John & Uhl (1983), nos quais afirmam que as MAs ocorrem de maneira generalizada nos ambientes florestais de terra firme da Amazônica.

Em solos de várzea, Bonetti & Navarro (1990) reportaram em seus estudos altas taxas de colonização micorrízica em frutíferas nativas da Amazônia (Tabela 4). Nesses solos, o pH variou de 4,5 a 5,3, sugerindo o potencial desses fungos em colonizarem às plantas em ambientes com altos teores de fósforo e de acidez elevada. Os autores revelaram, ainda, uma densidade máxima de 30 esporos micorrízicos  $50\text{ g}^{-1}$  de solo seco, com predomínio do gênero *Acaulospora* nas amostras.

Figueiredo (1994) igualmente registrou altos percentuais de colonização micorrízica em plantas cultivadas em solos de várzeas (Careiro da Várzea, AM). Nesse ambiente, os fungos formadores de micorrizas arbusculares praticamente não foram depreciados pelos altos teores de fósforo (Tabela 5), contrariando vários estudos, segundo os quais, níveis altos desse elemento no solo interferem negativamente tanto na colonização como na esporulação desses fungos. Portanto, esses resultados sugerem que o estabelecimento e a taxa de colonização micorrízica em ecossistemas de várzea podem estar associados a fatores edafoclimáticos, bem como aos aspectos da relação fungo-hospedeiro.

Como observado no trabalho de Bonetti et al. (1984), o estudo de Figueiredo (1994) mostrou uma baixa densidade populacional de esporos (máximo de sete esporos em 30 g de solo seco), muito inferior aos números registrados em solos de terra firme (Guitton, 1996; Oliveira, 2001). Esses relatos também sugerem uma possível influência das características do solo na esporulação de fungos formadores de micorrizas arbusculares, como recentemente observado por Oliveira & Oliveira (2003a) em um solo de terra firme.

**Tabela 3.** Espécies tropicais brasileiras naturalmente colonizadas por fungos formadores de micorrizas arbusculares. Adaptado de St. John (1980b).

Famílias	Nomes científicos	Interesses <sup>(1)</sup>
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Frutífero
	<i>Mangifera indica</i> L.	Frutífero
Araliaceae	<i>Polyscias cumingiana</i> (C. Presl) Fern.- Vill.	Ecológico
Araceae	<i>Philodendron</i> sp.	Ornamental
Asteraceae	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Medicinal
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Alimentar
	<i>Vernonia grisea</i> Baker	Ecológico
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i> sp.	Ornamental
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Industrial
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Madeireiro
	<i>Matisia cordata</i> Bonpl.	Frutífero
Chrysobalanaceae	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Arborização
	<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Ecológico
Clusiaceae	<i>Mammea americana</i> L.	Ecológico
	<i>Vismia</i> sp.	Ecológico
Combretaceae	<i>Buchenavia grandis</i> Ducke	Ecológico
	<i>Terminalia catappa</i> L.	Arborização
Ericaceae	<i>Satyria panurensis</i> (Benth.) Benth. & Hook. f. ex Nied	Ecológico
Euphorbiaceae	<i>Croton lanjouwensis</i> Jaubl.	Ecológico
	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Alimentar
	<i>Ricinus communis</i> L.	Medicinal
Fabaceae	<i>Arachis</i> sp.	Ecológico
	<i>Bauhinia</i> sp.	Ecológico
	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Ornamental
	<i>Clitoria racemosa</i> Sessés & Moc.	Arborização
	<i>Erythrina glauca</i> Willd.	Ecológico
	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Alimentar
	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i> Necker ex Decandolle	Ecológico
	<i>Pachyrhizus tuberosus</i> (Lam.) Spreng.	Ecológico
Malpigiaceae	<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth	Frutífero

**Tabela 3.** Espécies tropicais brasileiras naturalmente colonizadas por fungos formadores de micorrizas arbusculares. Adaptado de St. John (1980b) (Cont.).

Famílias	Nomes científicos	Interesses <sup>(1)</sup>
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	Ornamental
Melastomataceae	<i>Bellucia</i> sp.	Ecológico
Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Madeireiro
Moraceae	<i>Ficus microcarpa</i> L.f.	Arborização
	<i>Ficus</i> sp.	Arborização
	<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	Ecológico
	<i>Naucleopsis caloneura</i> (Huber) Ducke	Madeireiro
Musaceae	<i>Musa</i> spp.	Frutífero
Myrtaceae	<i>Eugenia malaccensis</i> L.	Frutífero
	<i>Psidium guajava</i> L.	Frutífero
	<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) CD.	Ecológico
Piperaceae	<i>Piper nigrum</i> L.	Alimentar
Poaceae	<i>Axonopus flabelliformis</i> Swallen	Ecológico
	<i>Brachiaria</i> sp.	Ecológico
	<i>Centochloa</i> sp.	Ecológico
	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Ecológico
Sapindaceae	<i>Paullinia cupana</i> Kunth	Frutífero
Sapotaceae	<i>Glycoxylon inophyllum</i> (Mart. ex Miq.) Ducke	Ecológico
Sapotaceae	<i>Pouteria ucuqui</i> Pires & R.E. Schult.	Ecológico
Schizaeaceae	<i>Schizaea incurvata</i> Schkuhr	Ecológico
	<i>Schizaea pennula</i> Sw.	Ecológico
Solanaceae	<i>Solanum topiro</i> Dunal	Ornamental
Sterculiaceae	<i>Theobroma cacao</i> L.	Frutífero
	<i>T. grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum	Frutífero
Ulmaceae	<i>Trema</i> sp.	Ecológico
Verbenaceae	<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	Ecológico
	<i>Lantana camara</i> L.	Ecológico
Vochysiaceae	<i>Vochysia</i> sp.	Ecológico

<sup>(1)</sup> Fontes: Prance & Silva (1975) e Oliveira & Amaral (2004a).

**Tabela 4.** Associação micorrízica arbuscular em seringueira e frutíferas cultivadas em um solo aluvial de várzea da Amazônia. Adaptado de Bonetti & Navarro (1990).

Nomes científicos	pH (água)	Condição micorrízica <sup>(1)</sup>
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.	4,5	+
<i>Theobroma cacao</i> L.	5,3	+
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	5,2	+
<i>Spondias lutea</i> L.	4,6	-

<sup>(1)</sup> Os critérios de classificação da condição micorrízica não foram revelados pelos autores.

Guitton (1996) registrou a ocorrência natural da associação micorrízica arbuscular em oito espécies florestais nativas da Amazônia Central. O autor observou taxas diferenciadas de colonização radicular entre as espécies, variação sazonal na quantidade de esporos e nos teores de macro e micronutrientes nas rizosferas das plantas. Para a colonização radicular, os estudos indicaram os meses menos chuvosos do ano como os mais favoráveis à colonização micorrízica. Oliveira & Oliveira (2003b), estudando a ocorrência de sazonalidade na colonização e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em plantas de cupuaçuzeiro e pupunheira observaram os menores percentuais de colonização micorrízica na coleta de setembro (período seco). Entretanto, apesar das plantas mostrarem-se mais densamente colonizadas em fevereiro (período chuvoso), elas não diferiram significativamente dos meses de agosto e novembro, considerados de pouca precipitação.

Oliveira et al. (1998, 1999b) constataram correlações lineares significativas e positivas entre as variáveis umidade do solo e os fungos micorrízicos na rizosfera das plantas de cupuaçu, guaraná e pupunha. Entretanto, Oliveira & Oliveira (2000b) observaram tendências na redução da colonização radicular à medida que aumenta a umidade na rizosfera das plantas. Embora contraditórios, os dados evidenciam que os fungos micorrízicos arbusculares, dependendo da espécie hospedeira, podem ser ou não influenciados por fatores climáticos da região. Maiores detalhes podem ser encontrados no estudo de Oliveira & Oliveira (2005b).

**Tabela 5.** Associação micorrízica arbuscular e teores de fósforo em solos de várzea do Município de Careiro da Várzea, AM. Adaptado de Figueiredo (1994).

Nomes científicos	Colonização micorrízica (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )
<i>Zea mays</i> L.	84,0	154
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	86,0	128
<i>Paspalum fasciculatum</i> Willd. ex Flügge	98,0	99
<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	88,0	129
<i>Brassica oleracea</i> L.	81,0	129
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf	75,0	102
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	76,0	161
<i>Oryza grandiglumis</i> (Döll) Prod.	68,0	97
<i>Allium cepa</i> L.	88,0	185
<i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc.	100,0	103
<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick.	84,0	86
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	72,0	124

Investigando a ocorrência de MAs em 31 espécies da família Lecythidaceae em uma floresta primária de terra firme da Amazônia Central, Moreira et al. (1997) observaram total ausência de fungos na grande maioria das espécies, enquanto que em outras, apenas algumas hifas foram encontradas nas raízes, mas sem vesículas ou arbúsculos, estruturas fúngicas que confirmariam a associação simbiótica arbuscular. Baseado nos seus e em outros resultados (St. John, 1980c), os autores concluíram que em condições naturais de floresta de terra firme, e dependendo da época do ano, essas plantas podem não se beneficiar da simbiose e dos pelos radiculares para absorção de nutrientes, contrariando os estudos de Baylis (1975).

## ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR E TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES

Oliveira et al. (1999), estudando as relações entre os percentuais de colonização por fungos micorrízicos arbusculares e os teores de nutrientes nas folhas de essências florestais nativas da Amazônia, concluíram que as micorrizas contribuem significativamente para a absorção de nutrientes em solos ácidos e de baixa fertilidade (Tabela 6). Nesse estudo de campo, as espécies *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., *Eremoloma williamii* Aubl. & Pellegr., *Scleronema micranthum* (Ducke) Ducke e *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke não exibiram correlações com os parâmetros avaliados.

**Tabela 6.** Correlações entre as colonizações micorrízicas (%) e os teores de macro ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas de quatro espécies florestais nativas da Amazônia. Médias de duas épocas de coleta, dez repetições. Adaptado de Oliveira et al. (1999).

Nomes científicos	Equações	Valores de $r^2$ (%)
<i>Calophyllum angulare</i> A.C. Smith	$P = 0,001 \text{ FMAs} + 0,048$	70,1** <sup>(1)</sup>
	$\text{Fe} = - 0,466 \text{ FMAs} + 114,800$	41,3*
	$\text{Cu} = 0,114 \text{ FMAs} + 1,162$	64,2**
<i>Simaruba amara</i> Aubl.	$\text{Zn} = 0,114 \text{ FMAs} + 74,040$	54,3*
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	$P = 0,001 \text{ FMAs} + 0,101$	44,8*
	$\text{Cu} = 0,074 \text{ FMAs} + 2,273$	41,0*
<i>Caryocar villosum</i> Aubl.	$\text{Ca} = 0,004 \text{ FMAs} + 0,072$	45,6*
	$\text{Mn} = 0,617 \text{ FMAs} + 24,240$	42,8*

<sup>(1)</sup> \* e \*\* = Significativos a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.

Em seus estudos com bananeiras em um Latossolo Amarelo da Amazônia Central, Oliveira & Oliveira (2003c) documentaram a importância da associação micorrízica arbuscular nas absorções de Ca, K e Zn pelo cultivar Maçã e Cu pelo cultivar Prata (Tabela 7), apesar de o solo ter alto teor de P disponível ( $244 \text{ mg kg}^{-1}$ ), o que normalmente diminui a colonização micorrízica e, por consequência, seus benefícios nutricionais.

Na mesma área experimental, Oliveira & Oliveira (2005) ratificaram a importância da colonização micorrízica no balanço nutricional de bananeiras em condições de campo. Nesse trabalho, a associação micorrízica arbuscular correlacionou-se com os teores de K, Mg, P e Zn no cultivar Maçã, K e P no Nanica e Zn na banana Prata (Tabela 7).

Ainda nesse estudo, os cultivares Mysore e Pacovan, mesmo apresentando estatisticamente os mesmos percentuais de colonização das bananas Maçã, Nanica e Prata, não apresentaram relações significativas entre as características avaliadas. Esses dados sugerem que fungos podem exibir colonizações micorrízicas semelhantes nas raízes, mas podem favorecer diferentemente a absorção de nutrientes (eficiência micorrízica), conforme observado por Bonetti et al. (1984) em plantas de *Macroptilium atropurpureum* (Sessé & Moc. ex. DC.) Urb., com relação ao P.

**Tabela 7.** Correlações entre as colonizações micorrízicas (%) e os teores de macro ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no tecido de cultivares de bananeiras. Médias de quatro épocas de coleta, cinco repetições. Adaptado de Oliveira & Oliveira (2003, 2005).

Cultivares	Equações	Valores de $r^2$ (%)
<b>Oliveira &amp; Oliveira (2003)</b>		
Maçã	Ca = 0,603 FMAs – 27,130	47,1*( <sup>1</sup> )
	K = 1,342 FMAs – 35,410	59,6**
	Zn = 0,241 FMAs + 6,085	75,0**
Prata	Cu = 0,215 FMAs – 2,815	61,8**
<b>Oliveira &amp; Oliveira (2005)</b>		
Maçã	K = 57,178 FMAs – 0,631	62,4**
	Mg = 4,793 FMAs – 0,052	50,4**
	P = 3,097 FMAs – 0,036	61,2**
	Zn = 22,924 FMAs – 0,103	46,9**
Nanica	K = 0,313 FMAs + 15,109	44,5*
	P = 0,019 FMAs + 0,312	49,3**
Prata	Zn = 4,522 FMAs + 0,384	41,1*

(<sup>1</sup>)\*, \*\* significativos aos níveis de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Oliveira & Oliveira (2004b), avaliando a associação micorrízica arbuscular e os teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro e guaranazeiro de um sistema agroflorestal na região de Manaus, relataram a influência da estação de amostragem nos benefícios nutricionais da simbiose. Nesse estudo, o cupuaçuzeiro exibiu sete correlações significativas, sendo quatro na estação seca (Ca, Mg, P e Cu) e três na estação chuvosa (Mg, P e Cu).

No guaranazeiro, as correlações positivas foram com Ca e Fe na estação seca. Na chuvosa, o estudo mostrou, ainda, duas correlações, sendo uma positiva com Zn e outra negativa com o Cu (Tabela 8), contrariando relatos anteriores (Oliveira et al., 1999; Oliveira & Oliveira, 2003c), que observaram benefícios da associação na aquisição desse nutriente.

**Tabela 8.** Correlações entre as colonizações micorrízicas (%) e os teores de macro ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas de plantas de cupuaçu e guaraná de um Sistema Agroflorestal em Manaus, AM. Médias de duas estações de coleta, cinco repetições. Adaptado de Oliveira & Oliveira (2004).

Espécies	Equações	Valores de $r^2$ (%)
<b>Estação seca</b>		
Theobroma grandiflorum	Ca = 0,248 FMAs + 1,014	42,1*( <sup>1</sup> )
	Mg = 0,305 FMAs - 0,035	66,6**
	P = 0,049 FMAs + 0,535	46,6*
	Cu = 0,447 FMA + 16,876	76,9**
Paullinia cupana	Ca = 0,260 FMAs + 0,727	44,4*
	Fe = 2,507 FMAs + 72,571	44,8*
<b>Estação chuvosa</b>		
Theobroma grandiflorum	Mg = 0,326 FMAs - 1,272	66,3**
	P = 0,085 FMAs - 0,094	77,4**
	Cu = 0,466 FMA + 15,724	72,2**
Paullinia cupana	Zn = 1,333 FMAs - 2,632	75,7**
	Cu = -0,392 FMAs + 18,123	51,7*

(<sup>1</sup>) \* ; \*\* significativos aos níveis de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

## CONCLUSÕES

As diferentes pesquisas realizadas até o momento revelam que os fungos formadores de micorrizas arbusculares ocorrem naturalmente nos ecossistemas de várzea e terra firme da região, mostrando-se comum em muitas espécies anuais, medicinais, ornamentais, arbóreas e frutíferas nativas. Porém, a esporulação e intensidade de colonização por esses fungos e os prováveis benefícios nutricionais em condições naturais, parecem estar relacionados a fatores bióticos (fungos, plantas, interação, etc.) e abióticos (pH, disponibilidade de nutrientes, umidade do solo, precipitação, etc.) e, provavelmente, à interação de ambos. Portanto, informações mais detalhadas sobre essas e outras variáveis são imprescindíveis no entendimento e manejo dessa simbiose, nas condições edafoclimáticas da Amazônia. Entretanto, para transformar essas pesquisas em tecnologia disponível à sociedade, como um programa de inoculação de mudas, muitos outros estudos se fazem necessários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrow, J.R.; Havstad, K.M.; McCaslin, B.D. 1997. Fungal root endophytes in fourwing saltbush, *Atriplex canescens*, on arid rangelands of southwestern USA. *Arid Soil Research Rehabilitation*, 11:177-185.
- Baylis, G.T.S. 1975. The magnolioid mycorrhiza and micotrophy in root systems derived from it. In: Sanders, F.E.; Mosse, B.; Tinker, P.B. (Eds). *Endomycorrhizas*. Academic London, p. 373-389.
- Bonetti, R. 1984. Effect of vesicular-arbuscular mychorrizha in the nodulation, growth and phosphorus and nitrogen uptake in siratro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 8:189-192.
- Bonetti, R.; Navarro, R.B. 1990. Ocorrência de micorriza vesículo-arbuscular (MVA) em espécies frutíferas nativas da região amazônica. *Energ. Nucl. Agric.*, 11:26-33.
- Brundrett, M. 1991. Mycorrhizas in natural ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 21: 171-313.
- Davies, F.T.; Potter, J.R.; Linderman, R.G. 1993. Drought response of mycorrhizal pepper plants independent of leaf P concentration response in gas exchange and water relations. *Physiologia Plantarum*, 87:45-53.
- Douds, D.D.; Johnson, C.R.; Koch, K.E. 1988. Carbon costs of the fungal symbiont relative to net leaf P accumulation in a split-root VA mycorrhizal symbiosis. *Plant Physiology*, 86:491-496.
- Figueiredo, E.M. 1994. *Ocorrências de micorrizas vesículo-arbusculares em solos e plantas em três ilhas de várzea do Estado do Amazonas*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 129p.
- Gentry A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75:1-34.
- Guitton, T.L. 1996. *Micorrizas vesículo-arbusculares em oito espécies florestais da Amazônia: Efeitos de fatores sazonais e edáficos em plantios experimentais de terra firme na região de Manaus-AM*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 81p.
- Harley, J.L.; Smith, S.E. 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, 483p.

Harrison, M.J. 1998. Development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Opinion in Plant Biology*, 1:360-365.

Jakobsen, I.; Rosendahl, I. 1990. Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. *New Phytologist*, 115:77-83.

Jordan, C.F.; Herrera, R. 1981. Tropical rain forest: Are nutrients really critical? *Am. Nat.*, 117:167-180.

Moreira, F.W.; Oliveira, L.A.; Becker, P. 1997. Ausência de micorrizas vesículo-arbusculares efetivas em Lecythidaceas numa área de floresta primária da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 27:3-8.

Morton, J.B.; Redecker, D. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters, *Mycologia*, 93:181-195.

O'Connor, P.J.; Smith, S.E.; Smith, E.A. 2002. Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity and community structure in semi-arid herbland. *New Phytologist*, 154:209-218.

Oliveira, A.A.; Mori, S.A. 1999. A central Amazonian terra firme forest. I. High trees species richness on poor soils. *Biodiversity and Conservation*, 8:1239-1244.

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A.; Moreira, F.W. 1998. Micorrizas arbusculares em cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal de terra firme no Município de Manaus, AM. *In: Resumos do VII FertBio. Sociedade Brasileira de Microbiologia. Caxambú, MG, p. 617.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 1999a. Micorrizas arbusculares e teores de nutrientes em bananeiras (*Musa* spp) em um Latossolo da Amazônia. *In: Resumos do XX Congresso Brasileiro de Microbiologia. Sociedade Brasileira de Microbiologia, Salvador, BA, p. 288.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A.; Ramos, M.B.P. 1999b. Ocorrência de micorrizas arbusculares (MAs) em cinco cultivares de bananeira (*Musa* spp) num cultivo experimental em Latossolo Amarelo da Amazônia Central. *In: Anais da I Mostra Técnico-Científica da Universidade Federal do Amazonas. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, p. 11.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A.; Ramos, M.B.P. 1999c. Fungos endomicorrízicos em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) e pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K) em um solo de terra firme da Amazônia. *In: Anais*

da I Mostra Técnico-Científica da Universidade Federal do Amazonas. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, p. 12.

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2000a. Relações entre as colonizações micorrízicas e concentrações de nutrientes foliares em três cultivares de bananeiras na Amazônia. *In: Resumos do VIII FertBio. Sociedade Brasileira de Microbiologia, Santa Maria, RS, p. 92.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2000b. Efeito da umidade do solo sobre a colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em bananeiras na Amazônia Central. *In: Anais da II Mostra Técnico-Científica da Universidade Federal do Amazonas. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, p. 20.*

Oliveira, A.N. 2001. *Fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em plantas de cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal na região de Manaus, AM.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 150p.

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2003a. Características químicas do solo, esporulação e colonização micorrízica em plantas de cupuaçuzeiro e de pupunheira na Amazônia Central. *Revista de Ciências Agrárias, 40:33-44.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2003b. Sazonalidade, colonização e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em plantas de cupuaçuzeiro e de pupunheira na Amazônia Central. *Revista de Ciências Agrárias, 40:145-154.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2003c. Colonização micorrízica e concentração de nutrientes em três cultivares de bananeiras em um latossolo amarelo da Amazônia Central. *Acta Amazonica, 33:345-352.*

Oliveira, A.N.; Amaral, I.L. 2004a. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central. *Acta Amazonica, 34:21-34.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2004b. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranaizeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:1063-1068.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2005a. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em cinco cultivares de bananeiras em um Latossolo da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29:481-488.*

Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2005b. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum* Schum and *Paullinia cupana* Mart. of a agroforestry system in Central Amazonia, Amazonas State, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 36:262-270.

Oliveira, L.A.; Guitton, T.L.; Moreira, F.W. 1999. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. *Acta Amazonica*, 29:183-193.

Redecker, D.; Kodner, R.; Graham, L.E. 2000. Glomalean Fungi from the Ordovician. *Science*, 289:1920-1921.

Ricken, B.; Hofner, W. 1996. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on heavy-metal tolerance of alfafa *Medicago sativa* L. and oat *Avena sativa* L. on a sewage sludge treated soil. *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bokenkunde*, 159:189-194.

Prance, G.T.; Silva, M.F. 1975. Árvores de Manaus. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 312p.

Sanchez, P.A.; Bandy, D.E.; Villachica, J.H.; Nicholaides, J.J. 1982. Amazon basin soils: Management for continuous crop production. *Science*, 216:821-827.

Simon, L.; Bousquet, J.L.; Lalonde, M. 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*, 363:67-69.

Smith, S.E.; Read, D.J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, Cambridge, 605p.

St. John, T.V.; Machado, A.D. 1978. Evidências da ação de microrganismos na ramificação de raízes. *Acta Amazonica*, 8:9-11.

St. John, T.V. 1980a. A survey of mycorrhizal infection in an amazonian rain forest. *Acta Amazonica*, 10:527-533.

St. John, T.V. 1980b. Root size, root hairs and mycorrhizal infection: a re-examination of Baylis hypothesis with tropical trees. *New Phytologist*, 84:483-487.

St. John, T.V. 1980c. Uma lista de espécies de plantas tropicais brasileiras naturalmente infectadas com micorriza vesicular-arbuscular. *Acta Amazonica*, 10:229-234.

St. John, T. V.; Uhl, C. 1983. Mycorrhizae in the rain forest at San Carlos de Rio Negro, Venezuela. *Acta Cient. Venezuelana*, 34:233-237.

Sylvia, D.M. 1998. Mycorrhizal symbioses. In: Sylvia, D.M.; Hartel, P.; Fuhrmann, J.; Zuberer, R. (Eds.). *Principles and applications of soil microbiology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. p. 408-426.

Tester, M.; Smith, S.E.; Smith, F.A. 1987. The phenomenon of “nonmycorrhizal plants”. *Canadian Journal of Botany*, 65:419-431.

van der Heijden, M.G.A.; Klironomos, J.N.; Ursic, M.; Moutoglis, P.; Streitwolf-Engel, R.; Boller, T.; Wiemken, A.; Sanders, I.R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396:69-72.

# MICROMORFOLOGIA DE ARGILO-MINERAIS E ÓXIDOS OCORRENTES EM CONCREÇÕES DE Fe/Mn EM SOLOS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL DO BRASIL E OKINAWA, JAPÃO

Alexandre Pereira de BAKKER<sup>1</sup>,  
Yoshihiro TOKASHIKI<sup>2</sup>, Lal P. Vidhana ARACHCHI<sup>3</sup>

## Palavras chave:

Micromorfologia de minerais;  
Argilo-minerais; Óxidos de Fe, Mn, e Al; Concreções de Fe/Mn

## INTRODUÇÃO

Os minerais existentes perfazem cerca de 50% do volume da maioria dos solos. Eles provem suporte físico para plantas, criando o sistema água e ar existente em seus poros que fazem o crescimento destas plantas possível. A dissolução destes minerais (intemperização), libera nutrientes para as plantas que são retidos também por outros minerais através da adsorção, troca catiônica e precipitação. São também indicadores de quão estes solos são intemperizados e, quando na presença ou ausência de determinados outros minerais, podemos obter evidências de como um determinado solo foi formado (Schulze 2002).

Durante seu processo de formação, seguido à intemperização, os solos, passam por diversos processos de dissolução do material de origem, tendo movimentações laterais, horizontais e verticais dos elementos e materiais finos que irão resultar em deposição destes em camadas ou horizontes ao longo do perfil. Em função deste processo intermitente, o solo vai se for-

1 Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), bakker@inpa.gov.br;

2 Dept. of Environmental Science & Technology, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, Nishihara-cho, Okinawa, Japan;

3 Coconut Research Institute, Lunuwila, Sri Lanka.

mando ao longo do tempo. Concomitantemente à formação de minerais secundários também acontece como resultado do processo de cristalização de minerais amorfos pré-existentes. Estas deposições no perfil do solo ou em sedimentos marinhos podem ser observadas em varias formas, desde concreções e nódulos arredondados até camadas de materiais rochosos de pouca resistência (Schulze, 2002).

Um das mais comuns deposições, em formas de camadas, ou mosqueadas no perfil do solo e também nestes sedimentos marinhos, são as concreções de Fe/Mn. Na formação destas, óxidos de Mn, Fe, Al são amalgamados a minerais silicatados tais como a caulinita, ilita, esmectita e minerais integrados do tipo vermiculita-clorita, por exemplo (Dixon e White, 2002). A presença de goetita e hematita (óxidos de Fe) e gibsitita (óxido de Al), ocorrem amplamente e usualmente dentro destas concreções/nódulos, associados a óxidos de Mn, tais como, birnessita, litioporita e todorokita, estes de, normalmente, baixos níveis de cristalização estrutural. Estes minerais são ocorrentes em muitos solos, especialmente em solos de baixa drenagem e sob o aspecto pedológico e geoquímico, estão entre os primeiros a formarem estrutura cristalina nos solos durante seu processo de formação pelo intemperismo fornecendo dados que auxiliam no estudo de seu gênese (Childs, 1975; McKenzie, 1989).

O uso da microscopia eletrônica de varredura, (Scanning Electron Microscopy, SEM), fornece informações micromorfológicas da partícula em três dimensões, valiosas para o estudo dos minerais do solo e suas reações químicas (Fendorf & Sparks, 1996).

Portanto, um estudo micromorfológico, associado à identificação dos tipos e processos de precipitação de minerais de Fe/Mn e seus minerais associados, dentro de concreções/nódulos, em visualização detalhada, irão certamente trazer informações úteis para um melhor uso da terra e futuras atividades de pesquisa, não somente na mineralogia dos solos, como também nos outros aspectos que compõem a pesquisa nesta área.

Este trabalho teve por objetivo o uso da microscopia eletrônica de varredura (SEM), de argilo-minerais e óxidos presentes em concreções de Fe/Mn coletadas na ilha de Okinawa, Japão e na área do projeto RECA em Nova Califórnia, Rondônia, Amazônia Ocidental do Brasil e mostrar a importância deste tipo de tecnologia para a mineralogia dos solos.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Na área do projeto RECA, o material usado neste trabalho foi coletado em diferentes locais, ao longo de perfis de latossolo e cambissolo, tipos de solos predominantes na região, em pastagens, áreas de SAF (Sistemas Agroflorestais) e floresta nativa, em um raio de aproximadamente 30 km de distância da sede do projeto na cidade de Nova Califórnia, Rondônia, Brasil (67°W, 10°S).

A floresta nativa da região é classificada como floresta tropical úmida com vegetação nativa de terra firme incluindo espécies arbóreas de fase decíduas e perenes (Holdridge, 1967).

A temperatura média anual da região é de 22°C, com média pluvial anual de 2000 mm, em clima tropical úmido, tendo um período seco definido de três a quatro meses, ocorrendo entre os meses de Maio/Julho a Setembro/Outubro. A topografia da região é levemente ondulada com solos classificados pela Soil Taxonomy como, predominantemente, *Oxisols* (Souza, 1991). O uso da terra nesta região é feito principalmente com pastagens, cultivos anuais e perenes em SAFs, hortas caseiras e extrativismo florestal. O material rochoso de origem dos solos da região é do tipo sedimentar, (arenito), da formação Solimões, período Terciário (Brasil, 1976).

As amostras de Okinawa foram coletas na própria ilha de Okinawa e também na ilha de Miyako, pertencente ao arquipélago. Em Okinawa a área de coleta foi na cidade de Nishihara, arredores do clube de golfe Morikawa.

O clima no arquipélago é classificado como subtropical, com média pluvial anual de 2.200mm e temperatura média de 23°C, tendo como característica meteorológica, a ocorrência de tufões entre os meses de julho a outubro. A vegetação é nativa e composta de uma espécie de capim chamado “japanese pampas grass”. O uso da terra esta baseado na cultura da cana-de-açúcar, batata doce e outras culturas de menos importância econômica. A topografia é, em sua maioria, levemente montanhosa.

Na ilha de Miyako, próxima a Okinawa, o local de coleta foi na localidade de Hirara. As condições de clima, vegetação e uso da terra são iguais as de Okinawa, uma vez que estas ilhas fazem parte de um grande Arquipélago localizado ao Sul do Japão, entre o Mar da China e o Oceano Pacífico.

Os solos nos quais foram coletadas as concreções/nódulos são classificados pelo sistema da FAO como Alfisol e Cambisol. São derivados de rocha calcária originadas por deposições de coral chamado de “Ryukyu Limestone”, do período Quaternário (Tokashiki, 1993). A coleta foi feita em perfil de solo e também em superfície.

Cerca de 10 nódulos e 10 concreções de Fe/Mn de cada local/amostra, foram então selecionados ao acaso, limpos com spray de água deionizada para a remoção de partículas de solo aderidas.

A seguir foram então quebradas em moinho manual de ágata, em pequenos pedaços e secas. Em seguida, cerca de 15 a 20 destes pedaços de 2 a 5mm foram separados ao acaso, sob a observação de lupa e uso de pinças. Tais dimensões foram necessárias para a montagem/colagem, em fitas de carbono sobre a superfície dos pequenos cilindros sólidos de cobre, para a exposição a feixe de elétron do microscópio eletrônico de varredura (SEM).

Após esta etapa, os pedaços selecionados foram então secos em estufa, com aumento de temperatura gradual até 105°C, por um período de 24 h, e guardados em dessecador para o revestimento em ouro, o qual foi feito em vácuo, a frio, com lançamento de partículas deste metal, durante espaço de tempo de 2 a 4 min para um revestimento de 20 nm. Tal revestimento neste metal se faz necessário para melhor visualização e contraste de minerais sob feixe de elétrons.

Por fim, estes pequenos pedaços das amostras foram então submetidos à visualização no microscópio eletrônico de varredura (SEM), modelo JEOL-JSM-5600 LV, Japan, equipado com dispersor reverso de detecção de elétrons como descrito por Davey, (1978). Em particular, o exame das amostras dos nódulos/concreções de Fe/Mn usando-se a tecnologia de microscopia eletrônica de varredura (SEM), foi capaz de produzir boas imagens/fotos de concentração de minerais específicos e suas inter-relações *in situ* podem ser estabelecidas diretamente. A Figura 1, descreve os passos da metodologia usada para as análises/observações ao microscópio eletrônico de varredura (SEM).

Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM)  
(Micromorfologia de minerais)

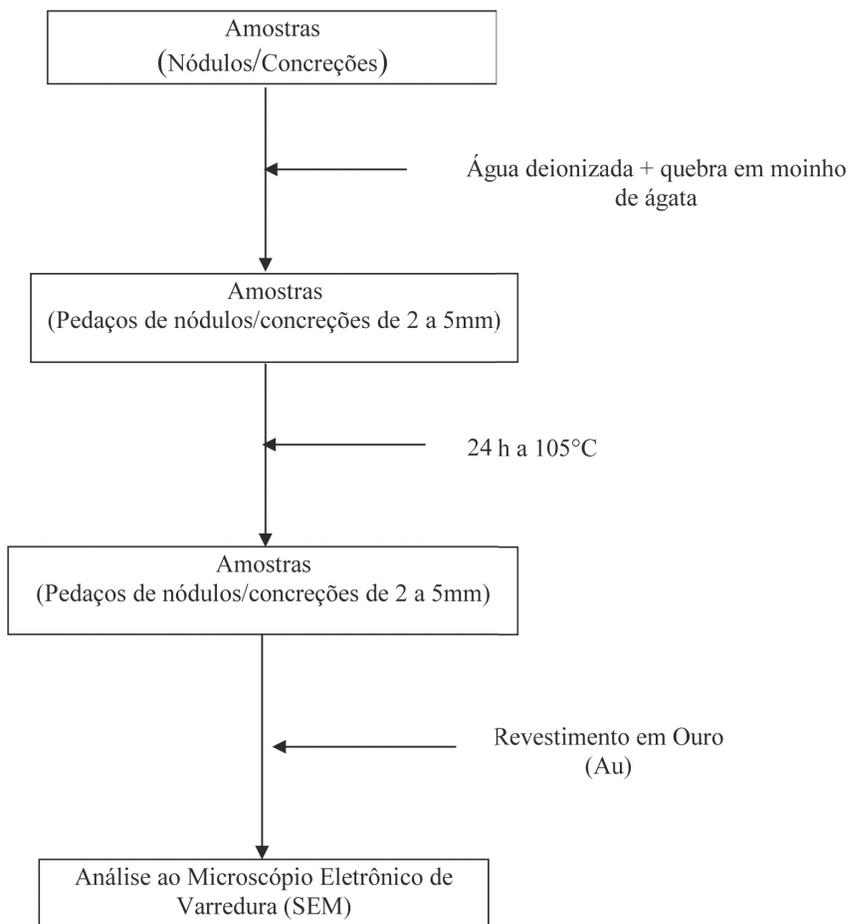


Figura 1. Esquema demonstrativo dos passos metodológicos para a observação ao microscópio eletrônico de varredura (SEM).

## CAULINITA

A micrografia deste mineral de argila revelou estruturas densas deste mineral de argila, em formato semelhante ao empilhamento de folhas de papel, que podem ser observados em Figura 2 A-a ; A-b e A-c, com uma tendência à formação de concreções de certa dureza física. Na maioria das

amostras do Brasil, os cristais deste mineral se apresentam de uma forma de placas aplainadas pseudo-hexagonais, embora formatos hexagonais ou de flocos, para cristais deste argilo-mineral sejam muito comuns segundo Dixon (1989). Segundo este mesmo autor, minerais que apresentam estrutura de camadas (filosilicatos), tem grande tendência a este tipo de estrutura cristalina, o que acontece em função da pequena distância entre o grupo de oxigênios e hidroxilas. De acordo com McConnell e Fleet (1970) este formato do cristal persiste mesmo após aquecimento da caulinita a 1000°C por 2 horas.

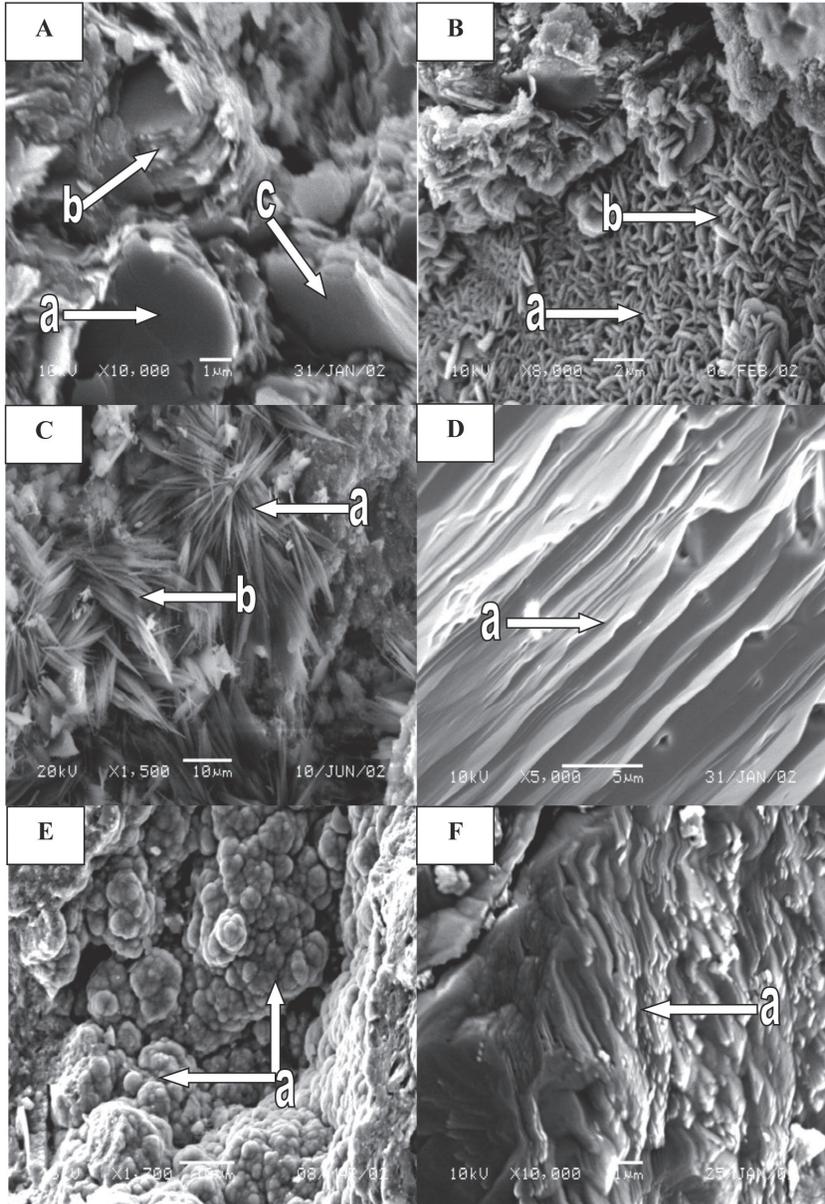
Em amostras da ilha de Miyako, podemos observar formas semelhantes à encontradas em amostras do Brasil, para este filosilicato na Figura 3 A-a. “Pacotes floculares” deste argilo-mineral podem ser encontrados empilhados na superfície da concreção ao acaso. A observação de arestas arredondadas ao invés de ângulos mais agudos em sua estrutura é, segundo Dixon (1989), devido a condições de clima e relevo que irão influenciar o intemperismo existente, bem como o material de origem, ou seja, o tipo de rocha matriz e/ou relacionados ao espaço interno livre ou não para crescimento dentro do próprio nódulo/concreção (Carlos et al., 1993).

## MICROMORFOLOGIA DE GIBSITA E ARGILO-MINERAIS

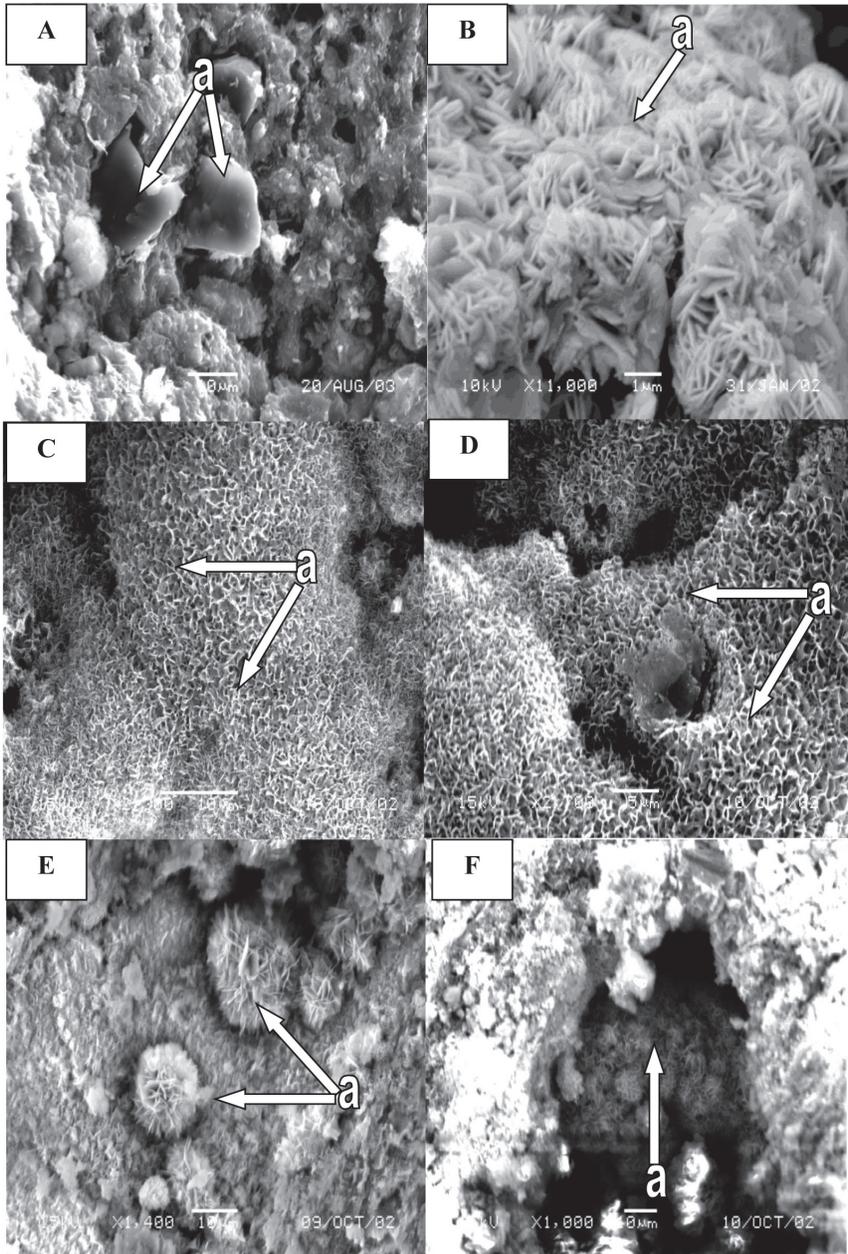
### GIBSITA

As Figuras 2 e 3 mostram uma série de interessantes micrografias obtidas ao microscópio eletrônico de varredura (SEM), mostrando a micromorfologia de argilas e óxidos-minerais de Al, Fe e Mn, presentes nos nódulos/concreções estudadas neste trabalho.

Nas amostras do Brasil, coletadas, na área do projeto RECA em Rondônia, em perfis de latossolo e cambissolo, foram observados a presença de cristais de gibsita, (Fig. 2B-a e B-b) bem desenvolvida e estruturada em formato hexagonal, incrustadas sistematicamente com arranjos em diferentes direções depositadas na superfície das concreções, como sugerido por Hsu (1989), quando afirma que óxidos e hidróxidos de alumínio tendem mais a um crescimento intensivo nos eixos X e Y do que no eixo Z. Tal fato, segundo este mesmo autor, é atribuído a forte ligação “Al-OH-Al” na estrutura laminar  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e também a fraca ligação “H”, entre as camadas. Esta agregação de laminas de gibsita pode estar ligada à ocorrência de argilo-minerais adjacentes.



**Figura 2.** Micrografias obtidas ao microscópio eletrônico de varredura (SEM), mostrando características de formas de concreções de Fe/Mn coletadas no Brasil (Projeto RECA, Rondônia), mostrando a micromorfologia e a ocorrência de argilo-silicatos e óxidos-minerais de Fe e Al. A) Deposições de caulinita (A-a & A-b); B) Arranjos de cristais de forma hexagonal (B-a & B-b) de gibsita; C) Cristais aciculares de goetita em arranjos de estrela (C-a & C-b) em concreções de Cambissolo; D) Formato de “folha de grama” em cristais de goetita em concreções de Cambissolo (D-a); E) Cristais de hematita em formato de nuvens, espalhados (E-a) em concreções de Latossolo; F) Detalhe de cristais de hematita, de forma “concretada” em concreções de Ferralsol (F-a).



**Figura 3.** Micrografias ao SEM obtidas do material coletado em Okinawa e Miyako mostrando a ocorrência e formas de argilo-minerais e óxidos-minerais de Al, Fe e Mn. A) Ocorrência de flocos de caulinita de Miyako (A-a); B) Arranjos de cristais hexagonais de gibsita, em aparência de “buquê floral”, (B-a), e sua deposição em diferentes direções; C e D) Dois aspectos de cristais de esmectita em formato alveolar poligonal observados em nódulos/concreções de Okinawa (C-a & D-a); E e F) Estruturas globulares, de baixa cristalização, de birnessita detectada em Miyako (E-a & F-a); É interessante notar que em “F”, a birnessita ocorre em cavidades no material concessionário de Fe/Mn.

Segundo Taylor (1987), óxidos de alumínio tendem a ter um maior papel agregador de partículas no solo do que os óxidos de ferro e, sendo assim, a gibbsite, apresenta uma relação bastante forte neste sentido com a caulinita em especial. Em amostras coletadas em Miyako, podem ser observados cristais deste óxido de alumínio na Figura 3A-a e B-a.

## GOETITA E HEMATITA

As observações das amostras revelaram, sobretudo nas amostras do Brasil, excelentes micrografias de agregados de cristais de goetita em formato acicular, com aparência de estrelas e também em formato de “folha de grama” (Figura 2 C-a; C-b e D-a), como reportado por Schwertmann e Taylor (1989). Em especial, este formato acicular de cristais de goetita, formados em sistema  $Fe^{2+}$ , é típico de solos de baixa drenagem ainda segundo Schwertmann e Taylor (1989). A ocorrência de hematita foi observada somente nas amostras do Brasil. Em duas micrografias, (Figura 2 E-a), vemos estes cristais apresentando um agregado semelhante a ocorrência de nuvens, enquanto que na Figura 2 F-a, observamos a ocorrência deste óxido de ferro como uma massa na superfície da concreção. Estas diferenças podem estar associadas ao que Ford *et al.* (1997), afirma: que, quando em presença de altas concentrações de alumínio, a hematita pode apresentar formas unidimensionais, sem uma boa orientação espacial de crescimento do seu cristal.

Em solos de regiões tropicais e subtropicais, goetita parece se transformar, com o tempo, em hematita se agregando fortemente a superfície interna da concreção/nódulo. Estes dois óxidos de ferro, os mais comuns de ocorrência em solos, exercem influência marcante na composição e propriedade caulínica dos mesmos, além disto, a capacidade destes óxidos de poderem se ligar entre si fortemente, influencia sobremaneira no crescimento radicular, movimentação de água no solo e também na disponibilidade de nutrientes, sobretudo P, segundo Schwertmann e Taylor (1989). O estudo sob microscopia eletrônica de varredura (SEM), revelou que alta concentração de caulinita, fortemente agregada com goetita e hematita, resultou em concreções de maior dureza física quando comparada com o mesmo material coletado do Arquipélago de Okinawa.

## BIRNESSITA

De acordo com McKenzie (1989), as ocorrências e disponibilidades deste mineral de manganês em concreções/nódulos de Fe/Mn são baixas e difíceis

de determinar. Entretanto, este estudo, foi capaz de identificar estruturas de baixo índice de cristalização deste mineral em material proveniente da ilha de Myiako. As micrografias revelaram formas globulares de birnessita, agregadas e depositadas em cavidades e fraturas dentro dos nódulos ou concreções estudados (Figura 3 E-a e F-a). A micromorfologia detalhada revelou que estas estruturas de birnessita mostram que seus cristais possuem uma forma de lâmina plana, a qual em ajuntamento tem este caráter esferóide com pontas agudas. Estas estruturas estão espalhadas em áreas limitadas nas amostras.

Estudos referentes à morfologia dos cristais de birnessita em sedimentos marinhos conduzidos por Lonsdale et al. (1980) mostraram semelhantes resultados morfológicos, mas resultados assim, obtidos com uso de materiais de solo em meio-ambiente tropical ainda não tinham sido reportados. A formação de birnessita, segundo Uzochukwu e Dixon (1986), está ligada a movimentação do Mn dos horizontes mais asseados próximo à superfície para a formação de concreções ou nódulos em horizontes de subsolo mais alcalinos ou com pH próximos a neutralidade. Este mineral, segundo Post (1999), tem em suas camadas grande capacidade de oxidação-redução e reações de troca catiônica, tendo um importante papel no controle químico no que diz respeito à adsorção de elementos, tantos nos solos como em águas subterrâneas.

## ESMECTITA

As esmectitas, também conhecidas anteriormente como do grupo das montmorilonitas, são de extrema importância em muitos solos, sobretudo em solos de regiões temperadas, derivados de rochas sedimentárias e em ambientes de baixa ou pouca drenagem (Borchardt, 1989). As micrografias na Figura 3, C-a e D-a, revelam detalhes micromorfológicos deste mineral de argila encontrado em concreções e nódulos coletados em Okinawa, as quais mostram um regime poligonal para o cristal, com semelhança alveolar, em associação com outros minerais silicatados (Figura 3 D-a) em estrutura de rede sobre a superfície, explicando certas características e propriedades químicas e físicas deste solo de Okinawa. Segundo Wilson (1999), as esmectitas podem ser efetivamente usadas para uma avaliação das reações químicas nos processos de transformação dos minerais de argila em um dado ambiente de solo.

Em solos onde há ocorrência sazonal de períodos secos e úmidos, os minerais de esmectita são responsáveis pela expansão e contração que ocorre nestes solos em função de sua grande capacidade de retenção de água e sua propriedade adesiva que ajuda na prevenção de erosão, sobretudo laminar.

Sua grande capacidade de retenção de cátions coloca disponível para as plantas os nutrientes essenciais para o seu bom desenvolvimento e, além disto, as esmectitas ajudam na retenção de compostos orgânicos naturais, herbicidas e pesticidas (Borchardt, 1989).

## CONCLUSÕES

Ficou evidenciado a presença de minerais tais como, caulinita, gibsitita, goetita e hematita nas amostras de solo coletadas no Brasil, na área do Projeto RECA em Rondônia.

O estudo proporcionou a observação micromorfológica destes minerais, os quais foram observados, a exceção de hematita, nas amostras de Okinawa, Japão. Nas amostras do Brasil não foram detectadas a presença de formas cristalinas de óxidos de Mn, enquanto que em amostras de Okinawa, ilha de Myiako, observou-se, a presença de cristais deste mineral.

A observação de cristais de esmectita nos nódulos/concreções de Fe/Mn em Okinawa foi considerada fato inédito na mineralogia destes materiais, assim como todo o estudo micromorfológico em si realizado, tanto para amostras coletadas no Brasil como para as amostras do Arquipélago de Okinawa, evidenciando o uso da técnica microscopia eletrônica de varredura (SEM) para o estudo da mineralogia e micromorfologia de minerais em diversos ambientes.

## AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de agradecer ao INPA (MCT), por sua liberação para o curso de Doutorado na Universidade de Ryukyus em Okinawa, Japão, do qual este trabalho é parte integrante; A Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) pela bolsa e manutenção concedida a mim e meus familiares durante o curso; Ao Professor-Doutor Yoshihiro Tokashiki, do Departamento de Solos, Faculdade de Agricultura, Universidade de Ryukyus, pela orientação de todo o trabalho; ao Dr. Lal P. V. Arachchi, Cientista Sênior do Instituto do Coco do Sri Lanka, pela ajuda no uso do microscópio eletrônico de varredura; A Dra. Sonia Sena Alfaia, meus sinceros agradecimentos pelo envio das amostras do RECA, além da ajuda pessoal desde o início do processo de ida para o Japão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borchadt, G. 1989. Smectites. In: J.B. Dixon and Weed, S.B. (Eds.). Minerals in Soil Environments (2<sup>nd</sup> ed.). SSSA, Madison, Wisconsin, USA. p. 675-718.

Brasil. 1976. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha sc.19. Rio Branco. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais, 12). 464p.

Carlos, B.A., Chipera, S.J., Bish, D.L., Craven, S.J. 1993. Fracture-lining manganese oxide minerals in silic tuff, Yucca Mountain, Nevada, USA. *Chemical Geology*, 107: 47-69.

Childs, C.W. 1975. Composition of iron-manganese concretions from some New Zeland soils. *Geoderma*, 13: 141-152.

Davey, B.G. 1978. Soil structure as revealed by scanning electron microscopy. In: W. W. Emerson et al. (Ed.). *Modification of soil structures*. John Willy and Sons, New York, USA. p. 97-102.

Dixon, J.B. 1989. Kaolin and serpentine group minerals. In: J.B. Dixon and Weed, S.B. (Eds.). *Minerals in Soil Environments*. (2<sup>nd</sup> ed.). SSSA, Madison, Wisconsin, USA. p. 467-519.

Dixon, J.B.; White, N. 2002. Manganese oxides. In: Dixon, J.B. and Schulze, D.G. (Eds.). *Soil Mineralogy with Environmental Applications*. (1<sup>st</sup> ed.). SSSA, Madison, Wisconsin, USA. p. 367-386.

Fendorf, S.; Sparks, D.L. 1996. X-Ray Absorption Fine Structure Spectroscopy: In: Sparks, D.L. (Ed.). *Methods of Soil Analysis Part 3 – Chemical Analysis* (2<sup>nd</sup> ed.). SSSA, Madison, Wisconsin, USA. p. 377-416.

Ford, R.G.; Bertsch, P.M.; Seaman, J.C. 1997. Goethite morphologies investigated Via X-ray diffraction of oriented samples. *Clay and Clay Minerals* 45: 769-772.

Holdridge, L.R. 1967. *Life zone ecology*. Tropical Science Center, Sao Jose, Costa Rica. 206p.

Hsu, P.H. 1989. Aluminum oxides and oxyhydroxides. In: Dixon, J.B.; Weed, S.B. (Eds.) *Minerals in Soil Environments* (2<sup>nd</sup> ed.). SSSA Madison, Wisconsin, USA. p. 331-371.

Lonsdale, P.; Burns, V.M.; Fisk, M. 1980. Nodules of hydrothermal birnessite in the caldera of a young seamount. *Journal of Geology*, 88: 611-618.

McConnel, J.D.C.; Fleet, S.G. 1970. Electron optical study of the thermal decomposition of kaolinite. *Clay Miner.* 8: 279-290.

McKenzie, R.M. 1989. Manganese oxides and hydroxides. In: J. B. Dixon and Weed, S. B. (Eds.). *Minerals in Soil Environments*. SSSA, Madison, Wisconsin, USA. p. 439-465.

Post, J.E. 1999. Manganese oxide minerals: crystal structures and economic and environment significance. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 96: 3337-3454.

Schwertmann, U.; Taylor, R.M. 1989. Iron oxides. In: Dixon, J.B. and Weed, S.B. (Eds.). *Minerals in Soil Environments*. (2<sup>nd</sup> ed.). SSSA, Madison, Wisconsin, USA. p. 379-438.

Schulze, D.G. 2002. An introduction to soil mineralogy. In: Dixon, J.B. and Schulze, D.G. (Eds.). *Soil Mineralogy with Environmental Applications*. (1<sup>st</sup> ed.). SSSA, Madison, Wisconsin, USA. p. 1-34.

Souza, C.G. 1991. Solos. In: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (Ed.). *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro, Brasil, v. 3, p. 123-136.

Taylor, R.M. 1987. Non-silicate oxides and hydroxides. In: Newman, A.C.D. (Ed.). *Chemistry of clays and clay minerals*. Mineralogical Society, Longman Scientific & Technical, UK. p. 173-189.

Tokashiki, Y. 1993. The characteristic properties of the Shimajiri Mahji and Jahgaru soils in Okinawa Prefecture. *Pedologist*. 37: 99-112.

Uzochukwu, G.A.; Dixon, J.B. 1986. Manganese oxide minerals in nodules of two soils of Texas and Alabama. *Soil Soc. Am. J.*, 50: 1358-1363.

Wilson, M.J. 1999. The origin and formation of clay minerals in soils: past, present, and future perspectives. *Clay Minerals* 34: 7-25.



# PESQUISA TRANSDISCIPLINAR EM AGRICULTURA

Sandra do Nascimento NODA<sup>1,3</sup>, Hiroshi NODA<sup>2,3</sup>,  
Ayrton Luiz Urizzi MARTINS<sup>1,3</sup>, Maria Silvesnázia Paiva MENDONÇA<sup>3</sup>

## Palavras chave:

Grupo de pesquisa, Agricultura familiar,  
Percepção ambiental, Várzeas amazônicas

## INTRODUÇÃO

**N**a construção do conhecimento agrário regional a pesquisa transdisciplinar tem adquirido status diferenciado por colocar os atores sociais, participantes dos grupos cuja ação está norteadada por essa prática, como militantes de uma modalidade de pesquisa politicamente engajada e com características fenomenológicas na explicação dos fatos e fenômenos ocorridos nesta região.

Pesquisa politicamente engajada, a nosso ver, apesar de por vezes ser utilizada tal expressão de maneira pejorativa, é, em síntese, a proposta mais correta para entender-se o “fazer cotidiano do pesquisador”. Na busca de conhecer sua época, sua geração e seu espaço teórico, o pesquisador tem a necessidade, no empreendimento de tais tarefas, de instrumentos e métodos de análise apropriados. Surge o pesquisador enraizado no seu tempo, já que as ciências são o fruto das sociedades (Aron, 1995), procurando obter o conhecimento através de estratégias metodológicas que colocam os agentes sociais alvos da pesquisa, como sujeitos com um determinado número de conjuntos estruturados de projetos voltados para o futuro, porém, concretamente vividos nas prá-

1 Universidade Federal do Amazonas/UFAM – Faculdade de Ciências Agrárias/FCA/DCFDA. Av. Gal. Otávio Rodrigues Jordão, 3000. Manaus, AM. E-mail: snoda@ufam.edu.br;

2 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Coordenação de Sociedade Ambiente e Saúde – INPA-CSAS;

3 NERUA – Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico.

ticas cotidianas e não como meros objetos da observação ou do diagnóstico. Destarte, quando se aborda esta modalidade comportamental dos pesquisadores, diante da estruturação do conhecimento científico, pensa-se numa ação em nível realista, acompanhada de reflexão autocrítica objetiva e de avaliação dos resultados, cuja finalidade é a de contribuir ao mesmo tempo para o atendimento das preocupações de ordem prática dos atores sociais, diante de uma situação problema e para o desenvolvimento das ciências, principalmente, as ambientais através do envolvimento do pesquisador na gênese social que precederá a gênese teórica e metodológica. Ou seja, aborda-se a pesquisa e ação transdisciplinar (Thiollent, et al. 2000), onde os pesquisadores agentes das sociedades elaboram planos de ação para diagnósticos sobre a biodiversidade e a sociodiversidade, como categorias de análise das sociedades amazônicas através de procedimentos de observação direta e minuciosa e, formulam recomendações que auxiliam na ação de sanar ou não problemas concretos.

Tudo isso, pressupõe uma pesquisa e um ensino renovado onde seja permitido atingir um grau de domínio dos instrumentos essenciais à comunicação científica, a devolução dos resultados obtidos pelo pesquisador à coletividade sujeito do estudo e não exclusivamente à comunidade acadêmica e aos detentores da cultura legitimada. No esforço de conscientização da realidade vivenciada pelos grupos sociais, está a ação cultural pela liberação, conforme aponta Freire (1970), um processo onde, na relação sujeito-“objeto”, o sujeito torna-se capaz de apreender, em termos críticos, a unidade dialética entre ele e o “objeto” (sujeito da ação). Assim, só ocorrerá conscientização na prática, dentro da unidade teoria-prática, reflexão-ação. Isto porque, estruturar-se numa população e estabelecer com ela alternativas de modificação do futuro é uma tarefa complexa, um trabalho científico, uma autoeducação, uma estratégia, uma organização e uma promoção política, onde se busca conseguir integrar cada indivíduo ou grupo, na descoberta dos próprios problemas, dos meios de resolvê-los e dos obstáculos existentes para o desenvolvimento agrário adequado.

Durante as três últimas décadas muitas foram às discussões sobre as propostas alternativas que viessem a barrar tais procedimentos, sendo chamados os atores sociais ligados a ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para responder de maneira mais efetiva a essa problemática. Diante desta tarefa de grande envergadura, prevaleceram os procedi-

mentos metodológicos reconhecedores das questões econômicas, sociais e ambientais, buscados como referência ao processo de trabalhar o etnoconhecimento sobre o contexto agrário regional. Tal comportamento seguindo os impulsos da necessidade de respostas efetivas e rápidas, surge no bojo das discussões e práticas acadêmicas estabelecendo a pesquisa transdisciplinar como a prática necessária e viável para a tarefa a ser empreendida principalmente na área da etnoecologia para conhecimento dos sistemas representativos da produção agrária desenvolvida na Amazônia.

Os pesquisadores em Ciências Agrárias na região, confrontados com tais problemas e com a necessidade da formação de recursos humanos aptos para a análise e proposição de alternativas ao desenvolvimento sócio-econômico regional sustentável vêm nos últimos anos colocando a pesquisa transdisciplinar em destaque. Um grupo de pesquisadores com essa visão forma-se em meados de 1991, a partir da experiência anterior em pesquisa-ação para identificação de sistemas de produção rural na Amazônia. Inicialmente foi elaborada uma proposta de pesquisa que posteriormente foi absorvida por um grupo mais abrangente, resultando na formação do Núcleo de Estudos Rurais e Urbano Amazônico – *NERUA*, (MCT/CNPq/INPA – 043).

Este trabalho tem por objetivo relatar a metodologia transdisciplinar utilizada pelo *NERUA*, em projetos de pesquisa junto a agricultores familiares das áreas de várzea no Estado do Amazonas, apresentando os processos metodológicos, teóricos e práticos ocorridos durante a execução dos trabalhos, e relatando a experiência transdisciplinar vivificada.

## **A ESTRATÉGIA METODOLÓGICA TRANSDISCIPLINAR DO NERUA**

O estudo das inter-relações entre a sociedade humana e o meio natural, comumente entendido como o conhecimento da dinâmica das relações sociais e culturais complexas estabelecidas entre o homem e o ambiente, representa um constante desafio. Para enfrentá-los, optou-se por uma prática de investigação dialógica, crítica e participativa, por meio da abordagem sistêmica (Morin, 1998) e de estratégias de pesquisa da etnoecologia.

A opção pelo uso das estratégias da etnoecologia deu-se por ser este ramo das ciências o que busca analisar a classificação das comunidades humanas sobre a natureza e em particular sobre os organismos e os sistemas

de uso e manejo dos recursos. A etnoecologia tem como característica o estudo do “papel” da natureza no sistema de crenças e da adaptabilidade humana a determinados ambientes. Nesse sentido, relaciona-se com a ecologia humana mas enfatiza as categorias, os conceitos cognitivos e os sistemas de organização utilizados pelos diversos povos. (Begossi, 1983; Posey, 1986)

Ressalta-se que as estratégias etnoecológicas balizaram a coleta dos dados empíricos pelo método de estudo de múltiplos casos cujo quadro de referências teóricas é articulado dentro de uma problemática, onde a informação circunstanciada é interpretada e adaptada às diferentes modalidades do conhecimento (Yin, 2001). Subsidiariamente, na pesquisa do campo de observação empírica, é utilizado o método etnográfico, tendo em vista as possibilidades de reconstrução e de compreensão dos fenômenos estudados, possibilitando uma descrição densa e interpretação de significados produzidos pelos indivíduos em dada situação (Geertz, 1989).

A observação direta e crítica e o envolvimento analítico para a interpretação, numa influência fenomenológica, nortearam a estratégia metodológica adotada. A busca foi a de interpretar os fundamentos do conhecimento aplicados na vida cotidiana. Conhecimento conforme apontam Berger & Luckmann (1997) “... *que dirige a conduta da vida diária...*”. A vida diária que se apresenta como uma realidade interpretada pelos entrevistados e subjetivamente dotada de sentido na medida em que forma um mundo coerente.

Nas entrevistas, onde a vida cotidiana vivificada através do trabalho e da atividade profissional manifesta foi o fio condutor da estratégia metodológica, percebido que estas refletem a opção pela necessidade da abordagem sistêmica (Posey, 1986), buscando-se formas de tipificações nos mecanismos de manutenção humana nos ecossistemas. Vale ressaltar, que está sendo feita uma distinção epistemológica nos sistemas cognitivos dos sujeitos – o que é observado e o que observa, ou seja, as visões de mundo *emic* e *etic*. Interpretações *emic* refletem categorias cognitivas e linguísticas dos povos nativos. As interpretações *etic* são aquelas desenvolvidas pelo pesquisador para fins de análise (Posey, 1986).

Para a análise dos significados simbólicos da vida cotidiana de trabalho, trabalha-se a percepção dos entrevistados, de forma a captar-se os processos de construção e reconstrução cultural, buscando analisar os memes (Marques, 1995).

As técnicas aplicadas para o trabalho de campo obedecem a uma proposta metodológica que busca operacionalizar a observação, onde se pode reconhecer, conforme Gudynas & Evia (1991), o axioma de que o ambiente, enquanto sistema heterogêneo converte-se de significados simbólicos muito diversos. Isto acontece porque cada agente social ao defrontar-se numa circunstância ou ambiente decide quais os elementos dotados ou não de conteúdos simbólicos, pois, não existe uma realidade verdadeira, única, absolutamente acabada, mas, sim, que esta depende tanto dos homens como do ambiente.

A organização dos preceitos metodológicos e teóricos das atividades assentou-se no conceito “Agrossilvicultura” apresentado por Noda et al. (2000). O aproveitamento deste conceito, desenvolvido para sistemas de produção de agricultores familiares de terra firme, foi pela necessidade de testar a abstração conceitual em áreas de várzeas e a necessidade de aproximação teórica da realidade dos sistemas de produção de agricultura familiar no Amazonas.

As pesquisas de campo foram efetuadas através de excursões realizadas em três períodos. O primeiro, de outubro de 1991 a setembro de 1993 no período de enchente e vazante dos rios no trecho Solimões-Amazonas no Estado do Amazonas, compreendendo o Médio Solimões (municípios de Coari e Codajás), o Baixo Solimões (municípios de Manaquiri e Iranduba), Alto Amazonas (municípios do Careiro da Várzea) e Médio Amazonas (municípios de Barreirinha e Parintins). O segundo, de agosto de 1998 a dezembro de 2001, no Alto Solimões (municípios Tabatinga e Benjamin Constant). O terceiro, de agosto de 2002 a fevereiro de 2004, no rio Solimões-Amazonas nos estados do Amazonas e Pará nas microrregiões do Alto Solimões (Atalaia do Norte, Tabatinga, Benjamin Constant e São Paulo de Olivença), Médio Solimões (Maraã, Tefé e Coari), Baixo Solimões (Manaquiri, Manacapuru e Iranduba), Alto Amazonas (Careiro da Várzea), Médio Amazonas (Itacoatiara, Silves e Parintins – Estado do Amazonas, e Oriximiná e Santarém – Estado do Pará) e região estuarina (Gurupá).

Com a participação entre 10 a 20 pesquisadores, durante 15 dias em média para cada excursão, foram realizadas visitas a 268 unidades de agricultura familiar no primeiro período, no segundo 136 e no terceiro 242. Os pesquisadores e bolsistas, em função da qualificação acadêmica de cada membro e do grau de envolvimento, definiu a estratégia metodológica em pesquisa teórica e de campo, planejamento das ações, ativi-

dades técnico-científicas e pedagógicas. Os pesquisadores participantes tiveram responsabilidades diferenciadas de acordo com as competências e afinidades, trabalhadas em seminários, reuniões e treinamentos complementares.

As técnicas empregadas foram a de formulários, acompanhados de diários de campo (para identificação dos sistemas de produção, aspectos do trabalho produtivo e esquemas de organização sócio-econômica e administrativa) e entrevistas pessoais, com ou sem roteiro prévio, gravadas para captar a “visão de mundo” dos produtores e técnicos envolvidos na produção agrícola em sistemas agroflorestais.

Definiram-se os objetivos da equipe quanto aos aspectos práticos e conhecimento (Thiollent, 1988), para contribuir no levantamento de propostas de ações e no desenvolvimento de uma consciência sobre a natureza e a complexidade da qualificação de recursos humanos em ciências agrárias no Estado do Amazonas, auxiliando os pesquisadores a conscientizarem-se da existência de soluções para os problemas levantados. Por meio dos procedimentos metodológicos operacionais procurou-se obter informações sobre a realidade, as percepções e representações e a capacidade de ação e mobilização vivificadas pelas agriculturas familiares amazônicas.

Na prática, organizou-se uma equipe formada e qualificada para a prática da pesquisa organizada de forma individual, apta a trabalhar em grupo interdisciplinar, dispondo de autonomia e flexibilidade para estudar dinamicamente os problemas levantados a partir de decisões e ações coletivas de negociações, para superar os conflitos, por meio de reuniões e seminários.

## **TRANSDISCIPLINARIEDADE: REALIDADE OU MITO?**

A formação do grupo de pesquisadores para a consecução dos trabalhos de pesquisa deu-se mediante conciliados verbais a partir do processo de conhecimento profissional, como parte da prática social de cada um, na instituição onde mantém vínculos por relações funcionais. Na Tabela 1 pode-se averiguar a composição do grupo de pesquisadores e bolsistas com suas origens e especialidades.

**Tabela 1.** Local de origem, formação, modo de participação e grau especialização de pesquisadores participantes do Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico – NERUA no Estado do Amazonas, Brasil, correspondente ao período de 1991-2003.

Local de Origem	Modo de Participação	Formação	Especialização
Acre	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Gestão Ambiental
Amazonas	Pesquisador	Engenheiro Agrônomo	Sustentabilidade Amazônica
Amazonas	Pesquisador	Engenheiro Agrônomo	Silvicultura
Amazonas	Pesquisador	Engenheiro Florestal	Botânica e Etnobiologia
Amazonas	Pesquisador	Engenheiro Agrônomo	Solos e Nutrição de Plantas
Amazonas	Pesquisador	Engenheiro Agrônomo	Solos e Nutrição de Plantas
Amazonas	Pesquisador	Estatística	Estatística
Amazonas	Pesquisador	Engenheiro Agrônomo	Extensão Rural
Amazonas	Pesquisador	Economista	Administração Rural
Amazonas	Pesquisador	Biólogo	Solos e Nutrição de Plantas
Amazonas	Pesquisador	Engenheiro Agrônomo	Botânica e Etnobiologia
Amazonas	Pesquisador	Tec. Madeira	Melhoramento de Plantas
Amazonas	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Sistemas Agroflorestais de Produção
Amazonas	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Agricultura Familiar
Amazonas	Bolsista	Estatística	Estatística em Etnoconhecimento
Amazonas	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Ecologia de Paisagem
Amazonas	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Engenheirando
Amazonas	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Engenheirando
Amazonas	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Engenheirando
Amazonas	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Engenheirando
Amazonas	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Sustentabilidade Amazônica
Pará	Pesquisador	Pedagogo	Educação Popular
Paraná	Pesquisador	Engenheiro Florestal	Manejo Florestal
Paraná	Pesquisador	Engenheiro Florestal	Manejo Florestal
Paraná	Pesquisador	Sociólogo	Política Regional
Pernambuco	Pesquisador	Engenheiro Agrônomo	Fitopatologia
Peru	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Solos e Nutrição de Plantas
Rio de Janeiro	Pesquisador	Engenheiro de Pesca	Oceanógrafo
Rio de Janeiro	Pesquisador	Engenheiro Florestal	Botânica e Etnobiologia
Rio de Janeiro	Bolsista	Engenheiro Agrônomo	Sistemas Agroflorestais de Produção
Rio de Janeiro	Bolsista	Zootecnia	Sistemas de Produção em Pecuária
Rio de Janeiro	Bolsista	Econ. Doméstica	Agricultura Familiar
São Paulo	Pesquisador	Engenheiro Agrônomo	Melhoramento de Plantas
São Paulo	Pesquisador	Lic. Filosofia	Sociologia Rural e Etnoecologia
São Paulo	Pesquisador	Engenheiro de Pesca	Tecnologia de Alimentos
São Paulo	Pesquisador	Zootecnia	Piscicultura

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as participações de diferentes culturas na formação profissional. Apesar da grande maioria ter como formação áreas de conhecimento em Ciências Agrárias, o ponto de origem da formação de diferentes estados brasileiros e América Latina evidenciam influências culturais diversas.

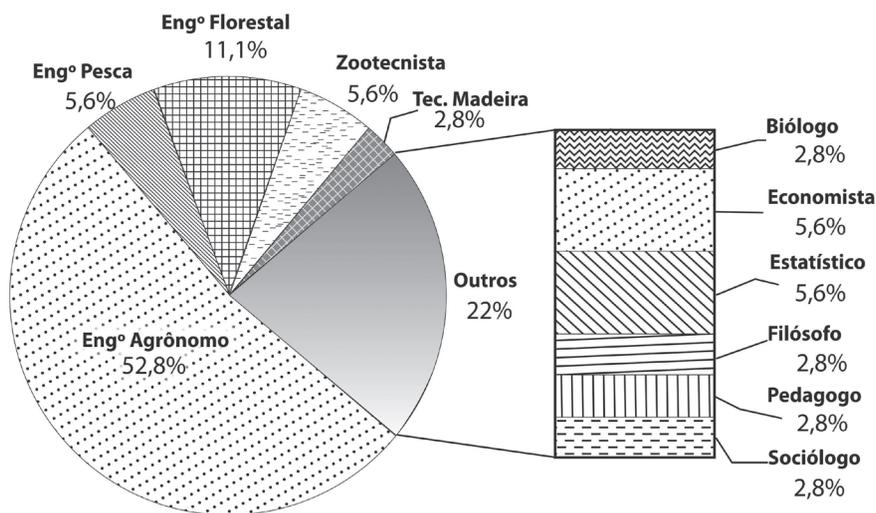


Figura 1. Formação profissional (%), de pesquisadores e bolsistas participantes do Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico – NERUA no Estado do Amazonas, Brasil, correspondente ao período de 1991-2004.

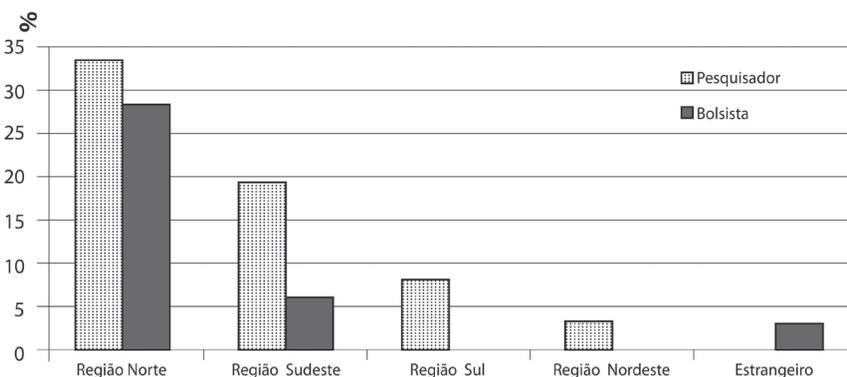
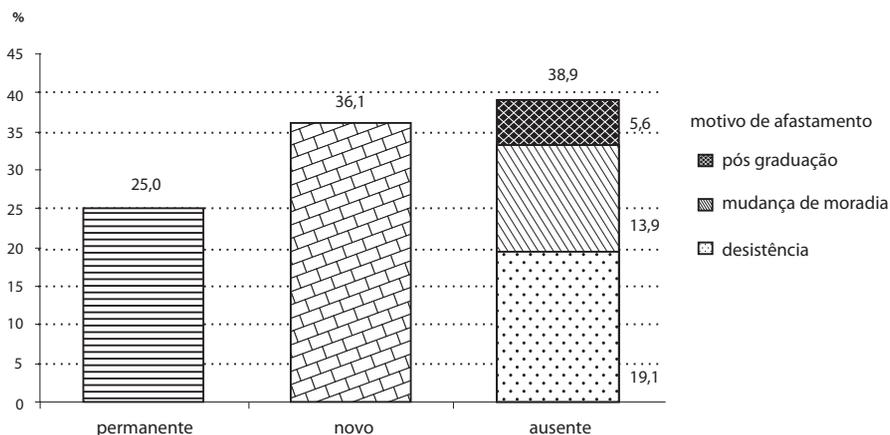


Figura 2. Local de origem e modo de participação (%) de pesquisadores e bolsistas participantes do Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico – NERUA no Estado do Amazonas, Brasil, correspondente ao período de 1991-2004.

Para a construção do grupo de pesquisa houve necessidade de formação de uma equipe técnica, onde a partir da reflexão sobre as práticas de ensino e pesquisa em Ciências Agrárias fosse permitindo definir que tipo de ações resultaria em transformações, de acordo com a apropriação dos fatos em cada conjuntura ou cultura regional, buscando-se aprimorar o etnoconhecimento.

Na aplicação da estratégia metodológica era de conhecimento prévio o fato das mudanças que viessem a ocorrer explicitariam contradições. Essas, em princípio, poderiam ser corrigidas por meio da discussão e do diálogo comparando-se as observações obtidas em unidades com diferentes participantes. Durante o período total do trabalho, de 1991 a 2004, o grupo recebeu novos participantes e houve saída de membros para melhorar a titulação profissional com reentradas em períodos diferenciados, obtenção de cargos e emprego por participantes bolsistas, em formação acadêmica ao concluírem o curso de graduação ou pela alternância de bolsistas de iniciação científica cuja permanência restringe-se no máximo a dois anos.

Na Figura 3 observa-se o fluxo de pesquisadores e bolsistas no NERUA entre os anos de 1991 a 2004. Verificou-se que as especialidades não interferiram na permanência no grupo e os dados apontam como significativa à busca de capacitação e desistência, mas também o emprego em outras localidades fora do local de funcionamento do NERUA, em Manaus.



**Figura 3.** Fluxo de entrada, saída e permanência de pesquisadores e bolsistas no Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico – NERUA no Estado do Amazonas, Brasil, correspondente ao período de 1991-2004.

É importante observar, nos dados da motivação para ausência no grupo, à formação profissional, pois, nesta fase ocorria nas instituições de CT&I locais um aumento em programas internos de qualificação profissional especialmente na elevação da escolaridade por meio da pós-graduação. Os motivos apontados por cada membro do grupo sobre a sua situação de permanência ou ausência de participação nas atividades de pesquisa e de discussão das práticas de ensino superior em ciências agrárias evidenciam a necessidade da construção e reconstrução da cultura profissional para resolução de problemas e estruturação de propostas de políticas públicas para o setor regional.

O comportamento de ir e vir e/ou não retornar exigiu um tempo necessário e útil para estabelecer-se, no princípio e após reconstruir-se, uma cultura grupal de compreensão e percepção dos conteúdos teórico-metodológicos e das interfaces significativas da possibilidade do trabalho interdisciplinar numa abordagem sistêmica. Ou seja, foi necessária a formação de um processo de organização específica do grupo, onde as interações interpessoais entre pesquisadores puderam construir comportamentos educativos de solidariedade e reciprocidade em um processo de ressocialização profissional que permitisse incorporar-se o etnoconhecimento como prática válida em procedimentos de pesquisa-ação.

A construção de uma cultura grupal particular foi também, necessária para permitir à diminuição das contradições oriundas e inerentes a formação e qualificação diferenciada de cada participante, dentre elas a presença de indivíduos provenientes de grupos heterogêneos, com padrões, objetivos sociais, relações familiares e moralidades específicas. Assim é porque são oriundos de sociedades com tradições culturais diferenciadas e complexas, que abrangem os seus modos de proceder mediante valores morais, gerando dificuldades para ultrapassar os limites geográficos e da competência pelas especialidades com influência na capacidade de disponibilizar-se para trabalhar na região. Os memes de membros do grupo, podem evidenciar as condições de comprovação.

*“... Na minha especialidade, este assunto é abordado de maneira diferente da proposta pelo grupo pois, poucos são os que entendem sobre o que é uma amostra, análise qualitativa, testes matemáticos, etc...”*

(Reunião de ajuste metodológico. Manaus, AM. 1996).

*“... A minha experiência é bem diferente da analisada. Sou caboclo do beiradão, conheço muito da vida e já prestei muito serviço para a região”.*

(Reunião de aferimento dos dados de análise. Parintins, 1993).

*“... Na área social que é menos técnica, nós podemos trabalhar com os conhecimentos dos agricultores, mas, nas áreas mais técnicas esses conhecimentos têm que passar pelo crivo, pois, nem sempre são exatos e sistematizados.*

(Reunião de exposição de estratégias específicas de atuação. Manacapuru, AM. 2003).

Um problema inicialmente levantado foi sobre o sentido de ações mais pessoais e transparentes não pertencer ao sujeito que as executa mas, ao sistema total de relações nas quais e pelas quais se realizam. As *“relações sociais estabelecem-se entre condições e posições sociais e têm ao mesmo tempo, mais realidade que os sujeitos que as liga”* (Bourdieu et al., 1975). Na divisão do trabalho, as relações pessoais convertem-se necessária e inevitavelmente em relações de classe e enquanto tal se cristalizam hierarquizadas com procedimentos de dominância. Neste caso resultam na promoção e valoração das relações hierárquicas entre pesquisadores e bolsistas, pesquisadores e técnicos de campo. Os relatos comprovam os limites da participação quando da aplicabilidade das estratégias metodológicas específicas de cada grupo de participantes por área do conhecimento científico.

O sistema de relações objetivas nos quais os pesquisadores (atores sociais) estão inseridos permanece, o que demandaria a construção do sistema de relações objetivas nas quais estão colocados e que são expressadas mais na prática de trabalho cotidiano ou na morfologia dos grupos do que nas opiniões e intenções declaradas pelos sujeitos.

A ação transformadora “desejada” pelos pesquisadores não pode ser executada pelo profissional sem uma organização, que é a mediação entre a teoria e a prática. A rigor é a captação da lógica objetiva da organização que proporciona o princípio que explica, precisamente as atitudes, opiniões e aspirações dos sujeitos. Nascem como produto do conhecimento sensível-racional e do contato formal-informal com indivíduos e grupos para chegar a determinadas metas, sendo fundamental sua relação com o público alvo de sua atuação estratégica no sentido de nuclear todos que possuem interesses e necessidades iguais.

A construção dessa relação passa obrigatoriamente pela planificação das alternativas e ações a serem implementadas e pela avaliação das possibilidades e dificuldades que podem ser encontradas na realização de um projeto coletivo. Desta maneira faz-se necessário a elaboração de estratégias e táticas de ação para definição das atividades a serem executadas. Estratégias entendidas como sendo as medidas tomadas para alcançarem-se os objetivos traçados tanto ao nível prático como teórico. Táticas entendidas como as habilidades, os meios e o momento oportuno para alcançá-los.

O entendimento da necessidade da definição de estratégias e táticas foi salientado pelo fato do processo de produção do conhecimento necessitar da teorização pois, *“não é possível nenhuma prática sem estar apoiada a uma estratégia e nenhuma estratégia sem estar apoiada em uma teoria”* (Althusser, 1967). A planificação foi proposta porque é um nível teórico de intervenção da realidade. O abstrato é o começo, e o concreto o fim de um processo de elaboração teórica, porém este se transforma novamente em abstrato, em generalização, para um novo ciclo de prática (Kisnerman, 1972). A teoria domina o trabalho experimental desde a sua concepção ou ponto de partida até as últimas manipulações de laboratório (Popper *in*, Bourdieu et al., 1975). Sem teoria, não é possível ajustar nenhum instrumento, nem interpretar nenhuma leitura, isto porque a representação da experiência como protocolo de uma comprovação livre de implicação teórica deixa transparecer indícios da convicção de que existem fatos que poderiam transcender tal como são na teoria para a qual e pela qual foram criados.

A abstração executada na planificação para elaboração das estratégias e táticas adquiriu validade com sua transformação concreta na prática social desenvolvida pelo grupo de pesquisadores que passaram a modificar suas ações e interpretações a partir das condições objetivas e subjetivas encontradas na realidade concreta. No entanto, a planificação proposta não foi executada como tarefa asséptica de um grupo de profissionais ávidos por solucionar os problemas dos outros, numa atitude assistencialista paliativa muito comum em grupos de organismos governamentais. Não surgiu tampouco, de um subjetivismo metodológico, mas da compreensão resultante do diálogo entre os agricultores familiares, os alunos-estagiários e/ou bolsistas, os professores e os pesquisadores envolvidos no projeto, agentes com saberes e espaços intelectuais diferenciados.

Enquanto ser social, o pesquisador estará sempre numa relações dialética na sua prática profissional com os sujeitos nela envolvidos numa implicação histórica onde sua ação prática confunde-se com seu projeto individual e o coletivo institucional. Ou seja, estará envolvido em projetos voltados para o futuro porém vivenciados concretamente na sua ação prática. Nessa perspectiva, fazer pesquisa-ação é estar disponível para ser *“interrogado sobre o papel e função exercida como pesquisador e “especialista” na sociedade,... aceitar interpelações sobre o sistema de valores e de atitudes do qual depende o equilíbrio da personalidade. É estar sempre na contradição entre o projeto histórico e o existencial. ...Na pesquisa-ação... a única liberdade é a de agir em contradição...”* (Barbier, 1985). Nesse sentido o pesquisador da transformação social é um agente duplo sempre sujeito a ser passado para trás.

Um processo de discussão sobre a prática de pesquisa e ensino desejada foi executado, com a intenção de estruturar um grupo de profissionais de diferentes instituições governamentais federais com a participação de alunos da Universidade. O mesmo foi executado através de reuniões e seminário onde ficou conciliado a reflexão, o exame, a discussão e a tomada de decisões acerca do processo de investigação e da metodologia de coordenação das atividades do grupo.

A organização do trabalho vivenciada para estabelecer o tema da pesquisa, seu campo, os interessados e suas expectativas foi carregada de problemas práticos decorrentes da constituição da equipe de pesquisadores. Nesta fase detectam-se apoios e resistências, convergências e divergências, posições otimistas e cépticas, etc.; para ocorrer a adesão sem contudo, criar-se falsas expectativas. Cada pesquisador tem uma origem de classe e pertence ou pertenceu, é fruto ou foi de uma instituição. O contexto do pesquisador, sua formação, seus grupos de referência, os gostos intelectuais do momento desempenham um papel decisivo, pois, denota o nível de implicação a que está afeto o pesquisador é questionado na pesquisa-ação.

A instituição é compreendida como um sistema aberto, uma célula simbólica incorporada nas pessoas e nos grupos sociais reproduzindo no pensamento coletivo esquemas de percepção, representação e ação de acordo com os interesses e à manutenção dos privilégios da classe dirigente-dominante (Barbier, 1985). Destarte, os conflitos acima mencionados, aparentemente de ordem pessoal, surgidos em um grupo em estruturação nada mais foram do que as manifestações claras do inconsciente político do campo institucional de cada pesquisador.

Engajado na ação, no aqui-e-agora de sua pesquisa, no projeto do grupo libera ações semelhantes a um jogo recíproco e existencial onde cada um aceita questionar a sua existência, quanto aos fundamentos, às orientações e as opções afetivas e racionais fundamentais. Porém, o que ocorre é uma troca de serviços de interesses camuflados na competência profissional, pela deontologia e pelo código moral de estar prestando serviços relevantes à sociedade e aos outros.

É difícil o reconhecimento do inconsciente individual nos dispositivos analisadores escolhidos para a pesquisa-ação institucional. Assim, as ações podem ser bloqueadas ou desviadas, dependendo do nível de implicação psico-afetiva do pesquisador sobre a decisão autoritária do que e como vai trabalhar se de uma ou de outra maneira, sob esta ou aquela perspectiva teórica. Entretanto, por ser um sujeito social o pesquisador depende dos hábitos adquiridos, esquemas de pensamento e percepção sistemáticos, têm a sua prática científica diretamente ligada ao seu processo de socialização de acordo com a sua classe de origem. Ocorre uma diferença de perspectiva na análise efetuada por um pesquisador oriundo de uma classe popular em relação a um da classe abastada. Dentro dessa dimensão psicológica, conforme descreve Barbier (1985) o pesquisador (bolsista) vai buscar instituições e hipóteses de base e o intelectual marginal conhecerá o problema angustiante de uma posição indefinida entre “eles” e “nós”. Só depois de tomar consciência desse conflito interior é que o educador ou o pesquisador saberá descobrir a fonte de suas oscilações de humor e de suas reações bruscas a certo membro do grupo.

As relações sociais institucionalizadas refletem nos grupos e organizações as lutas institucionais com relativa autonomia. Na instituição escolar e de pesquisa as relações de força entre os membros da “comunidade acadêmica” se dão a partir de um desconhecimento instituído do funcionamento e dos seus mecanismos internos e disputas entre os grupos por um processo de inculcação de significações legítimas em condições necessárias para a atuação em ensino e pesquisa científica. Dentre as quais, está o conhecimento a ser adquirido naquele espaço e tempo intelectual. Surge como resultado, um conjunto de significações legítimas, ou seja, um conjunto de normas, valores, regras, sinais e símbolos reproduzidos na prática social dos professores e pesquisadores de forma a referendar o poder de imposição e a delegação de poder a um grupo em relação a outros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultado observou-se que as contradições existentes entre os membros de grupos de trabalho ou pesquisa são frutos do contato entre diferentes culturas profissionais na obtenção do conhecimento empírico por serem sujeitos sociais com saberes e espaços intelectuais diferenciados.

Na prática social desenvolvida pelo grupo de professores e pesquisadores, dada a necessidade de teorização sobre os fenômenos estudados, ocorreu a necessidade de elaborar-se coletivamente um conjunto de estratégias e táticas que vêm sendo repetidas e acrescidas de novos instrumentos para alcançarem-se os objetivos traçados no nível teórico e prático. Em consequência habilidades coletivas transdisciplinares foram adquiridas bem como os meios, os momentos e os coparticipantes numa construção partilhada, buscando a produção coletiva do conhecimento.

A conscientização na prática transdisciplinar, dentro da unidade teoria-prática, reflexão-ação para estruturarem-se no grupo e com ele alternativas de modificação do futuro, é uma tarefa complexa a partir da prática do trabalho científico e proporcionou ao grupo uma autoeducação, estratégia, organização e promoção política, conseguindo melhorar a interação de cada indivíduo ou grupo na descoberta dos próprios problemas, dos meios para resolvê-los e dos obstáculos existentes para o desenvolvimento adequado das sociedades amazônicas com as suas diversidades biológicas e humanas.

A adesão necessária a transdisciplinaridade, sem contudo, criarem-se falsas expectativas foi conseguida. Não houve rupturas significativas a nível das instituições as quais os pesquisadores estão ligados, apontando para o fato da ocorrência dos conflitos serem de ordem pessoal, surgidos no grupo como manifestações claras do inconsciente político do campo institucional de cada pesquisador.

Na continuidade das atividades o grupo ou equipe de trabalho vem desempenhando um papel significativo no equacionamento dos problemas encontrados principalmente, no ensino de ciências agrárias, na região, pela prática da pesquisa onde a participação de representantes com especialidades diversificadas e de segmentos diferentes das instituições, vem permitindo o acompanhamento e a avaliação das ações desencadeadas em função das necessidades, dos problemas levantados em relação ao envolvimento em políticas públicas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colegas que vêm atuando no NERUA pelo convívio e aprendizagem bem como pelos significativos avanços alcançados pela participação coletiva que permitiu a escrita do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Althusser, L. 1967. *La Revolución Teórica de Marx*. México. Ed. Siglo XXI. 97p.
- Aron, R. 1995. *As Etapas do Pensamento Sociológico*. São Paulo, SP. Brasil. Editora Martins Fontes. 558p.
- Barbier, R. 1985. *A Pesquisa-ação na Instituição Educativa*. Rio de Janeiro. Brasil. J. Zahar Editor. 346p.
- Begossi, A. 1983. Ecologia Humana: Um Enfoque das Relações Homem-Ambiente. *Interciência*. May-June, 18 (3): 121 a 130.
- Benedict, R. 1983. *Vida e Cultura*. Editora Livros do Brasil. São Paulo, SP. 334p.
- Berger, P.I.L.I. & Luckmann, T. 1997. *A Construção Social da Realidade: Tratado de Sociologia do Conhecimento*. Trad. Floriano de S. Fernandes. Petrópolis, RJ. Editora Vozes. 248p (Antropologia, 5).
- Bourdieu, P., Chamboredon, J-C. & Passeron, J-C. 1975. *El Oficio de Sociólogo - Pressupostos Epistemológicos*. Buenos Aires, Argentina. Siglo XXI Editores S.A. 356p.
- Bourdieu, P. 1989. *O Poder Simbólico*. Editora Bertrand Brasil S/A, Rio de Janeiro.
- Freire, P. 1970. *Pedagogia do Oprimido*. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro. 226p.
- Geertz, C. 1989. *A Interpretação das Culturas*. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 323p.
- Gudynas, E. & Evia, G. 1991. *La Paxis por la Vida. Introducion a las Metodologías de la Ecologia Social*. Montevideo. Uruguay. CIPFE / CLAES NORDAN. 276p. il.
- Kisnerman, N. 1972. *Práctica Social en el Medio Rural*. Editorial Humanitas. Buenos Aires. Argentina. 157p. il.

- Marques, J.G.W. 1995. *Pescando Pescadores: Etnoecologia abrangente no Baixo São Francisco*. São Paulo. NUPAUB – Universidade de São Paulo/USP. 285p. il.
- Morin, E. 1998. *Ciência com Consciência*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 350p.
- Noda, S.N.; Noda, H. & Santos, H.P. 2000. Family Farming Systems in the Floodplains of the State of Amazonas. In: Junk, W.J.; Ohly, J.J.; Piedade, M.T.F. & Soares, M.G.M. *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. p. 215-242. il.
- Posey, D.A. 1986. Etnobiologia: Teoria e Prática In: *Suma Etnológica Brasileira*. D. Ribeiro (ed.) Petrópolis, RJ. Editora Vozes/FINEP. IL. p.15-28 il.
- Thiollent, M. 1988. *Metodologia da Pesquisa-ação*. Cortez Editores, São Paulo (Coleção Temas Básicos de Pesquisa-ação). 108p.
- Thiollent, M., Araújo Filho, T., Soares, R.L.S. (Org.). 2000. *Metodologia e Experiências em Projetos de Extensão*. Universidade Federal Fluminense. EdUFF. Niterói. 341p.
- Yin, R.K. 2001. *Estudo de Caso – Planejamento e Métodos*. Editora Bookman Companhia. 2ª ed. 206p.

---

Este livro foi impresso em Manaus, em abril de 2013. O projeto gráfico, miolo e capa foi feito pela Wega Comunicação.

## NERUA - CSAS - INPA

A vegetação natural da Amazônia Centro Ocidental tem sido mantida, ainda hoje, quase totalmente preservada, graças às formas de manejo ambiental praticadas pelos agricultores familiares na Amazônia. O sistema de produção adotado pelas populações autóctones tem oferecido elevados patamares de autossuficiência e sustentabilidade, conservando a sócio-biodiversidade e mantido a floresta como elemento permanente da paisagem. O compartilhamento de recursos genéticos vegetais, prática corrente adotada por esses agricultores, tem permitido a segurança alimentar das comunidades rurais e exerce um importante papel no processo de conservação, dispersão e resgate de espécies vegetais cultivadas.



**FAPEAM**  
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas  
Certificado pelo ISO 9001:2008

**SECTI**  
Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação  
Certificado pelo ISO 9001:2008



**AMAZONAS**  
GOVERNO DO ESTADO  
CRIANDO OPORTUNIDADES



**INPA**  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA



**FDB**



**FINEP**

ISBN 978-65-46806-03-2



9 786566 468032