

Agrotrópica

Volume 18, nº único, Janeiro a Dezembro de 2006



Centro de Pesquisas do Cacau
Ilhéus - Bahia

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Ministro: Reinhold Stephanes

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC

Diretor: Gustavo Costa Moura

Superintendência Regional da Bahia (SUEBA)

Superintendente: Geraldo Dantas Landim

Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)

Chefe: Jonas de Souza

Centro de Extensão (CENEX)

Chefe: Cloaldo Guanaes Mineiro

Superintendência Regional da Amazônia Ocidental - SUPOC

Superintendente: Francisco Chagas R. Sobrinho

Superintendência Regional da Amazônia Oriental - SUPOR

Superintendente: Aliomar Arapiraca da Silva

Agrotrópica, v. 1, n°1 (1989)
Ilhéus, BA, Brasil, CEPLAC/CEPEC, 1989

v.

Quadrimestral

Substitui "Revista Theobroma"

1. Agropecuária - Periódico.

CDD 630.5

AGROTRÓPICA é indexada em

AGRINDEX; THE BRITISH LIBRARY; CAB (i.e. Horticultural Abstracts, Review of Plant Pathology, Forestry Abstracts); AGROBASE; Agricultural and Environment for Developing regions (TROPAG); ULRICH'S INTERNATIONAL PERIODICALS DIRECTORY (Abstract on Tropical Agriculture, Agricultural Engineering Abstracts, Agroforestry Abstracts, Bibliography of Agriculture, Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Exerpt Medical, Food Science & Technology Abstracts, Indice Agricola de America Latina y el Caribe, Nutrition Abstracts, Protozool. Abstracts, Review of Applied Entomology, Seed Abstracts, Tropical Oil Seeds Abstracts).

POLÍTICA EDITORIAL

AGROTRÓPICA, publicação destinada a veicular trabalhos que constituem contribuição original e real para o desenvolvimento agroecológico e socioeconômico das regiões tropicais úmidas. Tem por objetivo ser veículo aberto à divulgação de trabalhos científicos inéditos que contribuam para o aprimoramento das culturas tropicais, pastagens e outros produtos de interesse econômico.

Publica artigos científicos, notas científicas, revisões bibliográficas relevantes e de natureza crítica, em português, espanhol e inglês e cartas ao editor sobre trabalhos publicados em Agrotrópica.

O autor é o responsável exclusivo pelo conteúdo do trabalho, todavia, o Editor, com a assistência da assessoria científica, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações que considere necessárias.

EDITORIAL POLICY

AGROTRÓPICA is a Journal published which goal is to divulge papers containing original and real contributions to agroecological and socioeconomical development of humid tropics. Inedited papers leading to the improvement of tropical crops, pastures and other agricultural commodities are welcome. The Journal will publish scientific articles and notes, critical reviews and letters to the Editor written in Portuguese, Spanish and English.

Authors are exclusively responsible for concepts and opinions given in their articles. However the Editor with the help of the Scientific Committee reserves the right to suggest or ask modifications thought to be necessary.



**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

**CEPLAC - Comissão Executiva do
Plano da Lavoura Cacaueira**

AGROTRÓPICA. Publicação quadrimestral do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)/CEPLAC.

Comissão de Editoração: José Luiz Bezerra, Miguel A. Moreno Ruiz e Milton Macoto Yamada.

Editor: Miguel Antonio Moreno Ruiz

Assistentes de Editoração: Jacqueline C.C. do Amaral e Selenê Cristina Badaró.

Normalização de referências bibliográficas: Maria Christina de C. Faria

Editoração eletrônica: Jacqueline C.C. do Amaral e Selenê Cristina Badaró.

Capa: Gildefran Alves Aquino de Assis

Assinatura: R\$ 40,00 (Anual); R\$ 15,00 (número avulso). Instituições ou leitores interessados em obter a publicação por intercâmbio ou assinatura poderão contactar: CEPLAC - Setor de Informação Documental, C.P. 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil. E-mail: sidoc@cepec.gov.br

Endereço para correspondência:
AGROTRÓPICA, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), C.P. 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

Telefone: (73) 3214 -3219

Fax: (73) 3214 - 3218

E-mail: agrotrop@cepec.gov.br

Tiragem: 500 exemplares

AGROTRÓPICA

V.18

Janeiro - dezembro

2006

N. único

CONTEÚDO

ARTIGOS

- 1 Estudo por choque químico de artrópodes associados ao pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lamarck, Leguminosa, Caesalpiniaceae). **C. dos S. F. Mariano, J. R. M. dos Santos, J. H. C. Delabie.**
- 7 Impacto de *Wasmannia auropunctata* e *Wasmannia* sp. aff. rochai (Formicidae; Myrmicinae) sobre a mirmecofauna dos cacauais do sudoeste da Bahia (Brasil). **A. L. B. de Souza, J. H. C. Delabie, H. G. Fowler**
- 15 Fósforo e Zinco no desenvolvimento de mudas de cacaueiro. **F. L. de O. Corrêa, C. A. S. Souza, J. G. de Carvalho, V. Mendonça, M. Vichiato.**
- 25 Doses de Fósforo e Zinco no acúmulo de macro e micronutrientes em mudas de cacaueiro. **C. A. S. Souza; F. L. de O. Corrêa; V. Mendonça; M. Vichiato, J. G. de Carvalho.**
- 39 Atividade microbiana em solo cultivado com clones de cacau em diferentes tamanhos de covas. **Q. R. Araujo, A. C. S. L. Sobral, M. I. Farias; T. D. Costa Neto, I. M. Cazorla, R. E. Chepote, R. C. Argolo.**
- 45 Variabilidade entre isolados de *Crinipellis perniciosa* de cacau e outros hospedeiros com base em marcadores isoenzimáticos. **M. L. de Oliveira, M. M. Yamada, V. R. da Silva.**
- 53 Clorpirimfós em óleo de dendê no controle de *Heilipus catagraphus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) em gravioleira. **J. I. L. Moura, R. B. Sgrillo, F. J. Cividanes.**
- 57 Análise de PCR de fitoplasma associado com ‘enfezamento vermelho’ do milho em genótipos tropicais cultivados no Sudeste do Brasil (em inglês). **M. A. Peres, U. G. de P. Lana, L. L. Loguercio.**
- 63 Desempenho de um sistema agroflorestal: cacaueiros e essências florestais no município de Ariquemes, Rondônia. **C. M. V. C. de Almeida, M. W. Müller, A. P. R. Silva.**
- 71 Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil. **F. L. de O. Corrêa, J. D. Ramos, A. C. da Gama-Rodrigues, M. W. Müller, R. G. de Macedo, C. A. S., Souza, M. I. N. Alvarenga.**
- 83 Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro comum no Nordeste brasileiro, no ano agrícola de 2005. **H. W. L. de Carvalho, L. C. de Faria, D. R. N. Warwick, M. M. de Albuquerque, M. J. D. Peloso, L. C. Melo, A. R. dos S. Rodrigues, S. S. Ribeiro, V. D. de Oliveira, E. M. de Souza.**
- 89 Podridão-negra da raiz da noz-moscadadeira causada por *Rosellinia pepo*. **M. L. de Oliveira, C. K. Sacramento, J. L. Bezerra, A. R. R. N. Cerqueira, V. R. da Silva.**
- 93 Substratos de serragem na produção de mudas de cacaueiros. **G. A. Sodré, J. E. Corá, A. B. Pereira.**
- 97 Análise-diagnóstico do plantio clonal de cacaueiros na Região Sul da Bahia. **P. C. L. Marrocos, G. A. Sodré, J. L. Pires.**

NOTA CIENTÍFICA

- 101 Diagnóstico da murcha-de-phymomonas em palmeira imperial em estágio final de infecção. **A. Santos, J. L. Bezerra, A.C. Oliveira, M. L. Nascimento, T. P. Souza, A. L. M. Silva.**



**MINISTRY OF AGRICULTURE
LIVESTOCK AND FOOD SUPPLY**

**CEPLAC - Executive Commission
of the Cacao Agriculture Plan**

AGROTRÓPICA. Published every four months by the Cacao Research Center (CEPEC)/CEPLAC.

Editorial Committee: José Luiz Bezerra, Miguel A. Moreno Ruiz and Milton Macoto Yamada.

Editor: Miguel Antonio Moreno Ruiz

Editorial assistant: Jacqueline C.C. do Amaral and Selenê Cristina Badaró.

Revision of bibliographical references:
Maria Christina de C. Faria

Desktop publish: Jacqueline C.C. do Amaral and Selenê Cristina Badaró.

Cover: Gildefran Alves Aquino de Assis

Subscription: annual (outside Brasil) - US\$ 60.00 (surface mail); single copy - US\$ 15.00 (surface mail). Institutions or individuals interested in obtaining the publication for exchange or subscription should contact: CEPLAC - Setor de Informação Documental, P.O.Box 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil. E-mail: sidoc@cepec.gov.br

Address for correspondence:

AGROTRÓPICA, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), P.O.Box 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

Telephone: 55 (73) 3214 - 3219

Fax: 55 (73) 3214-3218

E-mail: agrotrop@cepec.gov.br

Circulation: 500 copies.

AGROTRÓPICA

V.18

January - December 2006

Single number

CONTENTS

ARTICLE

- 1 A study by chemical knockdown canopy arthropods associated to the brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lamarck, Leguminosae, Caesalpiniaceae) (in Portuguese). **C. dos S. F. Mariano, J. R. M. dos Santos, J. H. C. Delabie.**
- 7 Impact of *Wasmannia auropunctata* and *Wasmannia* sp. aff. *rochai* (Formicidae; Myrmicinae) on the ant fauna of the cocoa plantations of southwest Bahia (Brazil) (in Portuguese). **A. L. B. de Souza, J. H. C. Delabie, H. G. Fowler.**
- 15 Phosphorus and Zinc in the cocoa tree development (in Portuguese). **F. L. de O. Corrêa, C. A. S. Souza, J. G. de Carvalho, V. Mendonça, M. Vichiato.**
- 25 Doses of phosphorus and zinc in the accumulation of macro and micronutrients in cocoa seedlings (in Portuguese). **C. A. S. Souza, F. L. de O. Corrêa, V. Mendonça, M. Vichiato, J. G. de Carvalho.**
- 39 Microbial activity in soil cultivated with clones of cocoa in pits of different sizes (in Portuguese). **Q. R. Araujo, A. C. S. L. Sobral, M. I. Farias, T. D. Costa Neto, I. M. Cazorla, R. E. Chepote, R. C. Argolo.**
- 45 Variability among isolates of *Crinipellis perniciosa* from cacao and other hosts based on isozyme markers (in Portuguese). **M. L. de Oliveira, M. M. Yamada, V. R. da Silva.**
- 53 Chlorpyriphos in palm oil to the control of *Heilipus catagraphus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) in soursop (in Portuguese). **J. I. L. Moura, R. B. Sgrillo, F. J. Cividanes.**
- 57 PCR analysis of phytoplasma associated with 'maize bushy stunt' disease in tropical maize genotypes cultivated in southeastern Brazil. **M. A. Peres, U. G. de P. Lana, L. L. Loguerio.**
- 63 Performance of an agroforestry system: cocoa and timber trees in Ariquemes municipality, Rondônia (in Portuguese). **C. M. V. C. de Almeida, M. W. Müller, A. P. R. Silva.**
- 71 Nutrients cycling in agroforestry system with frutiful and forests species in Rondônia, Brazil (in Portuguese). **F. L. de O. Corrêa, J. D. Ramos, A. C. da Gama-Rodrigues, M. W. Müller, R. G. de Macedo, C. A. S. Souza, M. I. N. Alvarenga.**
- 83 Adaptability and stability of commum bean genotypes in Northeast Brazilian region, year 2005 (in Portuguese). **H. W. L. de Carvalho, L. C. de Faria, D. R. N. Warwick, M. M. de Albuquerque, M. J. D. Peloso, L. C. Melo, A. R. dos S. Rodrigues, S. S. Ribeiro, V. D. de Oliveira, E. M. de Souza.**
- 89 Black root rot of nutmeg tree caused by *Rosellinia pepo* in southern of Bahia, Brazil (in Portuguese). **M. L. de Oliveira, C. K. Sacramento, J. L. Bezerra, A. R. R. N. Cerqueira, V. R. da Silva.**
- 93 Substrates of sawdust in production of cocoa cutting (in Portuguese). **G. A. Sodré, J. E. Corá, A. B. Pereira.**
- 97 Diagnostic analysis of cacao clonal planting in the South Region of Bahia (in Portuguese). **P. C. L. Marrocos, G. A. Sodré, J. L. Pires.**

SCIENTIFIC NOTE

- 101 Diagnosis of *Phytomonas* wilt in royal palm in the final stage of infection (in Portuguese). **A. Santos, J. L. Bezerra, A.C. Oliveira, M. L. Nascimento, T. P. Souza, A. L. M. Silva.**

Instruções aos Autores

1. O original para publicação em português, inglês ou espanhol, deve ter no máximo 18 páginas numeradas, em formato A4 (21,0 x 29,7 cm), fonte Times New Roman, corpo 12, espaço 1,5 (exceto Resumo e Abstract, em espaço simples), digitado em Word. O artigo deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da revista em 4 vias impressas e também em disquete ou CD. No rodapé da primeira página deverão constar o endereço postal completo e o endereço eletrônico do(s) autor(s). Em três das quatro vias impressas, deverão ser omitidos o(s) nome(s) do autor(es) e agradecimentos, pois essas vias serão enviadas a assessores científicos para análise. As figuras e tabelas devem vir à parte.

2. Os artigos devem conter: título, resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos e literatura citada.

3. Os artigos científicos e notas científicas devem conter introdução que destaque os antecedentes, a importância do tópico e revisão de literatura. Nos materiais e métodos deve-se descrever os materiais e métodos usados, incluindo informações sobre localização, época, clima, solo etc., bem como nomes científicos se possível completos de plantas, animais, patógenos etc., o desenho experimental e recursos de análise estatística empregados. Os resultados e discussão poderão vir juntos ou separados e devem incluir tabelas e figuras com suas respectivas análises estatísticas. As conclusões devem ser frases curtas, com o verbo no presente do indicativo, sem comentários adicionais e derivadas dos objetivos do artigo.

4. Título - Deve ser conciso e expressar com exatidão o conteúdo do trabalho, com no máximo 15 palavras.

5. Resumo e Abstract - Devem conter no máximo 200 palavras; Abstract deve ser tradução fiel do resumo.

6. Palavras-chave - Devem ser no máximo de seis, sem estar contidas no título.

7. Unidades de medida - Usar exclusivamente o Sistema Internacional (S.I.).

8. Figuras - (gráficos, desenhos, mapas) devem ser apresentadas com qualidade que permita boa reprodução gráfica; devem ter 8,2 cm ou 17 cm de largura; as fotografias devem ser escaneadas com 300 dpi e gravadas em arquivo TIF, separadas do texto.

9. Tabelas - As tabelas devem ser apresentadas em Word ou Excel, e os dados digitados em Times New Roman 12.

10. Literatura Citada - No texto as referências devem

ser citadas da seguinte forma: Silva (1990) ou (Silva, 1990). A normalização das referências deve seguir os exemplos abaixo:

PERIÓDICO

REIS, E. L. 1996. Métodos de aplicação e fracionamentos de fertilizantes no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis*) no Sul da Bahia. Agrotrópica (Brasil) 8(2): 39 - 44.

LIVRO

BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. 1991. Southern forages. Atlanta, PPI. 256p.

PARTE DE LIVRO

ENTWISTLE, P. F. 1987. Insects and cocoa. In Wood, G.A.R.; Lass, R. A. Cocoa. 4ed. London, Longman. pp.366-443.

DISSERTAÇÃO

ROCHA, C. M. F. 1994. Efeito do nitrogênio na longevidade da folha de cacau (*Theobroma cacao* L.). Dissertação Mestrado. Salvador, UFBA. 31p.

TESE

ROHDE, G. M. 2003. Economiaecológica da emissão antropogênica de CO₂ - Uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoietica da terra em escala planetária. Tese Doutorado. Porto Alegre, UFRGS/IB. 235p.

MONOGRAFIA SERIADA

TREVIZAN, S. D. P.; ELOY, A. L. S. 1995. Nível alimentar da população rural na Região Cacaueira da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n° 180. 19p.

PARTE DE EVENTO

PIRES, J. L. et al. 1994. Cacao germplasm characterisation based on fat content. In International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, Kuala Lumpur, 1994. Proceedings. Kuala Lumpur, INGENIC. pp.148-154.

A literatura citada deverá referir-se unicamente a trabalhos completos publicados nos últimos 5 anos.

Após as correções sugeridas pela assessoria científica, o autor deverá retornar ao editor da revista, uma cópia impressa da versão corrigida, acompanhada de uma cópia em disquete ou CD.

Os autores receberão 10 separatas do seu artigo publicado.

Guidelines to Authors

1 - The manuscript for publication in Portuguese, English or Spanish, not exceed 18 numbered pages, format A4 (21.0 x 20.7 cm), in Times New Roman, 12, 1.5 spaced (except Resumo and Abstract, simple spaced) typed in Word. The article must be addressed to the Editorial Comission in 4 printed copies and also in disket or CD copy. Complete mailing address and e-mail of the author(s) must appear at the bottom of first page. Three out of the four copies should not state the author's name or acknowledgements, since these copies will go to reviewers. Figures (drawings, maps,pictures and graphs) and tables should be sent separately and ready for publication;

2 - Articles must contain: title, abstract, introduction, material and methods, results and discussion, conclusions, acknowledgements and literature cited (references);

3 - Scientific articles and notes must include an introduction highlighting the background and importance of the subject and literature review. Under materials and methods one must mention informations about locations, time, climate, soil, etc. and furnish latin names of plants, animals, pathogens, etc., as well experimental designs and statistical analysis used. Conclusions must be objective and derived from relevant results of the research.

4 - Title - It must be concise (not exceed 15 words) and express the real scope of the work.

5 - Abstract - No more than 200 words.

6 - Kew words - Six at most, and should not be present in the title.

7 - Measurement units - Use only the International System.

8 - Figures (drawings, maps, pictures and graphs) - They must possess good quality for graphic reproduction; size 8.2 cm or 17 cm wide; photos should be scanned at 300 dpi and recorded, out of the text, in TIF file.

9 - Tables - It should be present in Word or Excel and data typed in Times New Roman, 12.

10 - References - literature cited in the text must be written as follows: Silva (1990) or (Silva, 1990). Citation should be givens as follows.

PERIODICALS

REIS, E. L. 1996. Métodos de aplicação e fracionamentos de fertilizantes no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis*) no Sul da Bahia. Agrotrópica (Brasil) 8(2): 39 - 44.

BOOKS

BALL, D. M.; HOVELAND, C .S.; LACEFIELD, G. D. 1991. Southern forrages. Atlanta, PPI. 256p.

BOOK CHAPTERS

ENTWISTLE, P. F. 1987. Insects and cocoa. In Wood, G.A.R.; Lass, R. A. Cocoa. 4ed. London, Longman. pp.366-443.

DISSERTATION

ROCHA, C. M. F. 1994. Efeito do nitrogênio na longevidade da folha de cacau (*Theobroma cacao* L.). Dissertação Mestrado. Salvador, UFBA. 31p.

THESIS

ROHDE, G. M. 2003. Economiaecológica da emissão antropogênica de CO₂ - Uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoietica da terra em escala planetária. Tese Doutorado. Porto Alegre, UFRGS/IB. 235p.

SERIATE MONOGRAPHS

TREVIZAN, S. D. P.; ELOY, A. L. S. 1995. Nível alimentar da população rural na Região Cacaueira da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n° 180. 19p.

PART OF MEETINGS

PIRES, J. L. et al. 1994. Cacao germplasm characterisation based on fat content. In International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, Kuala Lumpur, 1994. Proceedings. Kuala Lumpur, INGENIC. pp.148-154.

Literature cited should include only published papers in the last 5 years. After attending the corrections of the reviewers the author should return to the Editor a definitive copy of the corrected version and a diskette or CD copy in the software recommended by the editors.

Authors will receive 10 reprints of their published paper.

ESTUDO POR CHOQUE QUÍMICO DE ARTRÓPODES ASSOCIADOS AO PAU-BRASIL (*Caesalpinia echinata* Lamarck, Leguminosa, Caesalpiniaceae)

Cléa dos Santos Ferreira Mariano*, **José Raimundo Maia dos Santos¹**, **Jacques Hubert Charles Delabie****

CEPLAC/CEPEC/Laboratório de Mirmecologia. Convênio UESC/CEPLAC. Caixa Postal 7. 45600-970, Itabuna-Bahia, Brasil.
E-mail: delabie@cepec.gov.br. *Bolsista da FAPESB (DTR1); **Bolsista do CNPq.

Apesar da importância emblemática, econômica e ecológica do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lamarck, Leguminosa, Caesalpiniaceae), não existem estudos sobre a fauna associada a esta árvore. Com o objetivo de conhecer a fauna de artrópodes que vivem na copa do pau-brasil, foi amostrada, por choque químico, a fauna de 100 árvores do arboreto de *Caesalpinia echinata* situado na Estação Ecológica Pau-brasil em Porto Seguro, Bahia. Uma população média de 350 artrópodes, com 3,6 gramas de biomassa, é encontrada em cada árvore. A diversidade estimada é de 58,2 espécies de artrópodes em média por grupo de 10 árvores. Os artrópodes foram separados em 24 grupos de diferentes níveis taxonômicos. A maioria desses é fitófaga. Indivíduos da ordem Phasmatodea possuem a maior biomassa entre os organismos encontrados. A maior diversidade de espécies foi encontrada em Arachnida, seguida de Diptera, Heteroptera e Orthoptera. Uma lista dos Formicidae encontrados está apresentada e comentada.

Palavras-chave: Mata Atlântica, Arthropoda, diversidade, Formicidae.

A study by chemical knockdown canopy arthropods associated to the brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lamarck, Leguminosa, Caesalpiniaceae). Although the emblematic, economical and ecological importance of the brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lamarck, Leguminosa, Caesalpiniaceae), there is no study about its associated fauna. With the purpose to know the arthropod fauna living in the tree canopy, this fauna has been sampled by chemical knockdown on 100 trees of an arboretum of *Caesalpinia echinata* held in the Ecological Station Pau-brasil at Porto Seguro, Bahia State, Brazil. An average population of around 350 arthropods with a biomass of 3.6 grams is found on each tree. The estimated diversity is 58.2 species per group of 10 trees. The arthropods were discriminated in 24 groups at different taxonomic levels. Most of them are phytophagous. Individuals of the Phasmatodea order got the higher biomass between the organisms that have been found. The higher species diversity was found in the Arachnida, followed by Diptera, Heteroptera and Orthoptera. A list of the ants that have been sampled is presented and commentated.

Key words: Atlantic rain forest, Arthropoda, diversity, biomass, Formicidae.

Introdução

Já utilizado pelos ameríndianos que dele extraíam um corante vermelho e fabricavam armas, o pau-brasil, *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosa, Caesalpiniaceae) foi economicamente explorado por extrativismo desde a colonização portuguesa (exatamente em 1501, data da primeira exportação para o Portugal, segundo Cardoso et al., 2001), até o século XX (Da Vinha & Lobão, 1989; Dean, 1995; Coimbra-Filho & Câmara, 1996; Bueno, 2002). A exportação da madeira alcançou 1.200 toneladas por ano somente para o Portugal, pelo menos no período da exploração mais intensa (Cardoso et al., 2001). Estima-se que 8.000 toneladas de pau-brasil (correspondendo a cerca de 2.000.000 de árvores) foram extraídos somente no primeiro século do tráfico com os países europeus, afetando 6.000 km² da Floresta Atlântica (Dean, 1995), enquanto que num período de 20 anos do século XVII, foram exportadas cerca de 3.000 toneladas apenas para a Holanda (Fontes, 1995). Com o advento dos corantes sintéticos, o mercado de pau-brasil começou a cair no século XIX (Cardoso et al., 2001).

Distribuído naturalmente perto do litoral do Brasil, do Rio de Janeiro até o Rio Grande do Norte (Lewis, 1998; Conservação e Manejo do Pau-brasil - Plano de Ação, 1997), o pau-brasil, árvore emblemática do país (Lei 6.607 de 7 de dezembro de 1978), está praticamente extinta na maior parte dos remanescentes de Mata Atlântica, mas vem sendo reintroduzida ou utilizada na forma de sombreamento de áreas urbanas graças ao esforço de algumas instituições públicas e ONGs, enquanto é cultivada em arboretos ou reservas criadas especialmente para este fim (Dorst, 1973; Da Vinha & Lobão, 1989; Lewis, 1998; Cardoso et al., 2001; Bueno, 2002; Bright & Mattoon, 2002; Rocha et al., 2006). Diversas pesquisas, inclusive, estão sendo realizadas para avaliar a capacidade germinativa das sementes de *C. echinata* (Barbedo et al., 2002; Pivetta, 2003; Rocha et al., 2006). Atualmente, praticamente a única utilização oficialmente reconhecida do pau-brasil é a produção de arcos de violino de alta qualidade em países estrangeiros ou no Brasil (Conservação e Manejo do Pau-brasil - Plano de Ação, 1997; Lewis, 1998; Cardoso et al., 2001; Pivetta, 2003). No entanto, nas regiões de tradição turística, fragmentos atribuidos a esta madeira são utilizados na produção de artefatos vendidos como “souvenirs” aos visitantes. No entanto, apesar do pau-brasil ser a espécie vegetal considerada a mais popular do país, tanto por razões históricas, quanto simbólicas, educativas ou conservacionistas (Fontes, 1995; Conservação e Manejo do Pau-brasil - Plano de Ação, 1997; Pivetta, 2003), constata-se a escassez de estudos sobre sua biologia, ecologia ou fauna associada.

Uma estimativa da diversidade de insetos na Terra, baseada em coletas de besouros em dossel de árvores sugere em 30 milhões o número de espécies existentes (Erwin, 1988). Esse valor dimensiona a importância de estudos relacionados à entomofauna de diversas espécies de árvores. Dentro os métodos de coleta de artrópodes, o choque químico é um método de grande eficácia muito utilizado para se ter uma idéia da diversidade em artrópodes que vivem na copa de árvores cultivadas ou nativas das regiões tropicais (Adis et al., 1984, 1998; Erwin, 1988; Majer & Delabie, 1993; Floren & Linsenmair, 1999). Esse método permite, em primeira aproximação, uma classificação da fauna arborícola em grupos de espécies predadores, fitófagos, parasitóides e, eventualmente, ocasionais (fora da sua área normal de forrageamento ou de nidificação). Além disso, permite a avaliação da diversidade biológica e especificidade de determinados grupos de insetos em relação a espécies de árvores (Erwin, 1988) e analisar a dinâmica de colonização de alguns artrópodes (Floren & Linsenmair, 1999).

O estudo da fauna associada ao pau-brasil faz-se necessário porque esta árvore é um importante componente da Mata Atlântica que, apesar de ter sido exageradamente explorado no passado e caído num certo desuso no presente, ainda tem muito potencial para ser explorado, não eventualmente como madeira de lei, mas principalmente devido às suas características emblemáticas, educativas ou às propriedades peculiares da sua madeira, que fazem com que é grande o interesse de desenvolver seu cultivo em diversas regiões do bioma Mata Atlântica (Conservação e Manejo do Pau-Brasil - Plano de Ação, 1997).

Uma vez que não existem estimativas de riqueza de espécies animais associadas ao pau-brasil, este trabalho tem como objetivo avaliar a diversidade dos artrópodes que vivem na copa dessas árvores, numa primeira análise que, espera-se, será o ponto inicial de estudos mais aprofundados.

Material e Métodos

A Estação Ecológica do Pau-brasil (ESPAB) (16°23' S 39°10' W) localiza-se no município de Porto Seguro no sul da Bahia, Brasil, onde existem 800 ha de reserva de Mata Atlântica dedicada à preservação permanente, e outra área de 345 ha dedicada a pesquisas ecológicas, silviculturais e educacionais (Da Vinha e Lobão, 1989). O clima é quente e úmido, sem estação seca, com solos pobres e de textura arenosa (Leão e Melo, 1990). Em 1972, foi iniciado o plantio de um arboreto de pau-brasil, que atualmente vem sendo utilizado como banco de germoplasmas da espécie, possuindo árvores de diversas origens geográficas e

introduzidas em diferentes épocas. O arboreto conta atualmente com mais de 1.500 árvores, distribuídas em 3,5 hectares, existindo também numerosas plantas da mesma espécie na vegetação nativa que circunda o local. O espaçamento inicial do plantio era de 2x2 metros, constatando-se atualmente numerosas falhas devido à morte de árvores desde a criação do arboreto.

As coletas, realizadas em junho de 2000, foram todas em árvores do arboreto consideradas adultas (100 árvores com altura superior a 5 metros), por ser este um tipo de plantio com espaçamento largo que permite o posicionamento adequado do lençol entomológico, além das condições da vegetação nativa local (espaçamento e número de plantas disponíveis) e otimizando a utilização do equipamento disponível (pulverizador costal motorizado). Um lençol entomológico de 4 x 3 m foi aberto na base de cada árvore a ser amostrada, e deixado ali por quatro horas após a aplicação. Os produtos fitossanitários (inseticidas) usados foram Malation (Malatol-CE) e Deltametrina (Decis-CE) na proporção respectiva de 2/3, 1/3 das referidas formulações comerciais, 240 ml desta mistura sendo diluídos em 10 litros de água. Foi aplicado um litro desta solução por planta usando o pulverizador costal motorizado.

Os insetos caídos no lençol foram coletados manualmente ou com pinças entomológicas, sendo conservados em vidros com álcool 70%, por grupos de 10 árvores. Depois, foram classificados no laboratório até o nível taxonômico que podia ser alcançado (geralmente ordem ou família), e pesados logo em seguida a fim de determinar sua biomassa. Além disso, para cada táxon, foi contabilizado o número de insetos por grupos de 10 árvores e foi estimado o número de morfoespécies correspondentes. A classificação foi feita segundo Storer et al. (1991).

Resultados

Os artrópode encontrados foram distribuídos em 24 grupos taxonômicos discriminados nas tabelas 1 a 3. Cada árvore conta com uma população média inferior a 350 artrópodes (Tabela 1), totalizando uma biomassa de 3,6 gramas (Tabela 2). A diversidade estimada é de 58,2 espécies de artrópodes em média por grupo de 10 árvores (Tabela 3). O grupo numericamente mais abundante foi o constituído pelas subordens de Hemiptera Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha, conhecidas genericamente como ‘Homoptera’ (incluídos nas tabelas sob este nome) (vide Delabie, 2001) (Tabela 1). A maior biomassa (total e individual) é a dos Phasmatodea (Tabela 2), grupo ao qual pertence a espécie *Parabactridium* sp. com indivíduos medindo mais de 20cm de comprimento. Os Orthoptera

formam o segundo grupo com a maior biomassa. A maior diversidade de espécies foi encontrada em Araneae, seguida de Diptera, Hemiptera e Orthoptera (Tabela 3).

Uma grande parte das espécies encontradas são predadoras, incluindo espécies de diversas ordens de insetos, além de Araneae, Opilionides e Pseudoscorpionida, mas a maior biomassa é sempre de organismos fitófagos.

As espécies de formigas encontradas estão listadas na Tabela 4. O maior número de espécies encontradas pertencem ao grupo das poneromorfas (*sensu* Bolton, 2003), caracterizado por ser um grupo de espécies predadoras (Fowler et al., 1991), assim como as espécies coletadas do gênero *Pseudomyrmex*, particularmente abundante na ESPAB (Reis e Delabie, 1999). No entanto, a maior parte das espécies de Dolichoderinae, Formicinae, e Myrmicinae são onívoras (Fowler et al., 1991) e atendem provavelmente os numerosos ‘Homoptera’ encontrados na vegetação, recolhendo o “honeydew” que é o principal constituinte da sua dieta em carboidratos (vide Delabie, 2001).

Discussão

Amostragens da fauna de artrópodes em árvores tropicais com o auxílio de choque químico já foram feitas em numerosas espécies cultivadas e nativas (Adis et al., 1985; Wilson, 1987; Majer e Delabie, 1993; Basset et al., in Watt et al., 1997), e os resultados obtidos levam-nos a confirmar que este método é extremamente bem adaptado à amostragem da fauna arborícola em geral. Apesar do seu custo relativamente elevado, esta metodologia de coleta é a mais abrangente na amostragem da fauna de invertebrados que vivem na vegetação (em relação ao uso de iscas, por exemplo) e apresenta bem menos restrições do que as armadilhas comumente utilizadas para insetos de solo e que são muito mais seletivas (Bestelmeyer et al., 2000).

Um fato importante que deve se destacar é que o estudo foi realizado numa área artificial, constituída pelo arboreto. Apesar de ser circundado por vegetação nativa ou exótica, este ambiente não possui a camada de serapilheira encontrada no ambiente natural onde vive normalmente o pau-brasil. É na serapilheira que se concentra até 70% da fauna de artrópodes na Indonésia (Stork, 1988 in Watt et al., 1997) e apesar de não estarem disponíveis estimativas para a Mata Atlântica, a proporção de espécies de artrópodes ocorrendo no local é certamente similar. Consequentemente, no arboreto, a composição qualitativa em espécies arborícolas é certamente diferente da que seria observada na vegetação nativa, devido à falta de interação deste segmento de fauna com elementos de fauna do solo e da serapilheira da floresta.

No entanto, este estudo é a primeira abordagem de

Tabela 1 - Número de indivíduos dos diferentes grupos taxonômicos (ordem alfabética) encontrados por grupo de 10 plantas, média (M/10Arv.) e desvio-médio (DM) por grupo de 10 plantas e média por árvore (M/Arv.) em arboreto de *Caesalpinia echinata*, ESPAB -CEPLAC, Porto Seguro, Bahia, 2000.

Grupo Taxonômico	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	M/10 Arv.	DM	M/ Arv.
Araneae	414	201	680	335	264	78	408	182	163	295	302	125,80	30,20
Blattodea	55	44	183	472	453	67	522	173	295	223	248,7	149,44	24,87
Coleoptera	157	59	110	55	88	26	95	35	25	60	71	33,20	7,10
Collembola	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	2,2	3,96	0,22
Dermoptera	0	0	0	0	2	0	2	1	0	1	0,6	0,72	0,06
Diplopoda	12	0	8	1	2	2	11	0	0	29	6,5	6,80	0,65
Diptera	104	114	95	307	93	180	246	98	122	188	154,7	60,44	15,47
Formicidae	1113	476	2071	93	561	307	194	36	928	233	601,2	461,68	60,12
Heteroptera	45	34	58	13	21	7	85	27	48	16	35,4	18,88	3,54
'Homoptera'	62	115	1086	4229	2224	47	5003	469	2058	1710	1700,3	1344,50	170,03
Hymenoptera	11	19	7	7	4	8	6	14	17	14	10,7	4,30	1,07
Isopoda	2	0	0	1	5	1	7	1	0	1	1,8	1,72	0,18
Isoptera	34	0	133	0	0	0	0	0	0	0	16,7	26,72	1,67
Lepidoptera	108	25	58	28	8	7	19	11	5	15	28,4	21,84	2,84
Mantododea	48	68	108	128	36	26	80	32	46	30	60,2	28,64	6,02
Neuroptera	3	1	8	1	0	0	0	0	0	10	2,3	2,82	0,23
Odonata	1	1	0	0	2	1	2	0	0	1	0,8	0,64	0,08
Opilionida	26	5	10	0	2	0	2	0	1	0	4,6	5,44	0,46
Orthoptera	233	179	72	104	108	164	126	86	125	145	134,2	36,84	13,42
Phasmatodea	139	84	165	67	51	8	36	60	41	14	66,5	37,8	6,65
Pseudoscorpionida	2	8	2	2	0	8	0	2	2	3	2,9	2,06	0,29
Psocoptera	0	0	0	80	37	64	56	0	0	23	26,0	26,60	2,60
Thysanoptera	0	0	5	12	25	0	15	3	0	3	6,3	6,62	0,63
Thysanura	7	0	21	0	0	32	0	0	2	1	6,3	8,22	0,63
Total	2576	1433	4880	5935	3986	1033	6915	1252	3878	3015	3490,3	1628,50	349,03

Tabela 2 - Biomassa (g) dos grupos taxonômicos (ordem alfabética) encontrados por grupo de 10 plantas, média (M/10Arv.) e desvio-médio (DM) por grupo de 10 plantas e média por árvore (M/Arv.) em arboreto de *Caesalpinia echinata*, ESPAB -CEPLAC, Porto Seguro, Bahia, 2000.

Grupo Taxonômico	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	M/10 Arv.	DM	M/ Arv.
Araneae	1,65	0,95	1,61	0,74	0,88	0,17	1,50	0,46	0,47	1,40	0,98	0,445	0,098
Blattodea	1,50	0,15	0,30	1,56	1,73	0,08	3,19	0,43	0,49	0,74	1,02	0,782	0,102
Coleoptera	1,54	0,94	0,64	0,50	0,63	0,35	0,79	0,32	0,17	0,49	0,64	0,272	0,064
Collembola	0	0	0	0	0	0	0	< 0,01	0	0	< 0,01	0,000	< 0,001
Dermoptera	0	0	0	0	0	0	0	< 0,01	0	< 0,01	< 0,01	0,000	< 0,001
Diplopoda	1,02	0	1,79	< 0,01	1,91	< 0,01	0,30	0	0	0,74	0,58	0,645	0,058
Diptera	0,19	0,27	0,06	0,22	0,15	0,14	0,37	0,08	0,06	0,66	0,22	0,128	0,022
Formicidae	1,61	0,97	2,24	0,54	2,45	0,29	2,10	0,25	1,14	1,80	1,34	0,701	0,134
Heteroptera	1,46	2,02	0,54	0,09	0,35	0,02	1,36	0,09	0,19	0,52	0,66	0,570	0,066
'Homoptera'	0,45	0,76	0,96	2,70	4,97	0,10	4,80	2,52	2,35	2,23	2,18	1,293	0,218
Hymenoptera	0,05	0,04	0,02	0,07	0,23	0,03	< 0,01	0,66	0,09	0,06	0,12	0,136	0,012
Isopoda	< 0,01	0	0	< 0,01	0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	0	< 0,01	< 0,01	0,009	< 0,001
Isoptera	0,05	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,024	< 0,001
Lepidoptera	0,86	0,17	0,72	0,31	0,05	0,08	0,13	0,06	0,02	0,09	0,25	0,229	0,025
Mantododea	1,41	9,88	2,54	3,34	0,89	0,56	1,67	0,89	1,31	0,79	2,33	1,775	0,233
Neuroptera	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	0	0	0,04	0	0	0,02	< 0,01	0,013	< 0,001
Odonata	0,04	< 0,01	0	0	0,02	0,01	0,32	0	0	0,10	0,04	0,069	0,004
Opilionida	0,60	0,13	0,19	0	0,05	0	0,14	0	0,01	0	0,11	0,122	0,011
Orthoptera	9,89	18,80	26,14	10,31	10,15	0	8,95	4,43	8,14	10,55	11,93	4,694	1,193
Phasmatodea	24,59	24,28	14,84	3,66	24,18	0,45	9,39	9,32	2,2	21,14	13,40	8,401	1,340
Pseudoscorpionida	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0	< 0,01	0	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,009	< 0,01
Psocoptera	0	0	0	0,03	0,01	0,01	0,01	< 0,01	0	0,01	< 0,01	0,007	< 0,01
Thysanoptera	0	0	< 0,01	< 0,01	0,01	0	0,04	< 0,01	0	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01
Thysanura	0,01	0	0,03	0	0	0,07	0	0	< 0,01	< 0,01	0,01	0,018	0,001
Total	46,95	59,40	52,76	24,12	48,67	2,39	35,14	19,57	16,66	41,39	35,89	15,216	3,589

Tabela 3 - Número estimado de morfoespécies por grupo taxonômico (ordem alfabético) por grupo de 10 plantas, média (M/10Arv.) e desvio-médio (DM) por grupo de 10 plantas, arboreto de *Caesalpinia echinata*, ESPAB -CEPLAC, Porto Seguro, Bahia, 2000.

Grupo Taxonômico	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	M/10 Arv.	DM
Araneae	65	49	82	18	37	9	11	16	12	13	31,2	21,64
Blattodea	9	10	11	9	13	2	3	2	4	4	7,2	3,70
Coleoptera	25	23	29	16	8	14	5	8	4	5	13,7	7,70
Collembola	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0,3	0,54
Dermoptera	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0,4	0,48
Diplopoda	3	0	2	1	2	1	1	0	0	2	1,2	0,84
Diptera	20	25	20	14	9	15	24	16	7	9	15,9	5,10
Formicidae	16	11	14	8	9	8	6	6	8	6	9,2	2,68
Heteroptera	12	13	12	7	7	6	2	7	5	7	7,8	2,72
'Homoptera'	13	21	38	12	10	14	5	11	8	4	13,6	6,44
Hymenoptera	5	8	3	7	3	4	1	4	6	2	4,3	1,76
Isopoda	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0,7	0,42
Isoptera	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,32
Lepidoptera	11	6	13	5	5	7	2	1	1	2	5,3	3,16
Mantodea	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2,4	0,48
Neuroptera	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0,6	0,48
Odonata	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0,4	0,48
Opilionida	2	1	2	0	1	0	1	0	1	0	0,8	0,64
Orthoptera	23	30	17	10	11	5	3	4	6	5	11,4	7,16
Phasmatodea	8	1	10	1	7	1	1	1	1	1	3,2	3,08
Pseudoscorpionida	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0,8	0,32
Psocoptera	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0,5	0,50
Thysanoptera	0	0	2	1	1	0	1	1	0	1	0,7	0,56
Thysanura	1	0	3	0	0	1	0	0	1	1	0,7	0,70
Total	219	204	264	115	128	93	74	86	67	70	132,5	58,20

Tabela 4 - Espécies de formigas encontradas em *Caesalpinia echinata*, ESPAB -CEPLAC, Porto Seguro, Bahia, 2000. * Grupo das Poneromorfas *sensu* Bolton, 2003.

Subfamília	Espécie
Dolichoderinae	<i>Azteca chartifex spiriti</i> <i>Azteca sp.</i> <i>Dolichoderus lutosus</i>
*Ectatomminae	<i>Ectatomma brunneum</i> <i>Ectatomma tuberculatum</i> <i>Gnamptogenys sp.</i>
Formicinae	<i>Camponotus cingulatus</i> <i>Camponotus leydi</i> <i>Camponotus (Myrmaphaenus) sp.</i> <i>Camponotus (Tanaemyrmex) sp.</i> <i>Paratrechina sp.</i>
Myrmicinae	<i>Atta cephalotes</i> <i>Atta sexdens</i> <i>Cephalotes similimus</i> <i>Crematogaster (Orthocrema) sp.1</i> <i>Crematogaster (Orthocrema) sp.2</i> <i>Wasmannia auropunctata</i>
*Ponerinae	<i>Odontomachus sp.</i> <i>Pachycondyla sp.</i> <i>Pachycondyla striata</i> <i>Pachycondyla villosa</i>
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex elongatus</i> <i>Pseudomyrmex oculatus</i> <i>Pseudomyrmex pallidus</i>

artrópodes associados ao pau-brasil. Esta árvore está cada vez mais utilizada na arborização de áreas urbanas e prevê-se que seu plantio, com a finalidade de produção de madeira deveria crescer nas próximas décadas a fim de atender às necessidades de um mercado, ainda discreto, com tendência à expansão. As condições de plantios, em áreas manejadas, arboretos, ou cultivos consorciados, seriam então mais parecidas com as do arboreto do que as condições nativas. Não há ainda problema entomológico relacionado ao pau-brasil que tenha sido registrado pela comunidade científica, mas destaca-se a importância dos insetos sugadores de seiva, tais como os 'Homoptera', que vivem na sua copa, muitas vezes associados a formigas, e que são susceptíveis de transmitir doenças de natureza vírica ou fúngica às suas plantas hospedeiras (Delabie, 2001).

Certamente, outros estudos irão complementar este, onde serão discutidos com mais detalhes o papel dos principais grupos de insetos presentes ou que visarão caracterizar a fauna de artrópodes associada ao pau-brasil no seu habitat natural: a floresta.

Agradecimentos

Os autores agradecem a José Crispim Sores do Carmo pelo auxílio prestado durante a amostragem no campo, a

Dan Lobão, pelas facilidades accordadas para o acesso às áreas experimentais da ESPAB e bibliografia, e André Maurício de Carvalho (*in memoriam*) pelo acesso à importante bibliografia.

Literatura Citada

- ADIS, J. et al. 1998. Arthropods obtained from the Amazonian tree species "Cupiuba" (*Gouania glabra*) by repeated canopy fogging with natural pyrethrum. *Acta Amazonica* 28: 273-283.
- ADIS, J.; LUBIN, Y.D.; MONTGOMERY, G.G. 1984. Arthropods from the canopy of inundated and terra firme forests near Manaus, Brazil, with critical considerations on the pyrethrum-fogging technique. *Studies Neotropical Fauna and Environment* 19: 223-236.
- BARBEDO, C.J.; BILIA, D.A.C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C. 2002. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Botânica* 25(4): 431-439.
- BASSET, Y.; NOVOTNY, V.; WEIBLEN, G. 1997. *Ficus*: A resource for arthropods in the tropics, with particular reference to New Guinea. In: Watt, A. D.; Stork, N. E.; Hunter, M. B. eds. *Forest and Insects*. London, Chapman & Hall. 406p.
- BESTELMEYER, B.T. et al. 2000. Field techniques for the study of ground-living ants: an overview, description, and evaluation. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Tennant de Alonso, L.; Schultz, T. (eds.). *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. USA. Smithsonian Institution, Washington. 122-144. pp.
- BOLTON, B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute* 71:1-370.
- BRIGHT, C.; MATTOON, A. 2002. A recuperação de um Hotspot. *World Watch* 14 (6): 8-16.
- BUENO, E. (org.) 2002. Pau-Brasil. São Paulo, Axis Mundi Editora. 280p.
- CARDOSO, M.A.; CARDOSO, S.R.S.; FERREIRA, P.C.G. 2001. Protegendo os remanescentes de pau-brasil. *Ciência Hoje* 29 (174): 65-68.
- COIMBRA-FILHO, A.F.; CÂMARA, I. de G. 1996. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil. FBCN. 86 p.
- Conservação e Manejo do Pau-brasil *Caesalpinia echinata* - Plano de Ação. 1997. Recomendações do Workshop "A Conservação do Pau-brasil, *Caesalpinia echinata*", Búzios (26-29/06/1997). Rio de Janeiro. 36p.
- DA VINHA, S.G.; LOBÃO, D.E.V.P. 1989. Estação ecológica do Pau-brasil. Porto Seguro - Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 41p.
- DEAN, W. 1995. With broadax and firebrand. The destruction of the Brazilian Atlantic Forest. Berkeley. University of California Press. 482 p.
- DELABIE, J.H.C. 2001. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. *Neotropical Entomology* 30 (4): 501-516.
- DORST, J. 1973. Antes que a natureza morra. (trad. brasileira), Ed. Edgar Blucher Ltda. 394p.
- ERWIN, T.L. 1988. The tropical forest canopy. The heart of biotic diversity. In: Wilson, E. O., ed. *Biodiversity*. Washington, National Academic Press. 521p.
- FLOREN, A.; LINSENMAIR, K. E. 1999. Changes in arboreal arthropod communities along a disturbance gradient. *Selbyama*, 20 (2): 284-289.
- FONTES, R.S. 1995. Pau-brasil, um sonho de resgate. Recife. Funbrasil. 218p.
- LEÃO, A.C.; MELO, A.A.O. 1990. Características morfológicas, físico-químicas e mineralógicas dos solos da Estação Ecológica de Pau-Brasil, Porto Seguro, Bahia. *Agrotrópica* (Brasil) 2: 105-1112.
- LEWIS, G.P. 1998. *Caesalpinia*. A revision of the *Poincianella-Erythrostemon* group. Key, Royal Botanic Gardens. 233p.
- MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C. 1993. An evaluation of Brazilian cocoa farm ants as potential biological control agents, *Journal of Plant Protection in the Tropics* 10 (1): 43-49.
- PIVETTA, M. 2003. Vida longa ao pau-brasil. *Pesquisa FAPESP* 84: 44-49.
- REIS, Y.T.; DELABIE, J.H.C. 1999. Estudo de uma comunidade de Pseudomyrmecinae usando armadilhas de Malaise numa reserva de Mata Atlântica em Porto Seguro, Bahia. *Naturalia* (Brasil) 24 (n.esp.): 119-121.
- ROCHA, Y.T. et al. 2006. Pau-brasil: conhecer para conservar. *Ciência Hoje* 38 (226): 22-29.
- STORER, T.I. et al. 1991. *Zoologia Geral*. São Paulo, Companhia Editora Nacional. 816 p.
- WATT, A. D. et al. 1997. Impact of forest loss and regeneration on insect abundance and diversity. In: Watt, A. D.; Stork, N. E.; Hunter, M. B. eds. *Forest and Insects*. London, Chapman & Hall. 406p.

IMPACTO DE *Wasmannia auropunctata* E *Wasmannia* sp. aff. *rochai* (FORMICIDAE; MYRMICINAE) SOBRE A MIRMECOFAUNA DOS CACAUAIOS DO SUDOESTE DA BAHIA (BRASIL)

Ana Lúcia Biggi de Souza^{1,2}, Jacques H. C. Delabie³, Harold G. Fowler⁴

¹ Depto. de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. anabiggi@insecta.ufv.br.

² Departamento de Ciências biológicas, UESB, Campus de Jequié, 45206-510, Jequié - Bahia, Brasil

³ Laboratório de Mirmecologia, Convênio UESC/CEPLAC, CEPEC/CEPLAC, Caixa Postal 7, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

⁴ Depto. de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

A região cacaueira da Bahia apresenta um grande número de espécies de formigas-praga, dentre as quais se destaca *Wasmannia auropunctata*. *Wasmannia* sp. aff. *rochai* é uma outra “pixixica” confundida com a precedente e bastante freqüente, mas pouco conhecida. Este estudo objetivou verificar o impacto que ambas exercem sobre a fauna de formigas que ocorre nos cacaueiros onde vivem. Foram amostradas formigas em 208 plantas, das quais 52 continham *W. auropunctata*, 52 *W. sp. aff. rochai* e 104 não continham nenhuma das duas espécies. Na presença de *W. auropunctata* ocorreram 55 outras espécies de formigas e, na sua ausência, 54. Na presença de *W. sp. aff. rochai* ocorreram 50 espécies de formigas e na sua ausência apareceram 59. Houve uma grande similaridade na ocorrência das espécies de formigas nas situações com e sem *W. sp. aff. rochai* e com e sem *W. auropunctata*. Ambas as espécies de *Wasmannia* exerceram efeitos semelhantes sobre a mirmecofauna associada. Interpretou-se que *W. auropunctata* exibiu um maior número de associações com outras espécies de formigas do que *W. sp. aff. rochai* por causa do seu efeito dominante na sua área de ocorrência.

Palavras-chave: “pixixica”, mosaico, estrutura de comunidade, agrossistema, Região Neotropical

Impact of *Wasmannia auropunctata* and *Wasmannia* sp. aff. *rochai* (Formicidae; Myrmicinae) on the ant fauna of the cocoa plantations of southwest Bahia (Brazil). The cocoa producing region of Bahia presents a great number of ant-pest species, such as *Wasmannia auropunctata*. *Wasmannia* sp. aff. *rochai* it is another “pixixica” confused with the last one and rather frequent too, but very little is known at its respect. The aim of this study was to verify the impact that both have on the fauna of ants that occurs on the cocoa trees where these inhabit. The ants were sampled in 208 trees, 52 of them with *W. auropunctata*, 52 with *W. sp. aff. rochai* and 104 with none of the both. Together with *W. auropunctata* 55 ant species occurred and in its absence, 54. Together with *W. sp. aff. rochai* 50 species of ants occurred while 59 occurred without that ant. A great similarity was verified in the occurrence of the species of ants in the situations with and without *W. sp. aff. rochai* and with and without *W. auropunctata*. Both species of *Wasmannia* exercised similar effects on their associated mirmecofauna. *Wasmannia auropunctata* exhibited a larger number of associations with other ants than *W. sp. aff. rochai*, perhaps because of its dominant effect in its area of occurrence.

Key words: little fire ant, mosaic, community structure, agrosystem, Neotropical Region

Introdução

A partir do século XVIII, com a introdução de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) da Bacia Amazônica, foi constituído o maciço cacauceiro do sul e sudeste da Bahia (Silva, 1944; Delabie, 1990). Este agrossistema foi instalado na região sob duas formas de plantio, a mais tradicional trata-se da “cabruca”, onde os cacaueiros são plantados sob a sombra de árvores nativas, mantendo-se parte da mata original, e o segundo é o sistema de “derruba total”, em que as árvores originais são derrubadas para depois serem plantados cacaueiros dispostos regularmente sob bananeiras ou árvores exóticas de grande porte, como a leguminosa *Erythrina* (Alger & Caldas, 1996).

Entre as principais pragas do agrossistema regional está a pequena formiga *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863), conhecida localmente como “pixixica”. *W. auropunctata* é considerada praga agrícola por causa das ferroadas dolorosas que aplica aos trabalhadores rurais quando estes estão colhendo os frutos e também devido à sua capacidade de se associar com uma grande diversidade de espécies de homópteros sugadores de seiva das suas plantas hospedeiras (e.g. Coccidae, Aphididae, Psyllidae, Aleyrodidae, Pseudococcidae) (Delabie, 1988, 2001). *Wasmannia* sp. aff. *rochai* é uma outra formiga confundida facilmente com a precedente, bastante freqüente também, entretanto, pouco conhecida. Dentro deste contexto, o presente estudo objetivou verificar o impacto que *W. auropunctata* e *W. sp. aff. rochai* exercem sobre a fauna de formigas que ocorre nos cacaueiros onde estas espécies vivem.

Material e Métodos

Foram realizadas amostragens de formigas de junho de 1994 a agosto de 1995 em cacaueiros das áreas experimentais da CEPLAC (quadras F, G', H' e I'), em Ilhéus, Bahia ($14^{\circ}45'S$, $39^{\circ}13'W$). Das 208 árvores utilizadas, 52 abrigavam *W. auropunctata*, 52 *W. sp. aff. rochai* e 104 nenhuma das duas espécies de *Wasmannia*. Procedeu-se da seguinte maneira:

1) numa planta infestada por *W. auropunctata* ou *W. sp. aff. rochai* foram amostradas as formigas utilizando-se a técnica do lençol entomológico (4×4 m) e realizadas coletas manuais de formigas durante cinco minutos, conforme Majer et al. (1994);

2) com as mesmas técnicas de coleta foram amostradas as formigas que ocorreram num cacauceiro não infestado por “pixixica” a uma distância de 15 m de uma árvore em que uma das espécies de *Wasmannia* ocorreu, isto a fim de diminuir as possibilidades de desvio das interpretações em

função das complexas relações de dominância e de territorialidade observadas no mosaico de formigas arborícolas nos cultivos perenes neotropicais (Leston, 1973; Majer et al., 1994).

As formigas coletadas foram conservadas em álcool 70% e posteriormente identificadas ao nível de gênero. A nomenclatura segue Bolton (1995, 2003).

A partir do número acumulado de espécies de formigas coletadas em função do número de plantas, na presença e na ausência das duas espécies de *Wasmannia*, foram construídas curvas do coletor para as quatro situações: com/sem *W. auropunctata* e com/sem *W. sp. aff. rochai* (Figuras 1 e 2).

Com base nas freqüências de ocorrência das espécies de formigas que apareceram em árvores com e sem *W. auropunctata* e *W. sp. aff. rochai* foram calculados percentuais de similaridade, através do Índice de Bray-Curtis (Southwood, 1978), entre as situações: com *W.*

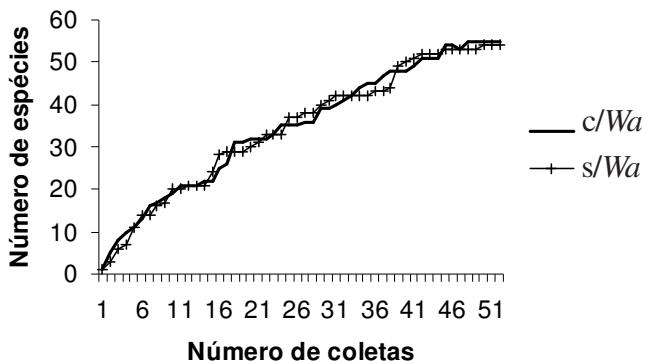


Figura 1. Número acumulado de espécies de formigas em função do número de coletas na presença e na ausência de *W. auropunctata*.

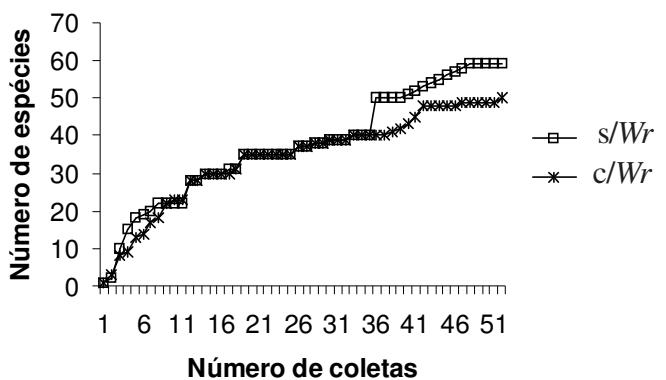


Figura 2. Número acumulado de espécies de formigas em função do número de coletas na presença e na ausência de *W. sp. aff. rochai*.

auropunctata, sem *W. auropunctata*, com *W. sp. aff. rochai* e sem *W. sp. aff. rochai*. Foi utilizada a seguinte fórmula:

$$PS = 2 W / (a+b) \times 100$$

Onde:

PS = percentuais de similaridade

W = soma das freqüências mínimas obtidas entre duas situações em comparação;

a = total (soma de todas as freqüências) referente à primeira situação;

b = total (soma de todas as freqüências) referente à segunda situação.

Para verificar a ocorrência ou não de associação entre as espécies de formigas amostradas com *W. auropunctata* ou *W. sp. aff. rochai*, foi realizado o teste X^2 com a aplicação da correção de Yates, seguindo o procedimento utilizado por Room (1971) e Majer et al. (1994) para estudar o mosaico de formigas arborícolas em cacauais. Foram feitas combinações duas a duas entre as espécies de *Wasmannia* com as espécies de formigas que apresentaram freqüências esperadas de no mínimo cinco. A correção de Yates é utilizada para a diminuição do erro quando as freqüências esperadas são pequenas, desde que nenhuma delas seja inferior a cinco (Siegel, 1975). Quando o número observado de ocorrências simultâneas de duas espécies em comparação é menor que o esperado, fica caracterizada uma interação negativa; caso contrário, quando o número observado é maior que o esperado, caracteriza-se uma interação positiva. O nível de significância adotado para as associações foi de 5%. No caso de não ocorrer diferença significativa para as duas situações em comparação, a associação não existe ou ela é dita independente.

Resultados

Foram amostradas 95 espécies de formigas em 208 árvores nas situações de presença e ausência de *Wasmannia* spp. (Tabela 1).

Na presença de *W. auropunctata* ocorreram 55 espécies de formigas pertencentes a seis subfamílias e 22 gêneros. Na sua ausência foram encontradas 54 espécies que fazem parte de cinco subfamílias e 19 gêneros. Na presença de *W. sp. aff. rochai* ocorreram 50 espécies de formigas pertencentes a cinco subfamílias e 21 gêneros. Na sua ausência foram encontradas 59 espécies pertencentes a cinco subfamílias e 21 gêneros. Em todos os casos, a subfamília Myrmicinae apresentou o maior número de gêneros (Tabela 2).

Nas 52 árvores onde foi verificada a presença de *W. auropunctata*, ocorreram *Camponotus* (*Myrmobrachys*

sp.4 com uma freqüência de 32,7%, *Crematogaster* (*Orthocrema*) sp.10 com 26,9%, *Crematogaster* (*Orthocrema*) sp.11 com 21,2% e *Pseudomyrmex gracilis* com 13,5%. *Camponotus trapezoideus*, *Azteca chartifex spiriti*, *Brachymyrmex* sp.2 e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 apresentaram uma freqüência de 11,5%.

Na ausência de *W. auropunctata*, a espécie mais freqüente também foi *Ca. (Myrmobrachys)* sp.4, com uma freqüência de 34,6%. Depois, *Megalomyrmex goeldii* e *A. paraensis bondari* com 19,2%. *Ca. (Myrmobrachys)* sp.2, *Cr. (Orthocrema)* sp.5 e *Cr. (Orthocrema)* sp.10 com uma freqüência de 13,5%, seguida por *P. gracilis* com 11,5%.

Nas 52 árvores onde foi verificada a presença de *W. sp. aff. rochai*, ocorreram *Cr. (Orthocrema)* sp.12 com uma freqüência de 26,9%, *Pseudomyrmex* sp.1 gp. *pallidus* com 19,2%, *P. gracilis* e *Camponotus cingulatus* com 15,4%. *Pachycondyla villosa* com uma freqüência de 13,5%, *Camponotus crassus* e *A. chartifex spiriti* com 11,5%.

Na ausência de *W. sp. aff. rochai*, a espécie mais freqüente também foi *Cr. (Orthocrema)* sp.12, com uma freqüência de 25,0%, seguida por *A. paraensis bondari* com 21,2% e *S. (Diplorhoptrum)* sp.1 com 17,3%. *S. (Diplorhoptrum)* sp.2 e *P. gracilis* apresentaram freqüência de 13,5%, e *Brachymyrmex* sp.1 11,5%.

A ocorrência de espécies de formigas em comum nas situações com e sem *W. sp. aff. rochai* foi 64,0%. Já no caso de *W. auropunctata*, a similaridade na ocorrência de espécies na sua presença e ausência foi 62,0%. Quando comparadas as situações com *W. auropunctata* e com *W. sp. aff. rochai*, a similaridade na fauna amostrada foi 53,0% (Tabela 3).

W. auropunctata associou-se de forma negativa com *A. paraensis bondari* e *M. goeldii*, positivamente com *Cr. (Orthocrema)* sp.11, enquanto sua distribuição era independente de *Cr. (Orthocrema)* sp.10, *Ca. (Myrmobrachys)* sp.4 e *P. gracilis*. *W. sp. aff. rochai* interagiu de modo independente com *A. paraensis bondari*, *Cr. (Orthocrema)* sp.12 e *P. gracilis* (Tabela 4).

Discussão

A grande diversidade de espécies de formigas encontrada confirma as informações existentes na literatura a respeito da riqueza da mirmecofauna da região Cacaueira do Sudeste da Bahia (Delabie et al., 1989; Delabie, 1990).

Apesar de as coletas terem sido realizadas em áreas antigas de cacaueiros implantados sob “derruba total”, a riqueza específica da mirmecofauna amostrada foi semelhante à de “cabruca”. Neste caso, o que deve ter proporcionado tal semelhança na riqueza encontrada é que o sistema de “derruba” deve recompor-se com o transcorrer

Tabela 1. Espécies que ocorreram em árvores com e sem *Wasmannia* spp. e suas respectivas freqüências (N = 52).

Subfamília	Espécie	Frequência (FR)			
		c/Wa	s/Wa	c/Wr	s/Wr
Dolichoderinae	<i>Azteca chartifex spiriti</i> Forel, 1912	6	3	6	5
	<i>Azteca muelleri</i> Emery, 1894	2	1	0	2
	<i>Azteca paraensis bondari</i> Borgmeier, 1937	2	10	4	11
	<i>Dolichoderus bidens</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	0
	<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Oliver, 1791)	1	4	0	0
	<i>Dolichoderus decollatus</i> Fr. Smith, 1858	0	2	1	2
	<i>Dolichoderus diversus</i> Emery, 1894	0	1	0	0
	<i>Dolichoderus imitator</i> Emery, 1894	0	1	0	0
	<i>Dolichoderus lutosus</i> (Fr. Smith, 1858)	1	0	2	0
	<i>Dolichoderus</i> sp. aff. <i>schulzi</i>	0	0	1	0
	<i>Linepithema humile</i> (Mayr, 1868)	0	0	1	3
	<i>Tapinoma</i> sp.1	0	0	0	1
	<i>Tapinoma</i> sp.2	0	0	0	1
	<i>Tapinoma</i> sp.3	2	0	3	2
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp.1	3	2	1	2
	<i>Brachymyrmex</i> sp.2	6	4	5	6
	<i>Camponotus chartifex</i> (Fr. Smith, 1860)	1	1	3	3
	<i>Camponotus cingulatus</i> Mayr, 1862	2	5	8	5
	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	2	2	6	5
	<i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp.1	0	1	0	0
	<i>Camponotus trapezoideus</i> Mayr, 1870	6	1	0	0
	<i>Camponotus (Myrmobrachys)</i> sp.1	2	1	4	2
	<i>Camponotus (Myrmobrachys)</i> sp.2	5	7	1	0
	<i>Camponotus (Myrmobrachys)</i> sp.3	0	0	0	2
	<i>Camponotus (Myrmobrachys)</i> sp.4	17	18	3	2
	<i>Camponotus (Myrmocladoeclus)</i> sp.1	3	4	2	1
	<i>Camponotus (Myrmocladoeclus)</i> sp.2	0	0	0	1
	<i>Camponotus traili</i> Mayr, 1877	0	0	0	1
	<i>Paratrechina fulva</i> (Mayr, 1862)	1	0	1	3
Ectatomminae	<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	1	0	0	1
	<i>Paratrechina</i> sp.1	1	0	0	2
	<i>Paratrechina</i> sp.2	0	1	0	0
	<i>Paratrechina</i> sp.3	1	3	0	1
	<i>Paratrechina</i> sp.4	1	0	1	1
	<i>Paratrechina</i> sp.5	1	0	0	2
	<i>Gnamptogenys annulata</i> Mayr, 1887	2	1	0	0
	<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 18831	1	1	1	1
Ponerinae	<i>Hypoponera</i> sp	1	0	0	0
	<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	1	2	3	3
	<i>Pachycondyla apicalis</i> (Latreille, 1802)	1	0	0	0
	<i>Pachycondyla constricta</i> (Mayr, 1883)	0	0	0	1
	<i>Pachycondyla carinulata</i> (Roger, 1861)	0	1	1	3
	<i>Pachycondyla crenata</i> (Roger, 1861)	1	3	0	1
	<i>Pachycondyla unidentata</i> (Mayr, 1862)	1	1	0	2
	<i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius, 1804)	5	4	7	5
Ecitoninae	<i>Labidus praedator</i> (Fr. Smith, 1858)	1	0	0	0
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	7	6	8	7
	<i>Pseudomyrmex kuenckeli</i> (Emery, 1890)	0	0	1	2
	<i>Pseudomyrmex oculatus</i> (Fr. Smith, 1855)	0	1	0	1
	<i>Pseudomyrmex rochai</i> (Forel, 1912)	1	0	4	2
	<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	1	1	0	0
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1 gp. <i>pallidus</i>	3	3	10	5
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.2 gp. <i>pallidus</i>	1	0	3	0

Continuação da Tabela 1

	<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	2	4
	<i>Cephalotes fleddermannii</i> Kempf, 1958	0	1	0	1
	<i>Cephalotes minutus</i> (Fabricius, 1804)	0	0	0	1
	<i>Cephalotes cordatus</i> (Fr. Smith, 1854)	0	1	0	0
	<i>Cephalotes simillimus</i> Kempf, 1951	0	0	0	1
	<i>Cephalotes</i> sp.1 gp. <i>pallens</i>	1	0	0	0
	<i>Crematogaster (Eucrema) acuta</i> (Fabricius, 1804)	1	1	1	1
	<i>Crematogaster (Eucrema)</i> sp.1	0	0	0	2
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.1	0	0	0	1
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.2	0	0	1	0
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.3	2	5	1	5
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.4	2	2	0	0
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.5	3	7	2	5
Myrmicinae	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.6	0	0	1	1
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.7	0	1	1	0
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.8	0	0	3	0
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.9	0	1	0	0
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.10	14	7	3	1
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.11	11	1	4	3
	<i>Crematogaster (Orthocrema)</i> sp.12	3	1	14	13
	<i>Cyphomyrmex salvini</i> Forel, 1899	0	1	0	0
	<i>Megalomyrmex goeldii</i> Forel, 1912	1	10	0	1
	<i>Monomorium floricense</i> (Jerdon, 1852)	2	2	2	1
	<i>Nesomyrmex asper</i> Mayr, 1887	0	1	1	1
	<i>Nesomyrmex</i> sp. gp. <i>spininodis</i> Mayr, 1887	1	0	0	0
	<i>Nesomyrmex tristani</i> Emery, 1896	3	1	4	0
	<i>Pheidole fimbriata</i> Roger, 1863	0	0	0	1
	<i>Pheidole</i> sp.1	0	0	1	0
	<i>Pheidole</i> sp.2	0	0	1	0
	<i>Pheidole</i> sp.3	2	1	3	0
	<i>Pheidole</i> sp.4	0	1	0	0
	<i>Pheidole</i> sp.5	0	1	0	0
	<i>Pheidole</i> sp.6	1	0	0	0
	<i>Pheidole</i> sp.7	0	0	0	1
	<i>Pysamica</i> sp.1	0	0	0	1
	<i>Procryptocerus hylaeus</i> Kempf, 1951	0	0	1	0
	<i>Rogeria</i> sp.1	0	0	1	0
	<i>Rogeria</i> sp.2	1	0	0	0
	<i>Solenopsis (Diplorhoptrum)</i> sp.1	1	1	4	9
	<i>Solenopsis (Diplorhoptrum)</i> sp.2	6	3	5	7
	<i>Solenopsis (Solenopsis) geminata</i> (Fabricius, 1804)	0	0	0	1
	<i>Wasmannia</i> sp.1	0	0	1	0

Tabela 2. Quantidade de gêneros e espécies que ocorreram em cada subfamília na presença e na ausência de *Wasmannia* spp.

Subfamília	Gêneros				Espécies			
	c/Wa	s/Wa	c/Wr	s/Wr	c/Wa	s/Wa	c/Wr	s/Wr
Dolichoderinae	3	2	4	4	7	8	8	8
Formicinae	4	4	4	4	16	13	11	17
Ectatomminae	1	1	1	1	2	2	1	1
Ponerinae	3	2	2	2	6	5	3	6
Ecitoninae	1	0	0	0	1	0	0	0
Pseudomyrmecinae	1	1	1	1	5	4	5	5
Myrmicinae	9	9	9	9	18	22	22	22
Σ	22	19	21	21	55	54	50	59

Tabela 3. Similaridade (Bray-Curtis) na mirmecofauna entre as situações: com *W. auropunctata*, sem *W. auropunctata*, com *W. sp. aff. rochai* e sem *W. sp. aff. rochai*.

	Percentuais de Similaridade (%)			
	com W a	sem W a	com Wr	sem Wr
com <i>Wa</i>	-	62	53	50
sem <i>Wa</i>		-	44	50
com <i>Wr</i>			-	64
sem <i>Wr</i>				-

Tabela 4. Análise de associação entre espécies de formigas que ocorreram na presença e na ausência de *Wasmannia* spp. nas quadras do CEPEC ($\alpha = 5\%$).

Espécies	Quadra	X ² c/ Yates	Associação
<i>W. auropunctata</i> e <i>A. paraensis bondari</i>	I'	6,029*	negativa
<i>W. auropunctata</i> e <i>Megalomyrmex goeldii</i>	F	8,235*	negativa
<i>W. auropunctata</i> e <i>Cr. (Orthocrema)</i> sp.11	F	9,420*	positiva
<i>W. auropunctata</i> e <i>Cr. (Orthocrema)</i> sp.10	F	2,924	independ.
<i>W. auropunctata</i> e <i>Ca. (Myrmobrachys)</i> sp.4	I'	0,043	independ.
<i>W. auropunctata</i> e <i>Pseudomyrmex gracilis</i>	F	0,088	independ.
<i>W. sp. aff. rochai</i> e <i>A. paraensis bondari</i>	H'	3,817	independ.
<i>W. sp. aff. rochai</i> e <i>Cr. (Orthocrema)</i> sp.12	H'	0,050	independ.
<i>W. sp. aff. rochai</i> e <i>Pseudomyrmex gracilis</i>	H'	0,078	independ.

* nível de significância de 5%

do tempo e passar a oferecer nichos ecológicos similares aos encontrados na “cabruca”. Por exemplo, as plantas epífitas, excelentes abrigos para diversas espécies de formigas, estabelecem-se tanto em eritriñas que compõem o sistema de “derruba” quanto em árvores nativas características de “cabruca”. Por sua vez, a “cabruca” apresenta uma riqueza específica comparável à de mata primária, isto porque ela nada mais é do que uma simplificação da mata original (Delabie et al., 1989), devendo oferecer nichos ecológicos semelhantes ao da mesma.

A fauna de formigas que ocorreu na presença e na ausência *W. auropunctata* e de *W. sp. aff. rochai* foi melhor representada ao nível genérico pela subfamília Myrmicinae, seguida pela Formicinae. Estes resultados corroboram os de Delabie et al. (1989) em levantamento da mirmecofauna de “cabrucas” na mesma região.

Os percentuais de similaridade obtidos em condições de presença e ausência de *W. auropunctata* e de *W. sp. aff. rochai* em cacaueiros revelaram que ambas exercem efeitos semelhantes sobre a mirmecofauna associada. As formigas associadas ocorreram em freqüências bastante próximas na presença ou ausência de qualquer uma dessas duas espécies.

Entretanto, houve uma maior associação de espécies de formigas com *W. auropunctata* do que com *W. sp. aff. rochai*, o que possivelmente ocorreu em função do status dominante de *W. auropunctata* no agrossistema em estudo. Este status, atribuído à mesma por Majer et al. (1994), pode regular o número de espécies associadas. De acordo com estes autores, certas espécies de formigas associam-se junto às espécies dominantes, contribuindo à formação de um modelo de estruturação de espécies conhecido como “mosaico”. O mosaico é baseado num número limitado de formigas dominantes, que tendem a apresentar um padrão de distribuição mutuamente exclusivo e que ocupam grandes e contínuas áreas de florestas ou agrossistemas (Leston, 1973). Segundo a terminologia de Majer et al. (1994), *W. sp. aff. rochai* seria considerada como uma espécie subdominante.

Foi constatado que um número bastante elevado de espécies de formigas é capaz de conviver com *W. auropunctata* na região em estudo, situação completamente diferente daquela encontrada onde *W. auropunctata* foi introduzida. Por exemplo, Clark et al. (1982) não encontraram outras espécies de formigas quando a densidade de *W. auropunctata* era alta nas ilhas Galápagos. Isto está sendo interpretado pelo fato de que existe uma fauna típica de formigas adaptada a conviver com *W. auropunctata* na Bahia, inserida na região Neotropical de onde a formiga é originária (Kempf, 1972). Além do mais, na Bahia, a quantidade de nichos ecológicos disponíveis é certamente superior à encontrada em Galápagos, assim como a disponibilidade de recursos em geral, de forma que a competição entre espécies de formigas na Bahia deve ser menos intensa.

Wasmannia auropunctata associou-se de forma negativa com *A. paraensis bondari*, isto porque estas formigas são mutuamente exclusivas, ou seja, uma não tolera a presença da outra, o que está de acordo com as observações de Majer et al. (1994) na mesma região. Segundo Delabie (1990), *W. auropunctata* só consegue dominar as copas dos cacaueiros se outras formigas dominantes, como *Azteca* spp., não estão presentes. A exclusão mútua pode ter sido gerada por competição entre ambas, de forma que *A. paraensis bondari*, formiga dominante e praga séria na região (Delabie et al., 1991), ocorreu apenas nas árvores onde *W. auropunctata* estava ausente. A ínfima ocorrência de *A. paraensis bondari* em árvores dominadas por *W. auropunctata* pode ter sido o resultado do deslocamento eventual desta espécie de *Azteca* para as copas dos cacaueiros aonde *W. auropunctata* se encontrava, tendo em vista que em plantações antigas, as copas das árvores são mais fechadas e os galhos de cacaueiros vizinhos tocam-se eventualmente, permitindo o acesso de formigas de uma planta à outra.

Megalomyrmex goeldii também se associou de forma negativa com *W. auropunctata* nos cacauais. Entretanto, ela não era esperada no grupo das espécies de formigas que compunham o mosaico. Por ser uma formiga de solo, ela pode estar negativamente associada pelo simples fato de se tratar de uma espécie de estrato distinto. Esta espécie deve ter ocorrido eventualmente nas árvores em virtude da alta densidade de *W. auropunctata*, formiga que vive basicamente na serrapilheira e facultativamente em árvores (Delabie, 1990), o que deve ter impedido a sua circulação no solo. *Megalomyrmex goeldii* pode ter se beneficiado da convivência com *W. auropunctata*, alimentando-se da seiva ou “honeydew” eliminada pelos Hemípteros que se encontravam em frutos, uma vez que, em áreas infestadas por *W. auropunctata*, a incidência de *Planococcus citri*, principalmente, é grande (Delabie, 1988; Souza et al., 1998).

A associação positiva entre *Cr. (Orthocrema) sp. 11* com *W. auropunctata* pode ter beneficiado a primeira, talvez pouco competitiva, em termos de proteção nas plantas e suprimento regular de seiva metabolizada eliminada por insetos sugadores.

A independência verificada entre *Cr. (Orthocrema) sp. 10*, *Ca. (Myrmobrachys) sp. 4* e *P. gracilis* com *W. auropunctata* demonstrou que diferentes espécies de formigas, numericamente abundantes ou não, são indiferentes quanto à sua co-ocorrência simultânea. Estas espécies podem até explorar *W. auropunctata* em algumas oportunidades, tais como *C. (Myrmobrachys) sp. 4* que foi vista alimentando-se da seiva exsudada por insetos sugadores criados por *W. auropunctata*, enquanto *P. gracilis* foi observado predando operárias desta formiga., assim como de *W. sp. aff. rochai*.

A ausência de interação negativa entre *A. chartifex spiriti* com *W. auropunctata* e *W. sp. aff. rochai* deve-se ao fato de terem sido coletadas operárias desta *Azteca*, com freqüências similares, tanto em árvores infestadas por *Wasemannia* spp., quanto naquelas onde as mesmas estavam ausentes. A presença de *A. chartifex spiriti* em plantas com altas densidades das duas espécies de *Wasemannia* deve ter sido uma consequência do deslocamento eventual destas formigas pelas copas fechadas de cacaueiros adjacentes. Isto não significa que elas nidificam nas mesmas árvores.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado para a realização deste estudo. Ao CEPEC/CEPLAC pelo apoio logístico. Aos técnicos e colegas do Laboratório de Mirmecologia da CEPLAC que colaboraram para este trabalho, o qual recebeu apoio parcial do convênio PRONEX/FAPESB/CNPq n. 048/03.

Literatura Citada

- ALGER, K.; CALDAS, M. 1996. Cacau na Bahia: decadência e ameaça à Mata Atlântica. Ciência Hoje (Brasil) 20 (117): 28-35.
- BOLTON, B. 1995. A new general catalogue of the ants of the world. Cambridge, Harvard University Press. 504p.
- BOLTON, B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. Memoirs of the American Entomological Institute 71: 370 p.
- CLARK, D.B. et al. 1982. The tramp ant *Wasemannia auropunctata*: autoecology and effects on ant diversity and distribution on Santa Cruz Island, Galapagos. Biotropica 14(3): 196-207.
- DELABIE, J.H.C. 1988. Ocorrência de *Wasemannia auropunctata* (Roger, 1863) (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) em cacauais na Bahia, Brasil. Revista Theobroma (Brasil) 18 (1): 29-37.
- DELABIE, J.H.C. 1990. The ant problems of cocoa farms in Brazil. In: Vander Meer, R. K.; Jaffe, K.; Cedeno, A. Applied myrmecology: a world perspective. Colorado, Westview Press. pp. 555-569.
- DELABIE, J. H. C. 2001. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. Neotropical Entomology 30(4): 501-516.
- DELABIE, J.H.C.; ALVES, M.C.; CAZORLA, I.M. 1989. Estudo comparativo da mirmecofauna da Mata Atlântica de cacauais no sul da Bahia (Hymenoptera: Formicidae). In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 12, Belo Horizonte, SEB. pp. 74.
- DELABIE, J.H.C.; BENTON, F.P.; MEDEIROS, M.A. de 1991. La polydomie chez les Formicidae arboricoles dans les cacaoyères du Brésil: optimisation de l'occupation de l'espace ou stratégie défensive? Act. Coll. Insectes Sociaux 7: 173-178.
- KEMPF, W.W. 1972. Catálogo abreviado das formigas da Região Neotropical (Hymenoptera: Formicidae). Studia Entomologica 15: 3-344.
- LESTON, D. 1973. The ant mosaic, tropical tree crops and the limiting of pests and diseases. PANS 19 (3): 311-341.
- MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C.; SMITH, M.R.B. 1994. Arboreal ant community patterns in Brazilian cocoa farms. Biotropica 26 (1): 73-83.
- ROOM, P.M. 1971. The relative distribution of ant species in Ghana's cocoa farms. Journal Animal Ecological 40: 735-751.

- SIEGEL, S. 1975. Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento. São Paulo, MacGraw-Hill. 350p.
- SILVA, P. 1944. Insects pests of cacao in the State of Bahia, Brazil. Tropical agriculture (Trinidad and Tobago) 21 (1): 8-14.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1978. Ecological methods. New York, Methuen. 348p.
- SOUZA, A. L. B., DELABIE, J. H. C., FOWLER, H. G. 1998. *Wasemannia* spp. (Hym., Formicidae) and insect damages to cocoa in Brazilian farms. Journal Applied Entomological 122: 339-341.

●

FÓSFORO E ZINCO NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CACAUEIRO

Fernando Luiz de Oliveira Corrêa¹, Carlos Alberto Spaggiari Souza², Janice Guedes de Carvalho³, Vander Mendonça³, Marcelo Vichiato³

¹CEPLAC/SUERO/ESTEX-OP, 78950-000, Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil floc@uronet.com.br;

²CEPLAC/ESFIP, Caixa Postal 102. Linhares, ES, Brasil.

³UFLA, Caixa Postal 137, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

O fósforo é um nutriente limitante na maioria dos solos brasileiros. A ele são creditadas maiores respostas do cacaueiro, tanto na produção de massa seca, como na produção de amêndoas. O micronutriente zinco tem apresentado interação com o nutriente fósforo, tanto no solo, como na planta. Com o objetivo de estudar o efeito de doses de fósforo e zinco no desenvolvimento de cacaueiro (*Theobroma cacao* L.), na fase de muda, conduziu-se o presente trabalho. O trabalho foi realizado na casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG, utilizando-se amostras de um Latossolo Roxo. O experimento foi instalado segundo o delineamento em Blocos Casualizados, em esquema fatorial 4 x 3 + 1 com 13 tratamentos e 4 repetições, sendo cada parcela constituída por duas plantas. Os fatores constituíram respectivamente, 4 doses de P (0, 150, 300 e 450 mg de P/dm³ de solo) na forma de superfosfato triplo e 3 doses de Zn (0, 5 e 10 mg de Zn/dm³) de solo, na forma de sulfato de zinco. Cento e vinte dias após a aplicação dos tratamentos, o experimento foi colhido. Não foi constatada interação entre o fósforo e zinco para nenhuma das variáveis analisadas. As variáveis altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, seca de caule e raiz foram influenciadas apenas pelo fósforo e a massa seca de folhas pelo fósforo e zinco. Na dose de 374,00 mg de P dm⁻³ de solo foram encontrados os maiores incrementos para as características de crescimento avaliadas nas mudas de cacaueiro.

Palavras-chave: Cacau, *Theobroma cacao* L, interação P/Zn, nutrição mineral

Phosphorus and Zinc in the cocoa tree development. The phosphorus is a restricted nutrient in most of the Brazilian soils. To phosphorus are credited large responses of the cocoa tree both in the production of dry matter, and in the production of beans. The micronutrient zinc has presented interaction with phosphorus at soil level and plant level. With the objective of studying the effect of the phosphorus doses and zinc doses on cacao seedlings (*Theobroma cacao* L.) the present work was done. This work was carried out in greenhouse condition at the Department of Soil Science of Lavras Federal University, Lavras-MG, using sample of a purple Latosol. The experiment followed a randomized blocks design, in factorial outline 4x3+1, with 13 treatments and 4 repetitions, being each portion constituted by two plants. The factors constituted respectively, 4 doses of P (0, 150, 300 and 450 mg of P/dm³ of soil) in the form of triple super phosphate and 3 doses of Zn (0, 5 e 10 mg of Zn/ dm³ of soil), in the form of sulfate of zinc. After 120 days of application of the treatments, the experiment was assessed. No interaction between phosphorus and zinc for none of the analyzed variables was verified. The following variables: height, number of leaves, area stem, diameter of stem, dry matter of the stem and root were influenced just by phosphorus and the dry matter of leaves by phosphorus and zinc. The dose of 374,0 mg of soil P/dm³ produced the biggest growth increments of cocoa tree seedlings.

Key words: cocoa, *Theobroma cacao* L, P/Zn interaction, mineral nutrition.

Introdução

O cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é árvore típica de clima tropical, nativa da região de floresta úmida da América e constitui o principal fornecedor de matéria-prima para a fabricação do chocolate, sendo atualmente classificado como um produto estimulante (Souza et al. 2001). A produtividade do cultivo depende dos fatores genéticos, edáficos, climáticos e de manejo. Dentre os fatores edáficos a adubação inadequada ou ausência dela tem sido uma das principais causas da baixa produtividade dos cacauais brasileiros. Isto devido não só a falta de adubações, como também adubações desequilibradas com negligência no uso de calcário, cálcio, magnésio e enxofre e omissão ou mal uso de micronutrientes (Malavolta, 1993). O fósforo é um nutriente limitante na maioria dos solos brasileiros. A ele são creditadas maiores respostas do cacaueiro, tanto na produção de massa seca, como na produção de amêndoas.

O êxito na exploração agrícola de qualquer espécie perene está relacionado com a qualidade da muda e as práticas culturais adotadas. Assim, os esforços a serem realizados para a obtenção de mudas de elevada qualidade deverão considerar o conhecimento das exigências nutricionais da planta, que possibilitará ao agricultor realizar o correto manejo das adubações. O uso de fertilizantes de modo indiscriminado e sem critérios poderá acarretar sérios danos, promovendo desequilíbrios nutricionais, que poderão prejudicar a produção e a qualidade.

Dentre os macronutrientes, o fósforo é aquele exigido em menor proporção pelos vegetais, porém é o nutriente aplicado em maiores quantidades nas adubações realizadas no Brasil. Este fato relaciona-se a sua baixa disponibilidade nos solos brasileiros, aliada à sua forte tendência de reagir com componentes como o ferro, o alumínio e o cálcio dentre outros, formando compostos de baixa solubilidade. A sua aplicação assume primordialmente o papel de satisfazer a exigência do solo, mediante a adição de quantidades várias vezes superior às exigidas pelas plantas (Vale et al., 1994).

Dentre os papéis fundamentais do fósforo na vida das plantas, destaca-se a sua participação nos compostos ricos em energia, cujo exemplo mais comum é o trifosfato de adenosina, ATP, produzido nas reações de fosforilação oxidativa e da fotossíntese (Ferri et al., 1985). Nas plantas superiores, o P é armazenado no vacúolo, na forma de Pi (fósforo inorgânico), o qual representa 85 a 95% do P total encontrado nas plantas com adequado suprimento (Marschner, 1997).

O fornecimento adequado de P às mudas proporciona excelentes respostas, tanto a nível radicular como da parte

aérea. Um substrato deficiente em P ocasiona um crescimento reduzido ou menor das raízes e da parte aérea, sendo necessária a suplementação com fertilizantes fosfatados os substratos deficientes neste nutriente (Yager e Wright, 1984).

Vários trabalhos envolvendo o uso de fertilizantes fosfatados ressaltam sua importância durante a fase de formação das mudas de diferentes frutíferas: maracujá (Peixoto, 1986), mamão (Rocha, 1987), Citros (Souto, 1993), banana (Menezes, 1997), cupuaçzeiro (Carvalho et al., 1998), aceroleira (Corrêa et al., 2002) e pupunheira (Fernandes et al., 2002b).

Dentre os micronutrientes necessários aos vegetais, o zinco é o elemento cujos sintomas de deficiência são mais freqüentes, devido às pequenas quantidades presentes deste elemento na litosfera. O seu conteúdo no solo é, em média, mais baixo que o das rochas, ocorrendo em minerais, adsorvido ou na forma de complexos orgânicos solúveis e insolúveis. Do zinco que ocorre no solo, apenas uma pequena parte se encontra em estado disponível, sendo esta disponibilidade influenciada por fatores como o seu conteúdo no solo, a reação do solo e o conteúdo de matéria orgânica do solo (Brasil Sobrinho; Freire; Silveira, 1979).

Este micronutriente atua em conjunto com outros nutrientes na síntese de proteínas e na síntese do ácido indolacético que é um hormônio de crescimento. Na sua deficiência, ocorre a redução dos internódios e aparecem “rosetas foliares” na extremidade dos ramos (Ruggiero et al., 1996).

O zinco tem apresentado interação com o nutriente fósforo, tanto em nível de solo, como em nível de planta. Segundo Olsen (1972), os estudos sobre a interação entre fósforo e o zinco iniciaram-se em 1936, que foi usualmente definida como uma deficiência de zinco induzida pelo fósforo, sendo esta uma função da elevada disponibilidade de fósforo nos solos, decorrente das adubações, as quais podem induzir a sua deficiência nas plantas, podendo esta ser prevenida ou corrigida pela fertilização com zinco.

Ezequiel (1980) estudando a adição de boro e zinco a substratos para o desenvolvimento de mudas de cafeiro, concluiu que a adição de zinco na forma de sulfato de zinco, não afetou as características de crescimento, mas reduziu os teores de fósforo, cobre e cálcio.

Alguns trabalhos foram realizados visando observar o efeito da interação entre estes nutrientes em algumas espécies frutíferas como em aceroleira (Corrêa et al., 2002); maracujá (Machado, 1998), cupuaçzeiro (Carvalho et al., 1998).

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da adubação com fósforo e zinco no crescimento de mudas de cacaueiro, em condições de casa-de-vegetação.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras-MG, no período de setembro de 1996 a março de 1997. A cidade de Lavras está situada a 21° 14' 06" de latitude Sul e 45° 00' 00" de longitude Oeste, e a uma altitude de 913 metros. De acordo com Vilela e Ramalho (1979), adotando-se os critérios propostos por Köppen, o clima da região é de transição entre Cwb e Cwa, temperatura suave (mesotérmico), caracterizado por inverno seco, com verões brandos e chuvosos, também denominado clima tropical de altitude.

O material utilizado constou de sementes de frutos maduros do Híbrido SIAL 169 x ICS 1, oriundos de plantação de polinização livre, localizada em Itabuna, Bahia. Após a retirada da mucilagem as sementes foram colocadas em bandejas plásticas, cujo substrato era vermiculita e posteriormente, repicadas para vasos plásticos com capacidade para 1,8 dm³ de solo, sendo utilizado como substrato Latossolo Roxo com 1,0 mg dm⁻³ de fósforo e 1,2 mg dm⁻³ de zinco.

O delineamento experimental utilizado foi em Blocos Casualizados, em esquema fatorial 4 x 3 + 1 (um) tratamento adicional, que corresponde ao substrato padrão utilizado pelo cacaueiro, para a produção de mudas. A parcela foi constituída de 2 plantas, com 4 repetições. Os fatores consistiram de 4 doses de fósforo (0, 150, 300 e 400 mg dm⁻³ de solo), na forma de superfosfato triplo finamente moído em grau e misturado ao solo, até completa homogeneização, e o zinco, em três doses (0, 5 e 10 mg dm⁻³), na forma de sulfato de zinco. O sulfato de zinco foi dissolvido na água e aplicado via solução.

Foi efetuada calagem utilizando-se carbonato de cálcio (CaCO₃ p.a.), 20 dias antes da repicagem das plântulas, para elevar a saturação de bases do solo para 60%, conforme recomendação de Raij et al. (1997). Optou-se pela utilização de carbonato de cálcio, em função da relação Ca:Mg do solo ser de 2:1, conforme dados apresentados na Tabela 1. Após a calagem, o solo recebeu água até a

capacidade de campo e foi coberto para que o calcário reagisse com a solução do solo.

Após a repicagem das mudas, efetuou-se adubação de plantio com os seguintes nutrientes: N (400 mg dm⁻³ de solo); K (200 mg dm⁻³ de solo); Mg (36,0 mg dm⁻³ de solo); Cu (1,5 mg dm⁻³ de solo); Mo (0,1 mg dm⁻³ de solo) e B (0,5 mg dm⁻³ de solo). Os nutrientes N e K foram aplicados parceladamente em 4 dosagens, sendo a primeira na repicagem das mudas e as demais 30, 70 e 120 dias após, com sulfato de amônio ou uréia, alternadamente, e cloreto de potássio.

A umidade dos recipientes foi mantida em torno de 60% do V.T.P. (volume total de poros), com aplicações de água desmineralizada, sendo o controle efetuado por pesagens diárias dos recipientes.

As avaliações referentes às características de crescimento foram realizadas mensalmente, durante 4 meses. Na medição do diâmetro do caule, foi utilizado paquímetro metálico, numa altura de 5 cm do solo. A altura das mudas foi obtida medida-se cada planta com régua graduada desde o nível do solo até a gema apical. O número de folhas foi obtido através da contagem em cada planta. A área foliar foi obtida através de um integrador de área foliar da Licor, portátil, onde cada folha foi medida, somando-se no final o valor de cada planta.

A colheita das plantas foi realizada 120 dias após o plantio das mudas nos recipientes e, em seguida, foram colocadas para secar em estufas a 60°C, até obtenção de peso constante.

As características estudadas foram submetidas à análise de variância, e posteriormente aos estudos de regressão polinomial, cujas equações foram ajustadas às médias de produção de massa seca, área foliar, diâmetro do caule, altura da planta e número de folhas. As análises de variância, bem como, as equações de regressão ajustadas, foram efetuadas utilizando-se os programas estatísticos SANEST (Universidade Federal de Pelotas), conforme cópia apresentada por Sarriés, Oliveira e Alves (1992) e o programa estatístico SAEG (Universidade Federal de Viçosa), conforme cópia apresentada por Euclides (1983).

Tabela 1- Resultado da análise química do solo (camada de 0-20 cm) utilizado no experimento com cacaueiro em Lavras-MG, realizado pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da UFLA-Lavras-MG.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	m	V	C	M.O.	S	B	Zn
H ₂ O							cmolc _c dm ⁻³			%			dag/kg			dag dm ⁻³
5,0	1,0	16	8,0	4,0	1,0	23	12	13	35	7	35	0,7	1,3	6,38	0,08	0,8

pH em água, KCl e CaCl – Relação 1:2,5; P-K-Zn – Extrator Mehlich 1; H+Al – Extrator SMP; Ca-Mg-Al – Extrator KCl; B-Extrator – Extrator em água quente; S-Extrator – Fosfato monocálcio em Ácido Acético

Resultados e Discussão

Observou-se pelas análises estatísticas diferenças significantes pelo teste F ($P<0,05$) para todas as variáveis analisadas em relação apenas para o aporte de fósforo, com exceção da massa seca de folhas que foi influenciada pelos dois fatores separadamente. Neste trabalho, não foi constatada interação entre fósforo e zinco para nenhuma das variáveis estudadas.

Em relação à altura da muda, 120 dias após o plantio, constatou-se que o fósforo proporcionou um efeito quadrático, onde a dose máxima desse fertilizante (336,81 mg de P dm⁻³ de solo) proporcionou uma altura de 48,85 cm, bem superior ao tratamento adicional cuja altura média foi de 23,18 cm e do tratamento sem aplicação do fertilizante (29,71cm) (Figura 1). Corrêa et al., (2002) também observaram que aplicações de fósforo proporcionam ganhos em altura, quando utilizaram esta mesma dosagem de fósforo no desenvolvimento de mudas de aceroleira, porém, em seu trabalho, a resposta para esta variável foi linear.

Para a característica número de folhas (Figura 2), observou-se também efeito quadrático em relação à aplicação do fósforo sendo o maior número de folhas (21) alcançado com aplicação de fósforo na dose de 329,83 mg de P dm⁻³ de solo, sendo bem superior ao tratamento adicional e ao tratamento sem aplicação do fósforo, onde as mudas tiverem em média 6 e 9 folhas, respectivamente.

A equação de regressão com efeito quadrático para a

área foliar é apresentada na Figura 3, onde observa-se que sem aplicação dos fertilizantes a área foliar foi de 203,28 cm², já no ponto de máxima resposta à adição de P, estimado pela equação de regressão (350,51 mg de P dm⁻³ de solo) a área foliar teve valor de 642,88 cm², mais de três vezes a obtida no tratamento, sem adição de P.

O diâmetro do caule sem aplicação do fertilizante foi de 7,84 mm, valor este superior à média do tratamento adicional que foi de 6,53 mm. Porém com aplicação do fertilizante esses valores foram bem superiores, chegando a 10,30 mm na dose máxima (300,28 mg de P dm⁻³ de solo). Peixoto (1986) trabalhando com matéria orgânica, super fosfato simples e cloreto de potássio em mudas de maracujazeiro também alcançou respostas positivas no aumento do diâmetro do caule em função do aumento nas doses de fósforo. Resultado também observado por Corrêa et al. (2002) em mudas de aceroleira.

Estes incrementos observados nas características de crescimento (altura, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar) das mudas de cacaueiro vêm confirmar a importância desse nutriente na formação da muda, ajudando-a a se desenvolver mais rapidamente (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

Na Figuras 5, observa-se o efeito quadrático da regressão para a característica massa seca de folhas, com o maior ganho de matéria seca de folha (24,65 g) na dose de 336,04 mg de P dm⁻³ de solo. Já para esta mesma variável a aplicação de 5,623 mg de Zn dm⁻³ de solo proporcionou maior ganho de massa seca, 20,65 g, (Figura 6).

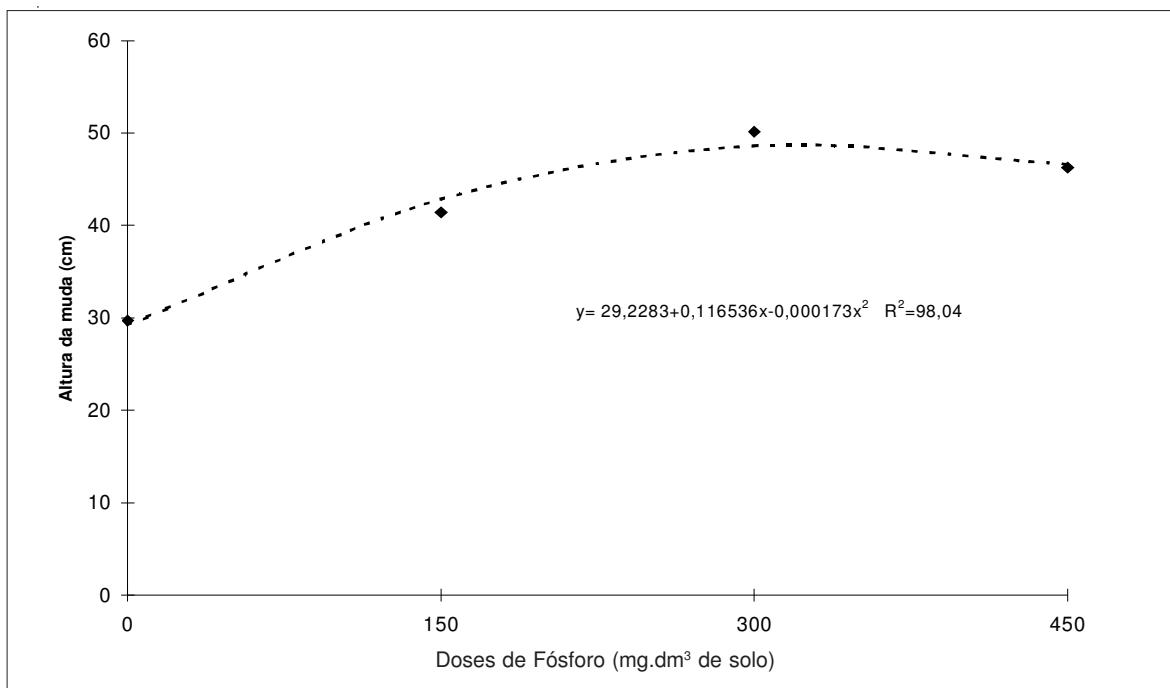


Figura 1 - Efeito do fósforo sobre a altura de mudas de cacaueiro.

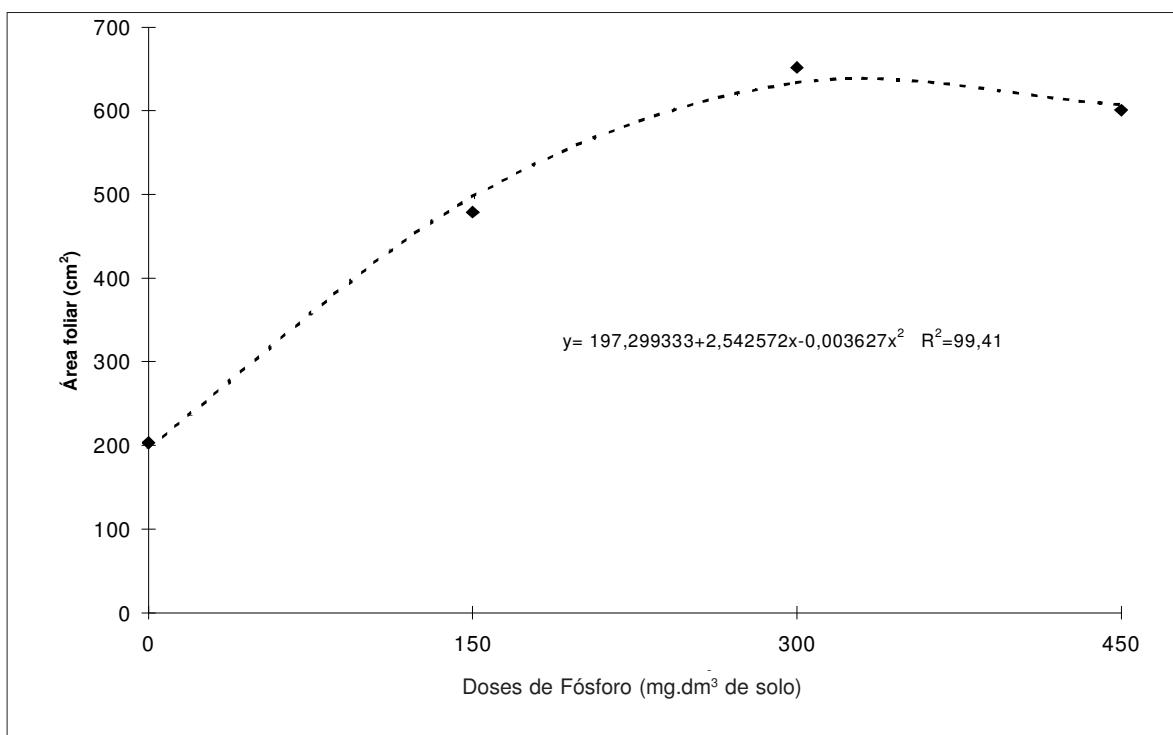


Figura 2 - Efeito do fósforo sobre a área foliar de mudas de cacaueiro.

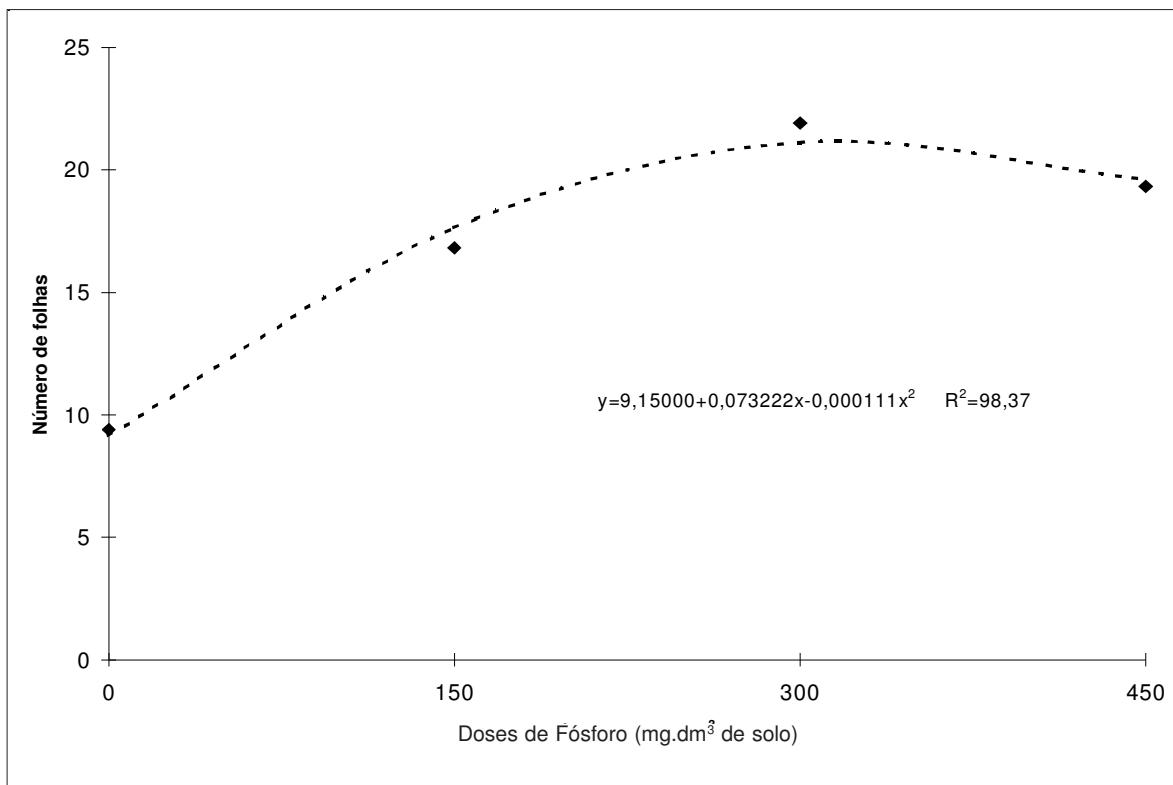


Figura 3 - Efeito do fósforo sobre o número de folhas de mudas de cacaueiro.

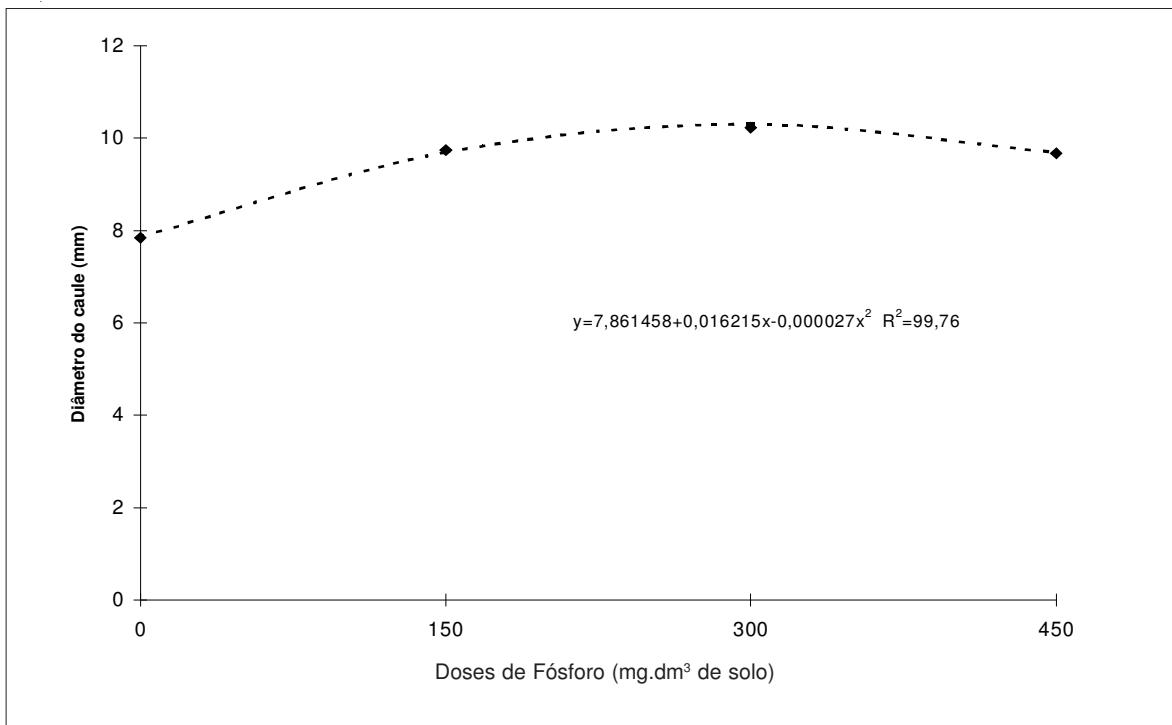


Figura 4 - Efeito do fósforo sobre o diâmetro do caule de mudas de cacau.

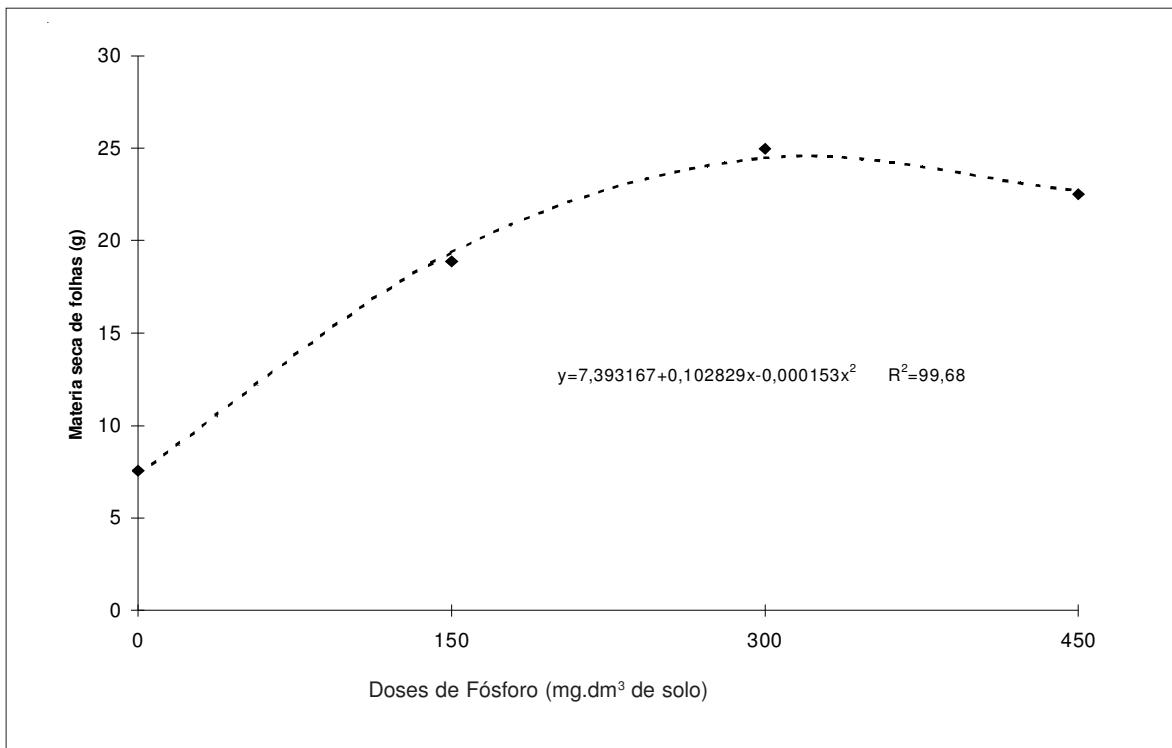


Figura 5 - Efeito do fósforo sobre a massa seca de folhas de mudas de cacau.

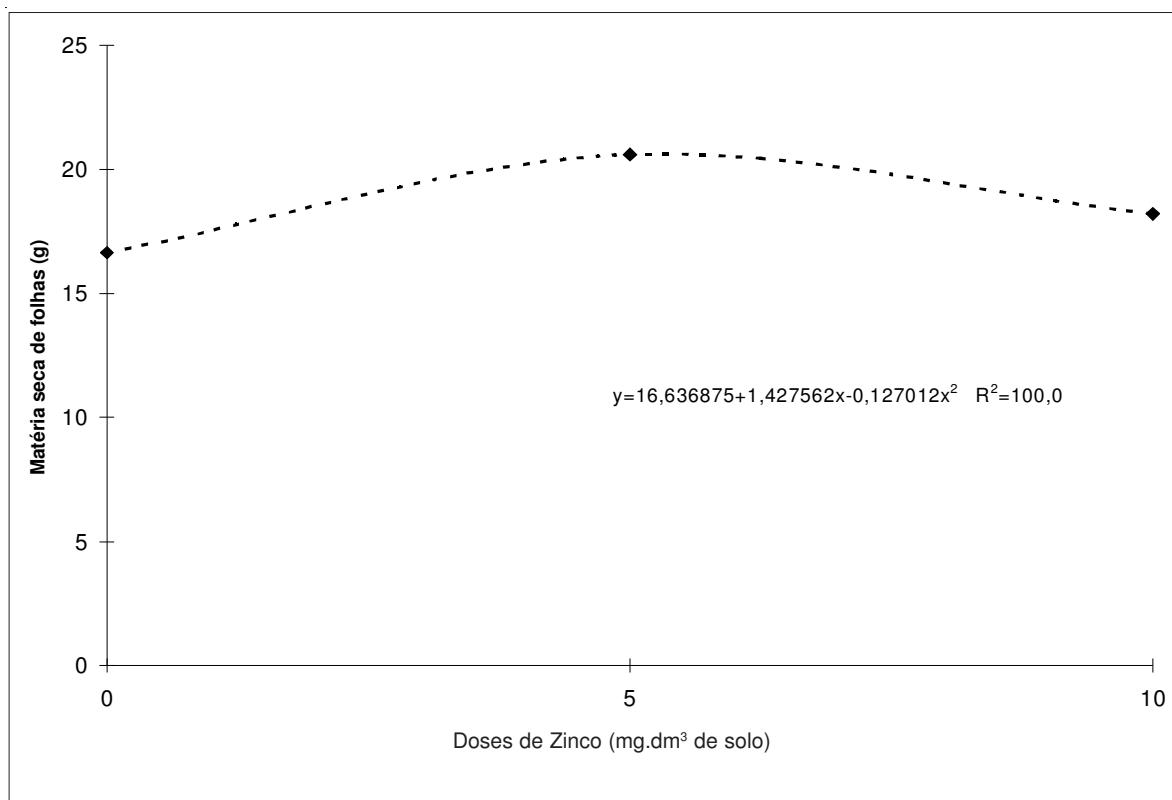


Figura 6 - Efeito do zinco sobre a massa seca de folhas de mudas de cacaueiro.

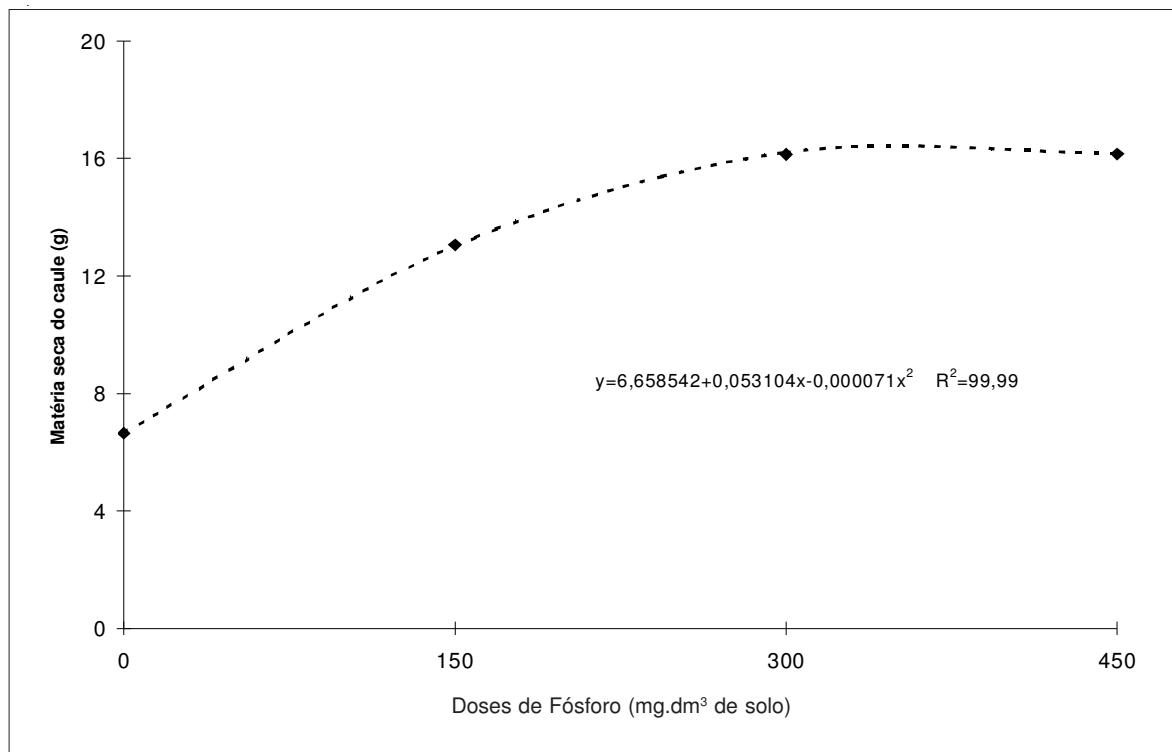


Figura 7 - Efeito do fósforo sobre a massa seca do caule de mudas de cacaueiro.

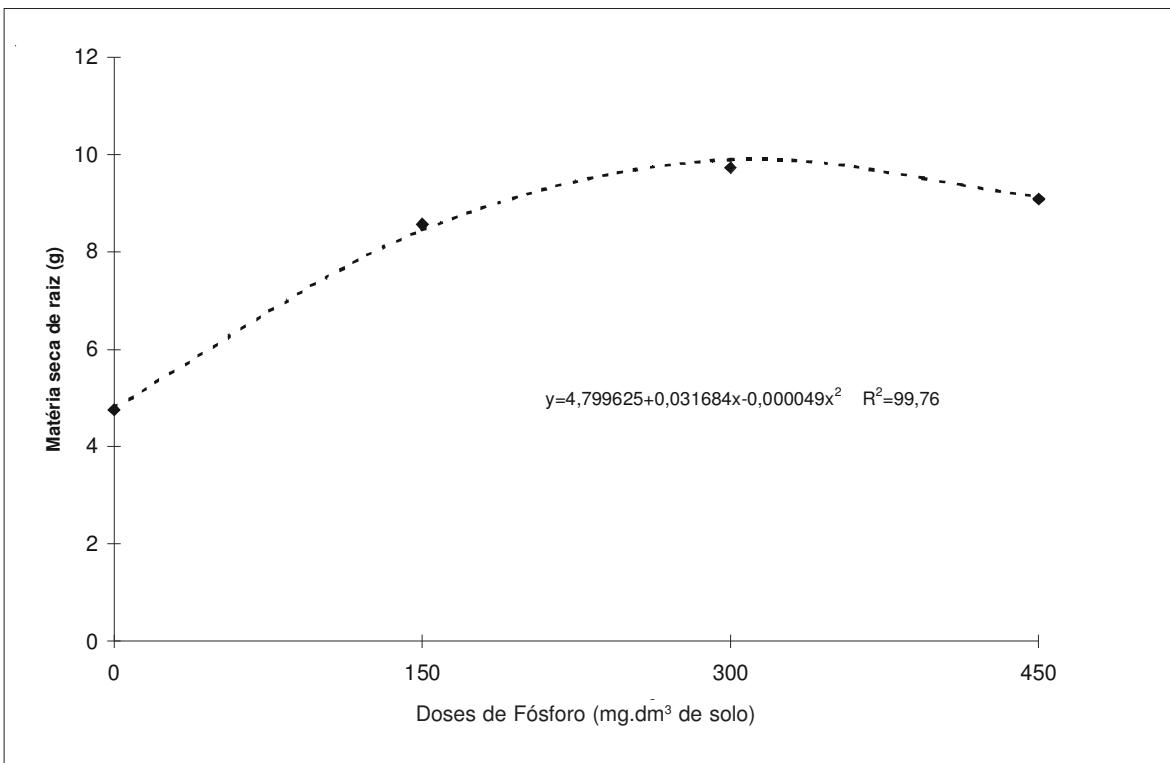


Figura 8 - Efeito do fósforo sobre a massa seca da raiz de mudas de cacaueiro.

Em relação à massa seca do caule, observa-se através da Figura 7, um efeito também quadrático com ponto de máxima para essa variável (16,59g) na dose de 373,97 mg de P dm⁻³ de solo.

Assim como observado para todas as características, a massa seca da raiz também seguiu o mesmo comportamento em relação ao fósforo, com resposta quadrática e tendo seu ponto de máxima (9,91g) na dose de 323,31 mg de P dm⁻³ de solo (Figura 8).

O tratamento adicional (terriço), não proporcionou a obtenção de mudas de cacaueiro com qualidade adequada para plantio, aos 120 dias após a repicagem das sementes. Tal resultado deixa bem claro, que o substrato utilizado pelos cacaicultores para produção de mudas de cacaueiro é nutricionalmente muito pobre, necessitando da adição de adubos visando obter mudas de qualidade superior.

Diversos trabalhos têm sido feitos para demonstrar a importância do fósforo na formação de mudas, ressaltando a importância desse nutriente durante a fase de formação das mudas de algumas espécies frutíferas como, citros (Nicolli, 1982; Bueno, 1984; Lira, 1990; Souto, 1993), banana (Seabra Filho, 1994; Rodrigues, 1995; Vicentini, 1995, Menezes, 1997), mamão (Oliveira, 1986; Rocha, 1987), maracujá (Peixoto, 1986) e aceroleira (Corrêa et al. 2002).

Embora alguns trabalhos realizados tenham constatado, o efeito da interação entre fósforo e zinco em algumas espécies frutíferas como em aceroleira (Corrêa et al., 2002); em mamoeiro e mangabeira (Oliveira 2000); em maracujá (Machado, 1998); em cupuaçzeiro (Carvalho et al., 1998) e Fernandes et al (2003), neste trabalho não foi observada interação para nenhuma das características estudadas. E o efeito do zinco só foi observado na produção de massa seca das folhas. Esses resultados diferem dos encontrados por Fernandes et al. (2003), na cultura do cupuaçu que é do mesmo gênero *Theobroma*, ao qual pertence o cacau. Os referidos autores encontraram que as doses de zinco estudadas promoveram aumento linear no diâmetro e na massa seca do caule e da raiz. Ainda segundo esses autores, houve uma interação fósforo x zinco na altura, na área foliar e na massa seca das folhas, da parte aérea e total. A combinação das doses 300 mg de P e 5 mg de Zn dm⁻³ de solo proporcionou os maiores valores para área foliar e para a massa seca das folhas, parte aérea e total.

Ao analisar esses resultados, observa-se que o comportamento do nutriente fósforo, frente ao nutriente zinco é variável de cultura para cultura, sendo que em alguns cultivos existem diferenças nessa interação, até mesmo entre variedades ou cultivares.

Conclusões

- A adição de fósforo ao substrato promoveu aumentos nas características de crescimento altura, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, massa seca das folhas, caule e raiz. A adição de zinco influenciou apenas a característica massa seca de folhas.

- Não se constatou interação entre o fósforo e o zinco para nenhuma das características de crescimento analisadas nas mudas de cacaueiro.

- A dose 374,00 mg de P dm⁻³ de solo é a mais indicada para formação de mudas de cacaueiro.

Literatura Citada

- ABANTO, A.; MÜLLER, L. E. 1976. Alteraciones producidas en el maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) por deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio. Turrialba (Costa Rica) 26 (4): 331-335.
- BRASIL SOBRINHO, M. O. C. do; FREIRE, O .; SILVEIRA, R. I. 1979. Zinco em alguns solos de Piracicaba: avaliação por testes químicos. Revista de Agricultura (Brasil) 54 (4): 217-235.
- BUENO, D. M. 1984. Efeito do superfosfato triplo no crescimento de porta-enxertos de citros, em diferentes tipos de solo. Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 176p.
- CARVALHO, J. G. de; FERNANDES, A. R. ; MELO, P. C. 1998. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas do Cupuaczeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.). I. características de crescimento de plantas. In Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1998. Poços de Caldas, Minas Gerais. pp.338.
- CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, S.V. 1981. Precipitação provável para Lavras, Região Sul de Minas Gerais, baseada na função de distribuição de probabilidade gama. 1 períodos mensais. Ciência e prática (Brasil) 5 (2): 144-151.
- CORRÊA, F. L. de O. et al. 2002. Fósforo e zinco no desenvolvimento de mudas de aceroleira. Revista brasileira de fruticultural 24 (3): 793-796.
- EZEQUIEL, A. C. 1980. Efeito da adição de boro e zinco a substratos, no desenvolvimento de mudas de cafeiro (*Coffea arábica* L.). Dissertação Mestrado, Lavras, ESAL. 72p.
- FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.de.; MELO, P.C. 2003. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas do cupuaczeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.). Revista Cerne (Brasil) 9 (2): 221-230.
- FERRI, M. G. ed. 1985. Fisiologia vegetal, 1. São Paulo, EPU. 362p.
- LIRA, L. M. 1990. Efeito de substratos e do superfosfato simples no limoeiro (*Citrus limonia* Osbeck cv. "Cravo") até a repicagem. Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 86p.
- LONERAGAN, J. F. et al. 1979. Phosphorus toxicity as a factor in zinc-phosphorus interactions in plants. Soil Science Society of America Journal 43 (5): 966-972.
- MACHADO, R. A. F. 1998. Fósforo e zinco na nutrição e crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Dissertação Mestrado. Lavras, UFLA. 93p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A.de. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba, POTAPOS, 319p.
- MARSHNER, H. 1997. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. San Diego, Academic Press. 889p.
- McGRATH, J. R.; ROBSON, A. D. 1984. Effect of Nitrogen and Phosphorus Supply on the Response of Seedlings of *Pinus radiata*, D. Don to Applied Zinc. Australian Forestry Research Melbourne 14 (3): 163-173.
- MENEZES, A. C. de. S. G.1997. Efeito da matéria orgânica e do superfosfato simples no crescimento e nutrição de mudas de bananeira (*Musa* sp.) cv. "Grand Naine" produzidas por cultura de tecidos. Dissertação de Mestrado. Lavras, UFLA. 63p.
- NICOLI, A. M. 1982. Influência de fontes e níveis de fósforo no crescimento e nutrição mineral do limoeiro "Cravo" (*Citrus limonia* Osbeck). Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 103p.
- OLIVEIRA, P. R. A. 2000. Efeitos do fósforo e zinco na nutrição e crescimento de mudas de mamoeiro e mangabeira. Tese de Doutorado. Lavras, UFLA. 184p.
- OLIVEIRA, P. R. A. 1986. Efeito do superfosfato simples e do calcário dolomítico na formação de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L. cv. Solo). Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 110p.
- OLSEN, S. R. 1972. Micronutrient interactions. In: Mortvedt, J.J.; Giordano, P. M.; Lindsay, W.L., eds. Micronutrient in Agriculture. Soil Science Society of América. pp.243-264.
- PEIXOTO, J. R. 1986. Efeito da matéria orgânica, superfosfato simples e cloreto do potássio na formação de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims.). Dissertação de Mestrado

- Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras, ESAL. 101p.
- RAIJ, B. van. et al, eds. 1996. (Eds.) Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2^a edição. Campinas, Instituto Agronômico e Fundação IAC. Boletim Técnico, n°100. 285p.
- ROCHA, A. C. da. 1987. Efeito da matéria orgânica e do superfosfato simples na formação de mudas do mamoeiro (*Carica papaya* L. cv. Solo). Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 52p.
- RODRIGUES, M. G. V. 1995. Efeito do calcário dolomítico e superfosfato simples na formação de mudas de bananeira (*Musa* sp.) cv. Mysore (AAB), obtidas “in vitro”. Dissertação de Mestrado. Lavras, UFLA. 65p.
- RUGGIERO, C. et al. 1996. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília, EMBRAPA-SPI. Publicações técnicas FRUPEX, n° 19. 64p.
- SEABRA FILHO, M. 1994. Efeito de composições e superfosfato simples no crescimento e nutrição de mudas de bananeira cv. Nanicão obtidas por propagação rápida “in vivo”. Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 103p.
- SINGH, J. P.; KARAMANOS, R. E.; STEWART, J. W. B. 1986. Phosphorus-induced Zinc in Wheat on Residual Phosphorus Plots. *Agronomy Journal* 78: 668-674.
- SOUTO, R. F. 1993. Métodos de aplicação e doses de superfosfato simples no limoeiro (*Citrus limonia* Osbeck cv. Cravo) em viveiro. Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 75p.
- SOUZA, C. A. S. de. et al. 1998. Efeito do fósforo e do zinco no crescimento e nutrição de mudas de acerola (*Malpighia glabra* L.). In Congresso Brasileiro de Fruticultura, 5, 1998. Poços de Caldas, Minas Gerais. pp.52.
- SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. S. 2001. Melhoramento ambiental e sócio-economia. In Dias, L. A. S. Melhoramento Genético do Cacaueiro. Viçosa, FUNAPE, UFG. 578p.
- VALE, F. R. do; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de. 1994. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras, ESAL/FAEPE. 171p.
- VICENTINI, S. 1995. Efeito de doses e intervalos de aplicação de MAP no crescimento de mudas de bananeira cv. Grand Naime obtidas “in vitro”. Dissertação de Mestrado. Lavras, UFLA. 99p.
- VILELA, E. de A.; RAMALHO, M. A. P. 1979. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática (Brasil)* 3 (1): 71-72.
- YEAGER, T. H.; WRIGHT, R. D. 1984. Response of *Ilex crenata* Thumb. Cv. Helleri to superphosphate-incorporated pine bark. *Hortscience* 19 (7): 823-826.
- ZONTA, E.; MACHADO, A. A.; SILVEIRA, P. 1984. Sistema de análise estatística para microcomputadores – SANEST. Pelotas, UFPEL (Disquete).

DOSES DE FÓSFORO E ZINCO NO ACÚMULO DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM MUDAS DE CACAUEIRO

Carlos Alberto Spaggiari Souza¹, Fernando Luiz de Oliveira Corrêa², Vander Mendonça³, Marcelo Vichiato³ e Janice Guedes de Carvalho⁴

¹CEPLAC/CEPEC/ESFIP, Caixa Postal 102, 29900-180, Linhares, Espírito Santo, Brasil. E-mail: spaggiari@cepec.gov.br; ²CEPLAC/ESTEX-OP, Caixa Postal 11, 78950-000, Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil E-mail: floc@uronet.com.br. ³UFLA, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: vander@ufla.br e vichiato@ufla.br; ⁴Bolsista CNPq - UFLA, 37200-000, Lavras, Minas Gerais. E-mail: janice@ufla.br

Objetivando estudar o efeito de doses de fósforo e de zinco no acúmulo de macro e micronutrientes na raiz e na parte aérea de mudas de cacau (Theobroma cacao L.), conduziu-se um experimento em casa de vegetação, localizada no Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras-UFLA, utilizando-se mudas oriundas de sementes. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 3 + 1, constituído de duas plantas por parcela, com quatro repetições. Os fatores consistiram de quatro doses de fósforo (0; 150; 300 e 450 mg.dm⁻³ de P), na forma de superfosfato triplo, zinco nas doses de (0; 5 e 10 mg.dm⁻³), na forma de sulfato de zinco e um tratamento adicional, constituído do substrato normalmente utilizado pelo cacauicultor. Após 120 dias, as mudas foram colhidas, sendo avaliadas as quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na massa seca da raiz e parte aérea. Os tratamentos com fósforo e zinco proporcionaram efeitos diferenciados no acúmulo de macro e micronutrientes, em ambas as partes da planta. Na massa seca da raiz, houve interação entre as doses de fósforo e zinco adicionadas ao substrato, resultando num efeito significativo F ($p < 0,01$) no acúmulo dos micronutrientes B, Cu, Fe, não havendo interação das doses de fósforo e zinco usadas, no acúmulo de macronutrientes nas raízes. Na massa seca da parte aérea de mudas de cacau, houve interação F ($p < 0,01$) das doses de fósforo e zinco usadas no acúmulo de Mg, S, B, Fe, Mn e Zn. As doses de fósforo isoladamente influenciaram o acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn, na massa seca da raiz, e o acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca e Mn na parte aérea de mudas de cacau. As doses de zinco isoladamente influenciaram F ($p < 0,05$) no acúmulo de P, K, Mg, Mn e Zn na massa seca da raiz. Para a massa seca da parte aérea, as doses de zinco isoladas não influenciaram nenhum nutriente avaliado e o micronutriente Cu na massa seca da parte aérea, não teve influência de nenhum dos tratamentos. O tratamento adicional (terriço) apresentou maior acúmulo de N, Fe e Mn na massa seca da raiz e maior acúmulo de Fe e Mn na massa seca da parte aérea de mudas de cacau em comparação com os tratamentos adubados com doses de fósforo e zinco.

Palavras-chave: Cacau, *Theobroma cacao* L, interação P/Zn, nutrição mineral.

Doses of phosphorus and zinc in the accumulation of macro and micronutrients in cocoa seedlings. Aiming to study the effect of doses containing phosphorus and zinc in the accumulation of macro and micronutrients in the root and shoot of cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.). An experiment was conducted under greenhouse conditions in the Department of Soil Science of the Universidade Federal de Lavras – UFLA, by making use of seedlings coming from seeds. The experimental design utilized was in randomized blocks in 4 x 3 + 1 factorial scheme, made up of 2 plants per plot with four replications. The factors consisted of 4 doses of phosphorus (0; 150; 300 and 450 mg.dm⁻³ of P) in the form of triple superphosphate and zinc at the doses of (0; 5 and 10 mg.dm⁻³) in the form of zinc sulfate. As an additional, treatment (layer 0-20cm) made by the substrate usually used by the cocoa producer. After 120 days, the seedlings were collected; the accumulated amounts of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn in the dry matter of the root and shoot being evaluated. The phosphorus and zinc treatments provided distinguished effects in the macro and micronutrient accumulation in the root and shoot dry matter of cocoa seedlings. In the dry root matter, the addition of different doses of phosphorus and zinc presented a significant effect F ($p < 0.01$) on the micronutrients accumulation (B, Cu e Fe), without significant having interaction among the doses of phosphorus and zinc used at the accumulating of macronutrients. In the dry part of the seedlings of cocoa's shoot were interaction F ($p < 0,01$) of phosphorus and zinc doses used at the accumulation of Mg, S, B, Fe, Mn and Zn. The phosphorus doses isolated have influenced in the accumulation of nutrients N, P, K, Ca and Mn in the shoot part cocoa's seedlings. The effects of the doses of zinc only presented significance F ($p < 0.05$) in the accumulation of P, K, Mg, Mn and Zn at the dry root matter. The micronutrient Cu at the dry shoot matter hadn't influenced at all the treatment. The additional treatment (brushwood humus) was superior in the accumulation of N, Fe and Mn in the dry root matter and Fe and Mn in the dry shoot matter; as compared with the doses of phosphorus and zinc added.

Key words: cocoa, *Theobroma cacao* L; P/Zn interaction; mineral nutrition.

Introdução

O cacaueiro é uma cultura perene, arbórea, típica de clima tropical e nativa da região de floresta tropical úmida da América Latina, onde vegeta no sub-bosque. Essa planta é cultivada comercialmente por várias décadas (Souza e Dias, 2001) e, a produção de uma muda de qualidade superior é um fator decisivo na formação de um plantio comercial e em seu sucesso econômico, uma vez que a erradicação de mudas mal formadas ou a escolha dos clones incorretos implicam sempre em enormes prejuízos financeiros para o agricultor. A muda em um cultivo perene é a base de toda a lavoura e, todos os anos o Brasil perde milhares de toneladas de amêndoas de cacau, em função de mudas mal formadas ou com problemas fitossanitários ocorridos na fase de viveiro, que só se manifestarão no campo, alguns anos após o plantio.

A produção de mudas de cacaueiro seminais ou clonais, de um modo geral é feita de forma a não observar as tecnologias existentes, o que resulta em mudas mal formadas e em plantios que não atingem o potencial produtivo máximo da variedade ou clone cultivado. Problemas como o uso de materiais genéticos não recomendados para a região, substratos sem a adubação adequada, falta de sombreamento ou sombreamento excessivo das mudas, produção de mudas de cacau debaixo de árvores de sombra, ataque de pragas e doenças e uso inadequado de adubações foliares que promovem um maior crescimento da parte aérea, em detrimento do sistema radicular, causam problemas muitas vezes limitantes à cultura.

Quanto à adubação do substrato, para produção de mudas de cacau, Cabala et al. (1974) já recomendavam a utilização de fertilizantes, principalmente, quando havia necessidade de grandes quantidades de mudas para implantação ou renovação de cacauais. Esses autores afirmaram que a fertilização do substrato, proporcionava um melhor desenvolvimento das plantas e antecipava o seu transplantio para o campo. Em 1974, a recomendação era de 100g de torta de cacau para 2,5 a 3,0 kg de solo, incorporados 60 dias antes do plantio das sementes. Em locais onde não havia disponibilidade de torta de cacau, aplicar 2,0 g da mistura contendo 50% de fosfato diamônio (DAP) e 50% de sulfato duplo de potássio e magnésio para os mesmos 2,5 a 3,0 kg de solo. Recomendavam ainda esses autores, misturar terriço com areia na proporção 1:2; e os solos que pareçam pela vegetação e “outros fatores”, ser de boa fertilidade, as recomendações preconizadas, eram dispensadas.

Outras recomendações para adubação do substrato, preconizam usar para o enchimento das sacolas de

polietileno, “terriço” de boa qualidade com textura leve e rico em matéria orgânica, correspondendo à camada superficial (0-20 cm) de uma área de mata nativa, capoeira, ou então, uma área cultivada com cacau há muitos anos (Gramacho et al., 1992). Esterco de bovino ou resíduos orgânicos, na proporção de duas partes do esterco para dez de terra são as recomendações de Gramacho et al. (1992). Na ausência de esterco ou composto orgânico, esses autores recomendam a “torta de cacau” que deverá ser adicionada ao solo, dois meses antes do plantio das sementes, na quantidade de 33,33 kg por tonelada de terra. Pode se ainda enriquecer o solo para o enchimento das sacolas, com quatrocentos gramas da fórmula NPK (10-31-21), por tonelada de terra. Ainda, quando se trata de solos menos férteis ou coletados até 80 cm de profundidade, recomenda-se a adição de 3 a 5 % de resíduos orgânicos, bem decompostos, em termos de volume e mais 1 kg da fórmula NPK (10-31-21) por tonelada de terra (Cabala et al., 1988 e Cabala et al., 1989).

Malavolta (1997) comenta que boas mudas de cacaueiro têm sido obtidas, quando se utiliza o seguinte substrato: 100 kg de esterco de curral curtido e peneirado; 5 kg de superfosfato simples; 2 kg de calcário dolomítico; 50 gramas de cloreto de potássio; 30 gramas de micronutrientes misturados (5 g de ácido bórico + 2 g de sulfato de cobre + 13 g de sulfato ferroso + 7 g de sulfato magnesiano + 3 g de sulfato de zinco); 900 kg de terriço de mato peneirado. Silva Neto, et al. (2001), no sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira recomendam que o terriço deve ser retirado da manta superficial, ou seja, até 20 cm de profundidade de solos ocupados com mata primária ou secundária. E se for coletado a maior profundidade, o substrato deve ser misturado da seguinte forma: 700 L de terra de subsolo, acrescido de 300 L de esterco de galinha + 5,0 kg de Yoorin Máster + 2,0 kg de calcário dolomítico + 0,5 kg de cloreto de potássio.

Numa recomendação mais recente para a região cacaueira do sul da Bahia, Chepote et al. (2005) preconizam que para enchimento dos sacos plásticos, visando à formação das mudas, o solo deve ser coletado entre 0 e 40 cm de profundidade. Comentam também, que devem ser misturados resíduos orgânicos bem decompostos, tais como: esterco bovino e/ou composto de casca do fruto ou testa da amêndoa de cacau, na proporção de 4:1 (terriço: resíduo orgânico). Também se recomenda adicionar para cada m³ de substrato, 5 kg de superfosfato simples, 200 g de FTE NEW Centro Oeste®, 500 gr de cloreto de potássio e 1 kg de calcário dolomítico. O calcário deverá ser adicionado com antecedência mínima de 30 dias, aos fertilizantes.

Verifica-se que não há uma preocupação com os diferentes tipos de solos existentes nas diversas regiões

que cultivam cacau no Brasil. Embora, haja uma grande diversidade de solos, nas regiões cacaueiras brasileiras, que vão desde os solos, cobertos com a Mata Atlântica, Floresta Amazônica, solos aluviais das bacias dos grandes rios, até solos de tabuleiro cuja fertilidade é muito baixa, a recomendação para adubação do substrato, não contempla essa diversidade.

Os solos tropicais e consequentemente os brasileiros são deficientes em fósforo, fazendo com que mesmo sendo um dos macronutrientes exigidos em menor proporção pelos vegetais, é o nutriente aplicado em maiores quantidades nas adubações realizadas no Brasil. Este fato relaciona-se com a baixa disponibilidade nos solos brasileiros, grande capacidade de adsorção pelos colóides do solo, aliada à sua forte tendência de reagir com outros elementos como o ferro, o zinco, o alumínio e o cálcio dentre outros, formando compostos de baixa solubilidade. A sua aplicação assume primordialmente o papel de satisfazer a exigência do solo, mediante a adição de quantidades várias vezes superior às exigidas pelas plantas, saturando os componentes responsáveis pela fixação (Furtini Neto et al., 2001).

O nutriente fósforo (P) está envolvido em todo o metabolismo das plantas. Conforme apresentado por Epstein e Bloom (2006), diferente dos ânions do nitrogênio e do enxofre, o fósforo do fosfato não passa por troca de valências em seus múltiplos papéis na bioquímica das plantas: o fósforo permanece pentavalente tanto como fosfato (PO_4^{3-}), como pirofosfato ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$). A absorção de P ocorre na sua maioria, por um processo de difusão, além de poder ser adsorvido por partículas do solo, podendo também alcançar as raízes das plantas durante o ciclo metabólico (Shenk e Barber, 1979). A medida que diminui a concentração na superfície radicular, a difusão ressurpe o P absorvido pelo vegetal (Barber, 1995).

Dentre os papéis fundamentais do fósforo na vida das plantas, destaca-se a sua participação nos compostos ricos em energia, cujo exemplo mais comum é o trifosfato de adenosina, ATP, produzido nas reações de fosforilação oxidativa e da fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2004). O fósforo atua na fotossíntese, na respiração, no armazenamento de energia, na divisão celular, no crescimento das células (Lopes, 1989). Faz parte de moléculas grandes ou grupamento de moléculas como DNA, RNA e o fosfolipídio das membranas. É um transportador de substratos, como na glicose fosfato e muitas coenzimas. Participa também da sinalização celular, como inositol trifosfato e modifica proteínas irreversivelmente (Epstein e Bloom, 2006). Nas plantas superiores, o P é armazenado no vacúolo, na forma de Pi (fósforo inorgânico), o qual representa 85 a 95% do P total encontrado nas plantas com adequado suprimento (Marschner, 1995).

No levantamento da fertilidade do solo, nas regiões cacaueiras da Bahia, Cabala et al. (1969), usando o milho ou feijão como plantas indicadoras encontraram aumentos na produção de biomassa, em mais de 90% dos ensaios para a aplicação de fósforo. Deficiência generalizada de fósforo, em 20 unidades de solos aptas para o plantio do cacaueiro, de solos representativos dos pólos cacaueiros da Amazônia brasileira, também foi encontrada por Neves et al., (1982). Da mesma forma, respostas generalizadas para o fósforo, foram observadas por Santana et al. (1981), em várias unidades de solos do Projeto Ouro Preto, em Rondônia – RO. Outros trabalhos conduzidos em várias regiões produtoras de cacau do mundo evidenciaram também, a importância desse nutriente para o cultivo do cacaueiro (Egbe e Omotoso, 1971; Ahenkorah e Akrofi, 1971; Cabala, Santana e Miranda, 1976; Morais, Santana e Chepote, 1978; Morais, Santana e Santana, 1981; Cabala, Santana e Miranda, 1982; Teoh, Chang e Chang, 1984). Dentre os elementos minerais, Gama - Rodrigues (2004) cita que o P seria o fator nutricional mais limitante à produção de cacau nos solos tropicais muito intemperizados e argilosos, como ocorrem na maioria dos solos das regiões cacaueiras brasileiras.

Diversos trabalhos, envolvendo o uso de diferentes fontes de fertilizantes fosfatados, ressaltam a importância do fornecimento de fósforo às plantas, durante a fase de formação das mudas de algumas espécies frutíferas como, aceroleira (Corrêa et al. 2002) e cacaueiro (Silva et al., 2006). O fornecimento adequado de P às mudas proporciona excelentes respostas, tanto a nível radicular como da parte aérea, no início do crescimento das plantas. Um substrato deficiente em P ocasiona um crescimento reduzido ou menor das raízes e da parte aérea, sendo necessária a suplementação com fertilizantes fosfatados, os substratos deficientes neste nutriente (Yager e Wright, 1984). Cabala Rosand e Mariano (1985), trabalhando com as cultivares de cacau SIC 831 x Sca 6, SIC 864 x SIC 328, SIC 823 x ICS 1, SIC 831 x IMC 67 e “Catongo” em casa-de-vegetação, observaram uma estreita relação entre absorção de P e a extensão do sistema radicular.

Dentre os micronutrientes necessários aos vegetais, o zinco e o boro são os elementos cujos sintomas de deficiência são mais freqüentes, devido às pequenas quantidades presentes deste elemento na litosfera. Malavolta (1997) comenta que o cacaueiro parece ser uma cultura muito exigente em zinco, uma vez que o teor adequado de zinco nas folhas desse cultivo é várias vezes superiores ao do cafeiro. Comenta também, que a aplicação de zinco aumentou o teor foliar do nutriente e a produção praticamente dobrou, num cultivo de cacau em “cabruca”. Deficiências de zinco no cultivo do cacaueiro têm sido relatadas na África Ocidental, República Dominicana e no

Brasil. No Brasil, a deficiência tem ocorrido principalmente, em plantações novas formadas sobre Latossolos distróficos e Argissolos distróficos da Região cacauíra do sul da Bahia (Chepote et al., 2005). Cabala, Santana e Santana (1989), citam também que devido ao baixo poder tampão dos solos da região cacauíra da Bahia, é frequente a ocorrência de deficiências de zinco e ferro induzidas pela elevação de pH quando se aplica calcário dolomítico, mesmo em doses não muito elevadas, tais como, 1.000 a 2.000 kg ha⁻¹. Respostas em produção no cacauíro, com a aplicação do nutriente zinco, são relatadas por Cabala, Santana e Santana (1989) e Baligar e Fageria (2005).

O zinco atua em conjunto com outros nutrientes na síntese de proteínas, uma vez que muitas enzimas requerem o íon zinco (Zn^{2+}) para suas atividades e, está também envolvido em reações redox (Taiz e Zaiger, 2004 e Marenco e Lopes, 2005). Em outras enzimas, o zinco é um componente integral da proteína, mas não está próximo do sítio ativo. Geralmente, em tais circunstâncias, o zinco se liga ao enxofre em quatro cisteínas (Epstein e Bloom, 2006). Diferente dos demais metais pesados como cobre, ferro e manganês, o zinco é um cátion divalente, Zn^{2+} , que não passa por trocas de valência e, consequentemente, não tem atividade redox (Epstein e Bloom, 2006). Mais de 80 proteínas contendo zinco foram descritas (Bowen, 1979).

O zinco tem apresentado interação com o nutriente fósforo, tanto em nível de solo, como a nível de planta. Essa interação constitui-se no exemplo clássico da interferência de um nutriente sobre o outro. Segundo Olsen (1972), os estudos sobre a interação entre fósforo e o zinco iniciaram-se em 1936, que foi usualmente definida como uma deficiência de zinco induzida pelo fósforo, sendo esta uma função da elevada disponibilidade de fósforo nos solos, decorrente das adubações, as quais podem induzir a sua deficiência nas plantas, podendo esta ser prevenida ou corrigida pela fertilização com zinco. Este autor cita que diversas causas estão envolvidas na caracterização da interação entre o fósforo e o zinco, destacando-se quatro possíveis causas como as mais importantes, como:

a) a interação P x Zn no solo; A interação fósforo x zinco em nível de solo é descrita com propriedade por Yamada & Vitti (2004), no capítulo “fósforo no solo e interação com outros elementos”. Cabala, Miranda e Santana (1982) estudando doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, em cacauíros Catongo, em oito plantações representativas do Sul da Bahia, no período de 1971 a 1980, encontraram efeitos depressivos das doses de fósforo sobre o zinco. Viégas e Alves (1991) encontraram redução dos teores de zinco, com o aparecimento de sintomas de deficiência do elemento nas folhas da seringueira, quando se aumentaram as doses de superfosfato triplo nas covas de plantas de seringueira, em

um jardim clonal. Outro fator a ser considerado é que essa interação P x Zn é variável de espécie para espécie de planta, chegando em alguns casos a ser diferente dentro de cultivares de uma mesma espécie. Diferenças na absorção e utilização de fósforo entre variedades de cacau são apresentadas na literatura, conforme apresentado por Asomaning (1972), na Nigéria; Cabala e Mariano (1985), no Brasil.

b) a diminuição da taxa de translocação do zinco para a parte aérea; Em trabalhos conduzidos por Marschner e Cakmak (1986); Cakmak e Marschner (1986 e 1987), com os cultivos algodão e soja, respectivamente, os referidos autores encontraram aumento na absorção de zinco pelas raízes e redução da translocação desse elemento para a parte aérea das plantas sob concentração elevada de fósforo. Essa redução da translocação de zinco da raiz para a parte aérea da planta é explicada por Marschner (1995), pela compartimentalização do zinco nos vacúolos das células da raiz de alfafa.

c) simples efeito de diluição sobre a concentração de Zn na parte aérea devido ao crescimento em resposta à adição de fósforo. Oliveira (2000) encontrou interação entre fósforo e zinco nas características de crescimento, na altura, diâmetro e na nutrição em mudas de mamoeiro e mangabeira, e os incrementos nas doses de fósforo, propiciaram acréscimos na massa seca, promovendo o que o referido autor definiu como “efeito diluição” dos teores da maioria dos nutrientes. O mesmo efeito diluição em duas cultivares de trigo foi obtido por Zhu et al. (2001) e em alfafa por Villar (2003). O “efeito de diluição” pode ser definido como a taxa de crescimento que excede à taxa de absorção de um dado nutriente com o consequente decréscimo ou diluição da sua concentração no tecido vegetal, sendo em alguns casos citado como fator relevante da interação P x Zn (Singh et al., 1986).

d) a desordem metabólica do zinco em certos sítios celulares. Além destas, Loneragan et al. (1979) cita que naqueles casos em que não há redução na concentração de zinco nos tecidos vegetais devido à adição do fósforo, o aparecimento de sintomas que revelam um crescimento anormal das plantas poderia estar relacionado à toxidez de fósforo e não à deficiência de zinco, ou ambos os fenômenos ocorrendo simultaneamente.

Dante do exposto, verifica-se que os nutrientes fósforo e zinco são importantes para o cultivo do cacauíro e, que a interação fósforo x zinco é variável de espécie para espécie e de solo para solo, por esta razão, conduziu-se este experimento nas condições de casa-de-vegetação, usando um solo muito argiloso, com o objetivo de avaliar o acúmulo de macro e micronutrientes na massa seca da raiz e parte aérea de mudas de cacauíro, e verificar se há influência das diferentes doses de fósforo e zinco aplicadas, no acúmulo dos diferentes nutrientes determinados.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de casa-de-vegetação localizada no Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras-MG, no período de setembro de 1996 a março de 1997. A cidade de Lavras está situada a 21° 14' 06" de latitude Sul e 45° 00' 00" de longitude Oeste, e a uma altitude de 913 metros. De acordo com Vilela e Ramalho (1979), adotando-se os critérios propostos por Köppen, o clima da região é de transição entre Cwb e Cwa, temperatura suave (mesotérmico), caracterizado por inverno seco, com verões brandos e chuvosos, também denominado clima tropical de altitude.

O material utilizado constou de sementes de frutos maduros do híbrido comercial SIAL 169 (Seleção Instituto Agronômico do Leste) x ICS 1 (Imperial College Selection), oriundos de lavoura de polinização livre, localizada em Itabuna, Bahia. Após a retirada da mucilagem as sementes foram colocadas em bandejas plásticas, cujo substrato era vermiculita e posteriormente, repicadas para vasos plásticos com capacidade para 1,8 dm⁻³ de solo, sendo utilizado como substrato Latossolo Vermelho Distroférrico com 1,0 mg.dm⁻³ de fósforo e 1,2 mg.dm⁻³ de zinco (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi em Blocos Casualizados, em esquema fatorial 4 x 3 + 1 (um) tratamento adicional, sendo que esse adicional corresponde ao substrato padrão (terriço) utilizado pelo cacaueiro, para a produção de mudas. A parcela foi constituída de duas plantas, com quatro repetições. Os fatores consistiram de 4 doses de fósforo (0, 150, 300 e 450 mg.dm⁻³ de solo), na forma de superfosfato triplo finamente moído em grau e misturado ao solo, até completa homogeneização, e o zinco, em três doses (0, 5 e 10 mg.dm⁻³ de solo), na forma de sulfato de zinco. O sulfato de zinco foi dissolvido na água e aplicado via solução.

Foi efetuada calagem utilizando-se carbonato de cálcio (CaCO₃ p.a.), 20 dias antes da repicagem das plântulas, para elevar a saturação de bases do solo para 60%, conforme recomendação de Raij et al. (1997). Optou-se pela utilização de carbonato de cálcio, em função da relação Ca:Mg do solo ser de 2:1, conforme dados apresentados

na Tabela 1. Após a calagem, o solo recebeu água até a capacidade de campo e foi coberto para que o calcário reagisse com a solução do solo.

Após a repicagem das mudas, efetuou-se adubação de plantio com os seguintes nutrientes: N (400 mg.dm⁻³ de solo); K (200 mg.dm⁻³ de solo); Mg (36,0 mg.dm⁻³ de solo); Cu (1,5 mg.dm⁻³ de solo); Mo (0,1 mg.dm⁻³ de solo) e B (0,5 mg.dm⁻³ de solo). Os nutrientes N e K foram aplicados parceladamente em quatro dosagens, sendo a primeira na repicagem das mudas e as demais 30, 70 e 120 dias após, com sulfato de amônio ou uréia, alternadamente, e cloreto de potássio.

A umidade dos recipientes foi mantida em torno de 60% do V.T.P. (volume total de poros), com aplicações de água desmineralizada, sendo o controle efetuado por pesagens diárias dos recipientes.

A colheita das plantas foi realizada 120 dias após o plantio das mudas nos recipientes e, em seguida, foram colocadas para secar em estufas a 60°C até obtenção de peso constante, sendo posteriormente avaliadas as quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, na massa seca da raiz e parte aérea, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Os extratos da massa seca dos tecidos foram obtidos mediante digestão nitroperclórica, exceto para o boro, que foi por incineração da amostra e determinação por colorimetria (método da curcumina). As concentrações dos outros elementos foram assim determinadas: Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica, P por colorimetria, K por fotometria de chama, S por turbidimetria. Os teores de N foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl.

As características estudadas foram submetidas à análise de variância, e posteriormente aos estudos de regressão polinomial, cujas equações foram ajustadas às quantidades acumuladas de macro e micronutrientes determinados, na massa seca da raiz e parte aérea de mudas de cacaueiro. As análises de variância, bem como, as equações de regressão ajustadas, foram efetuadas utilizando-se os programas estatísticos SANEST (Universidade Federal de Pelotas), conforme cópia apresentada por Sarriés, Oliveira e Alves (1992) e o programa estatístico SAEG (Universidade Federal de Viçosa), conforme cópia apresentada por Euclides (1983).

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo da (camada de 0-20 cm) utilizado no experimento com cacaueiro em Lavras - MG, realizado pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da UFLA-Lavras-MG.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	m	V	C	M.O.	S	B	Zn
H ₂ O	mg dm ⁻³					cmolc _c dm ⁻³				%			dag/kg		dag dm ⁻³	
5,0	1,0	16	8,0	4,0	1,0	23	12	13	35	7	35	0,7	1,3	6,38	0,08	0,8

pH em água, KCl e CaCl – Relação 1:2,5; P-K-Zn – Extrator Mehlich 1; H+Al – Extrator SMP; Ca-Mg-Al – Extrator KCl; B-Extrator-Extrator em água quente; S-Extrator – Fosfato monocálcio em Ácido Acético

Resultados e Discussão

As respostas encontradas para as doses de fósforo e zinco aplicadas, nas características de crescimento avaliadas nas plantas de cacaueiro, deste experimento, são apresentadas por Corrêa et al. (2006).

Efeito dos Tratamentos no Acúmulo de Macronutrientes

O aporte de diferentes doses de fósforo e de zinco ao substrato proporcionou efeitos diferenciados no acúmulo de macro e micronutrientes na massa seca da raiz e parte aérea de mudas de cacaueiro. Na massa seca da raiz, as doses de fósforo tiveram um efeito significativo F ($p < 0,01$) no acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S. Já o efeito das doses de zinco só teve significância F ($p < 0,05$) no

acúmulo de P, K e Mg na massa seca da raiz. Na massa seca da parte aérea, as doses de fósforo tiveram um efeito significativo F ($p < 0,01$) no acúmulo dos macronutrientes N, P, K, Ca e interação com o zinco no acúmulo de Mg e S.

As quantidades acumuladas de nitrogênio na raiz e parte aérea de mudas de cacaueiro foram decrescentes em resposta às aplicações de fósforo e a resposta ajustou-se a um modelo com comportamento linear para o acúmulo do nitrogênio na raiz, sendo que na ausência do fósforo o acúmulo de nitrogênio na raiz teve seu maior valor (1,96 dag.kg⁻¹) e quadrático para o acúmulo na parte aérea que também teve maior acúmulo na ausência do fósforo (Figura 1A). Nas aplicações de zinco a resposta também se ajustou a um modelo com comportamento quadrático com um acúmulo máximo de 1,81 dag.kg⁻¹ na dose de 5 mg.dm⁻³ de zinco (Figura 3D). A utilização do substrato padrão

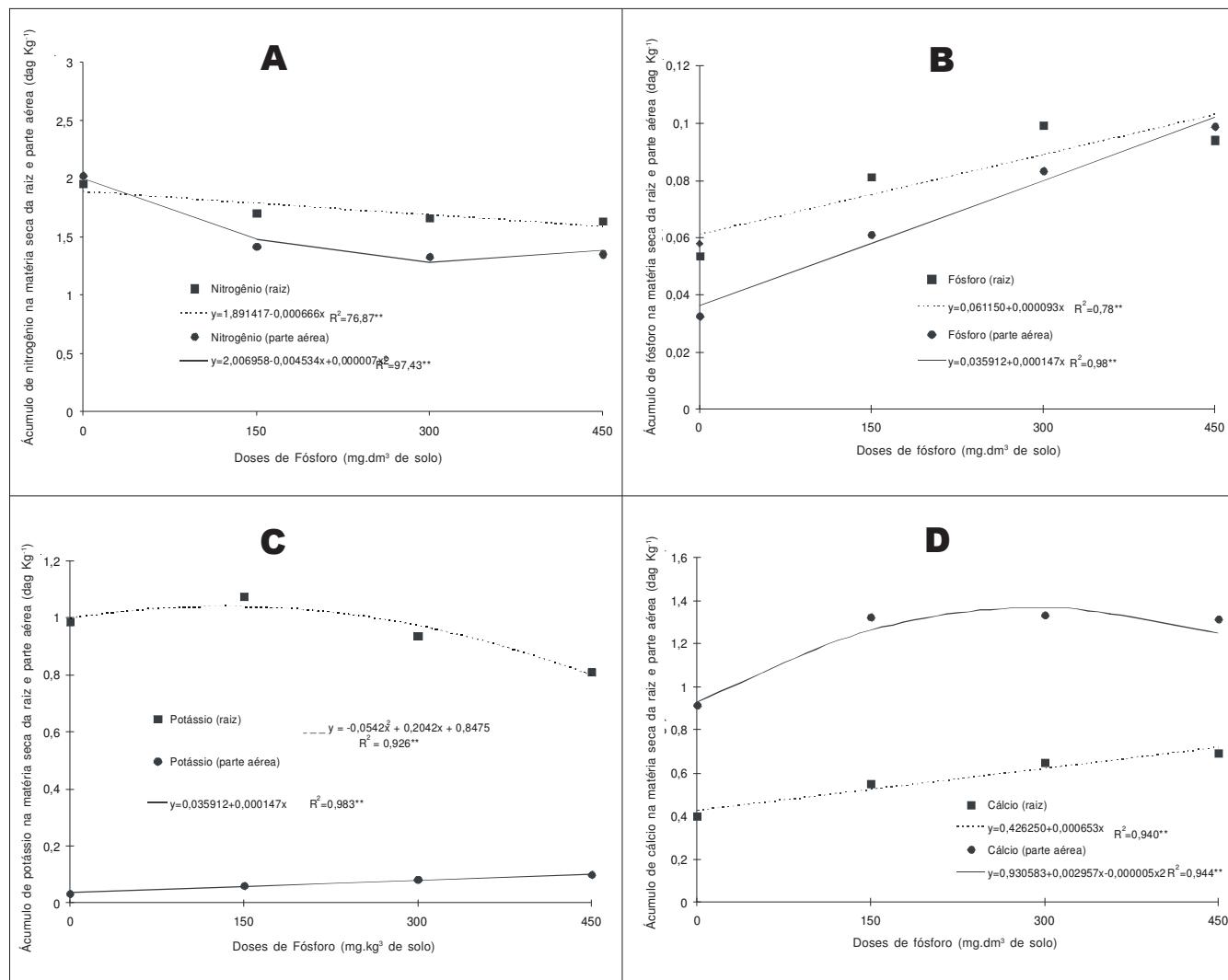


Figura 1. Equações de regressão para a quantidade de nutrientes, na parte aérea e raízes de mudas de cacaueiro, em função das doses de fósforo aplicadas ao substrato. (A) - quantidade de nitrogênio; (B) - quantidade de fósforo; (C) - quantidade de potássio; (D) - quantidade de cálcio.

utilizado pelo cacaueiro, para a produção de mudas (terriço) proporcionou maior acúmulo de nitrogênio na raiz ($2,55 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$) em comparação a utilização do fósforo e do zinco, porém, a utilização deste mesmo substrato proporcionou menor acúmulo de nitrogênio na parte aérea ($1,55 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$). Conforme descrito por Cabala et al. (1989), aplicações de nitrogênio são responsáveis por grandes aumentos na produtividade do cacaueiro, só perdendo para o fósforo. O nitrogênio é o elemento mais exigido pelo cacaueiro em termos de quantidade. A produtividade das plantações só não é mais afetada pela deficiência de nitrogênio, graças a grande reciclagem de material vegetal que ocorre numa plantação adulta, em função do cacaueiro ser cultivado associado à outras plantas, e ao cultivo de leguminosas como sombra permanente ou provisória, em grandes áreas cacaueiras do mundo (Santana et al., 1982 e Santana e Santana, 1983).

Tanto as respostas para o acúmulo de fósforo na raiz como na parte aérea, se ajustaram a um modelo linear, com valor máximo de $0,094 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ e $0,099 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ para as quantidades acumuladas de fósforo na raiz e parte aérea com a maior dose de fósforo aplicada ($450 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Valores estes superiores aos proporcionados pelo terriço na raiz $0,05 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ e na parte aérea $0,06 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ (Figura 1B). Estas respostas no acréscimo nos teores de fósforo na massa seca da raiz e parte aérea de mudas de cacaueiro foram proporcionadas pelas crescentes adições dos mesmos no substrato utilizado na formação das mudas, aumentando sua disponibilidade na solução, proporcionando assim uma maior absorção pelas raízes, ocasionando aumentos deste macronutriente nos órgãos da planta. Estas respostas estão de acordo com Cabala et al. (1982; 1984 e 1989) e Corrêa et al., (2002) que utilizando estas mesmas doses de fósforo encontraram respostas lineares para o acúmulo do fósforo na folha e no caule de mudas de aceroleira. Silva et al., (2006), ao verificarem a resposta do cacaueiro a diferentes doses de fósforo em dois tipos de solo, encontraram que as plantas que não receberam fósforo tiveram seu crescimento reduzido no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) comparado ao Cambissolo (Cam) que apresenta menor capacidade tampão de fosfato, o que evidencia que quanto maior a disponibilidade de fósforo no solo, até certo limite, melhor será o desenvolvimento das plantas.

Na Figura 1, observa-se que o acúmulo de potássio na massa seca da raiz teve suas equações de regressão ajustada ao modelo de comportamento quadrático com o maior acúmulo de K ($1,05 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$) na dose $159,75 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ de fósforo. Já a resposta para o acúmulo de potássio na parte aérea ajustou-se a um modelo de comportamento linear com o maior acúmulo de K ($0,09$

$\text{dag}.\text{kg}^{-1}$) na dose $450 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ de fósforo. Em relação às doses de zinco no acúmulo de potássio, observa-se na Figura 3 que a resposta se ajusta ao comportamento quadrático em que o maior acúmulo que K na raiz foi alcançado na dose máxima de zinco ($3,89 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$). Tanto a utilização de fósforo quanto a utilização do zinco proporcionaram respostas superiores para o acúmulo de K (raiz e parte aérea) quando se compara com a utilização do terriço, cujo valor foi de $0,63 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ na raiz e $0,06 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ na parte aérea. Este aumento no acúmulo de potássio pode caracterizar em parte um consumo de luxo, provavelmente pelas altas concentrações de fósforo na solução do substrato, o qual em parte ficaria indisponível, favorecendo a absorção de potássio, e resistência das mudas ao acamamento.

As respostas do acúmulo de cálcio na raiz e parte aérea são apresentadas na Figura 1D, na qual se observa que na raiz houve um comportamento linear com o maior acúmulo de Ca ($0,69 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$) na dose $450 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ de fósforo, já na parte aérea observa-se que a resposta para o cálculo de Ca apresentou um comportamento quadrático onde a dose máxima de potássio ($295,7 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$) proporcionou acúmulo de Ca de $1,28 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$. Utilizando apenas o terriço o acúmulo de cálcio na massa seca da raiz e parte aérea foi de $0,34 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ e $0,59 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$, respectivamente. O aumento da quantidade acumulada de Ca pode ser em parte explicado pela aplicação no substrato do superfosfato triplo, o qual contém em sua composição química, em torno de 13% de cálcio, podendo assim ter contribuído para o aumento dos teores do mesmo na solução do substrato (Corrêa et al., 2002).

Verificou-se que as quantidades acumuladas de magnésio na raiz (Figuras 2A e 3B) sofreram variações em função das doses de fósforo e zinco. Em relação às doses de fósforo, as quantidades acumuladas de magnésio na raiz apresentaram um ajuste com comportamento linear crescente, com a melhor resposta para o acúmulo de magnésio na raiz ($0,329 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$) quando se aplicou a dose de $450 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ de P. Já analisando em relação as doses de zinco, a quantidade acumulada de magnésio apresentou um ajuste com comportamento quadrático, com a melhor resposta para o acúmulo de Mg na raiz ($0,298 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$) quando se aplicou a dose de $6,79 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ de Zn. Porém, quando se verifica as quantidades acumuladas de magnésio na parte aérea constata-se que houve interação entre fósforo e zinco, onde se observa que o maior acúmulo de magnésio ($0,372 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$) foi na interação de $0 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ de P com $5 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ de Zn. As quantidades acumuladas de magnésio em função da utilização do terriço foram de $0,15 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ e de $0,312 \text{ dag}.\text{kg}^{-1}$ respectivamente na massa seca da raiz e da parte

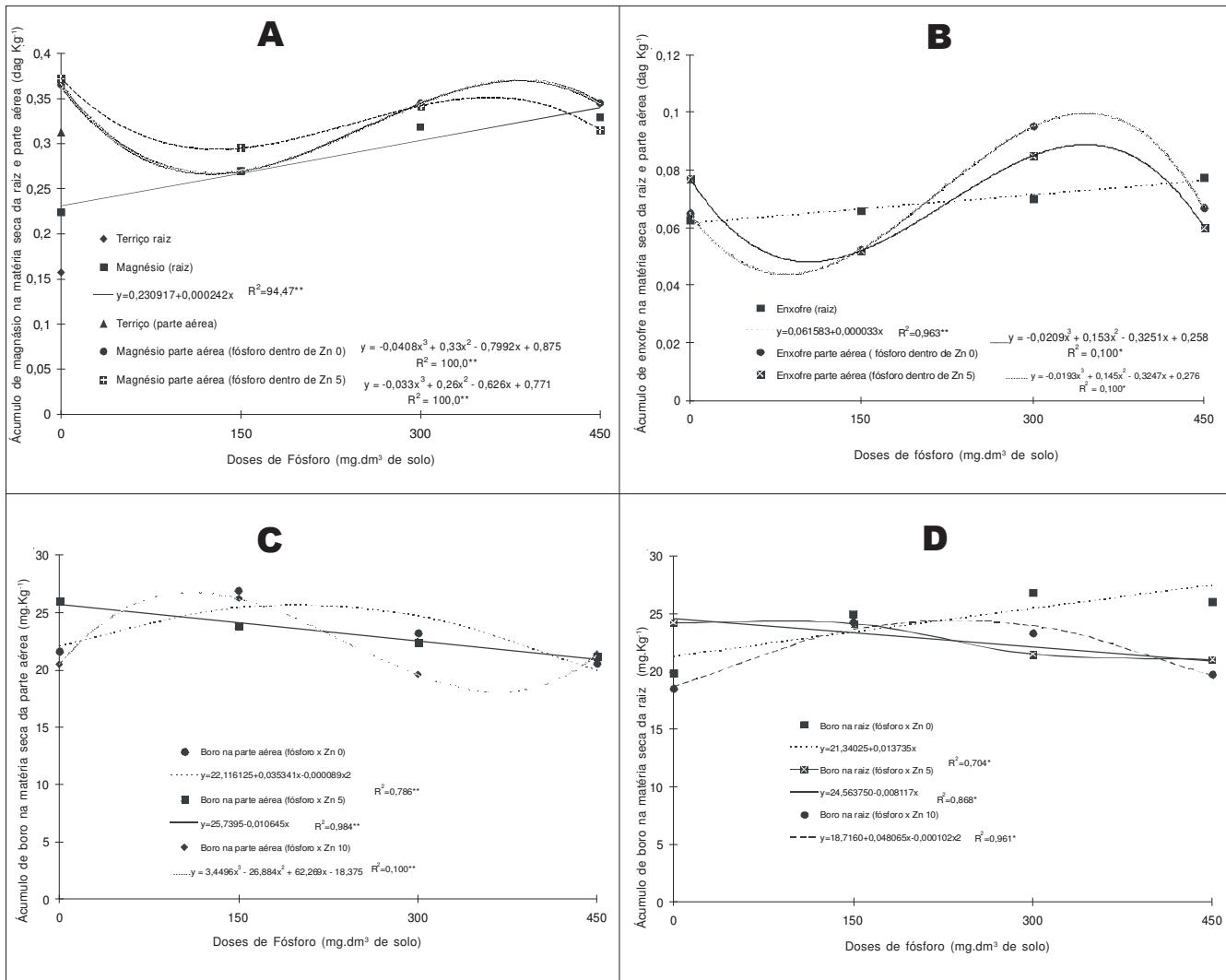


Figura 2. Equações de regressão para a quantidade de nutrientes, na parte aérea e raízes de mudas de cacaueiro, em função das doses de fósforo aplicadas ao substrato. (A) - quantidade de magnésio; (B) - quantidade de enxofre; (C)-quantidade de boro na massa seca da parte aérea; (D) -quantidade de boro na massa seca da raiz.

aérea. Estes nutrientes têm suma importância no desenvolvimento e na produção para as plantas, pois além de estar diretamente relacionado ao nutriente fósforo e ao metabolismo energético dos vegetais, é um dos componentes da molécula de clorofila (Malavolta, 1980).

O comportamento das quantidades acumuladas de enxofre na massa seca da raiz e parte aérea é apresentado na Figura 2B. Observa-se que o acúmulo de enxofre na raiz, ajusta-se de maneira linear, e a dose 450 mg.dm⁻³ de P é a que proporcionou o maior acúmulo de enxofre nas mudas de cacaueiro (0,078 mg.kg⁻¹). Já o acúmulo de enxofre na parte aérea sofreu variações em função da interação fósforo e zinco e a dose 300 mg.dm⁻³ de P e 0 mg.dm⁻³ de Zn foi a combinação que proporcionou maior acúmulo de enxofre na parte aérea (0,095 mg.kg⁻¹).

O enxofre juntamente com o nitrogênio é encontrado em compostos orgânicos, incluindo os aminoácidos, porém, enquanto o nitrogênio está presente em todos os aminoácidos, o enxofre participa apenas de dois, a metionina e a cisteína.(Epstein e Bloom, 2006). No entanto, nem por isso, o enxofre é menos importante que o nitrogênio. Ainda segundo esses mesmos autores, em muitas enzimas, o zinco é um componente integral da proteína, mas não está próximo do sítio ativo e nessas circunstâncias, o zinco se liga ao enxofre em quatro cisteínas. Como o crescimento depende da síntese de proteínas, que por sua vez depende da transcrição, essas considerações sugerem que na falta de zinco, há uma síntese inadequada de proteínas, que diminuem o crescimento das plantas deficientes neste micronutriente.

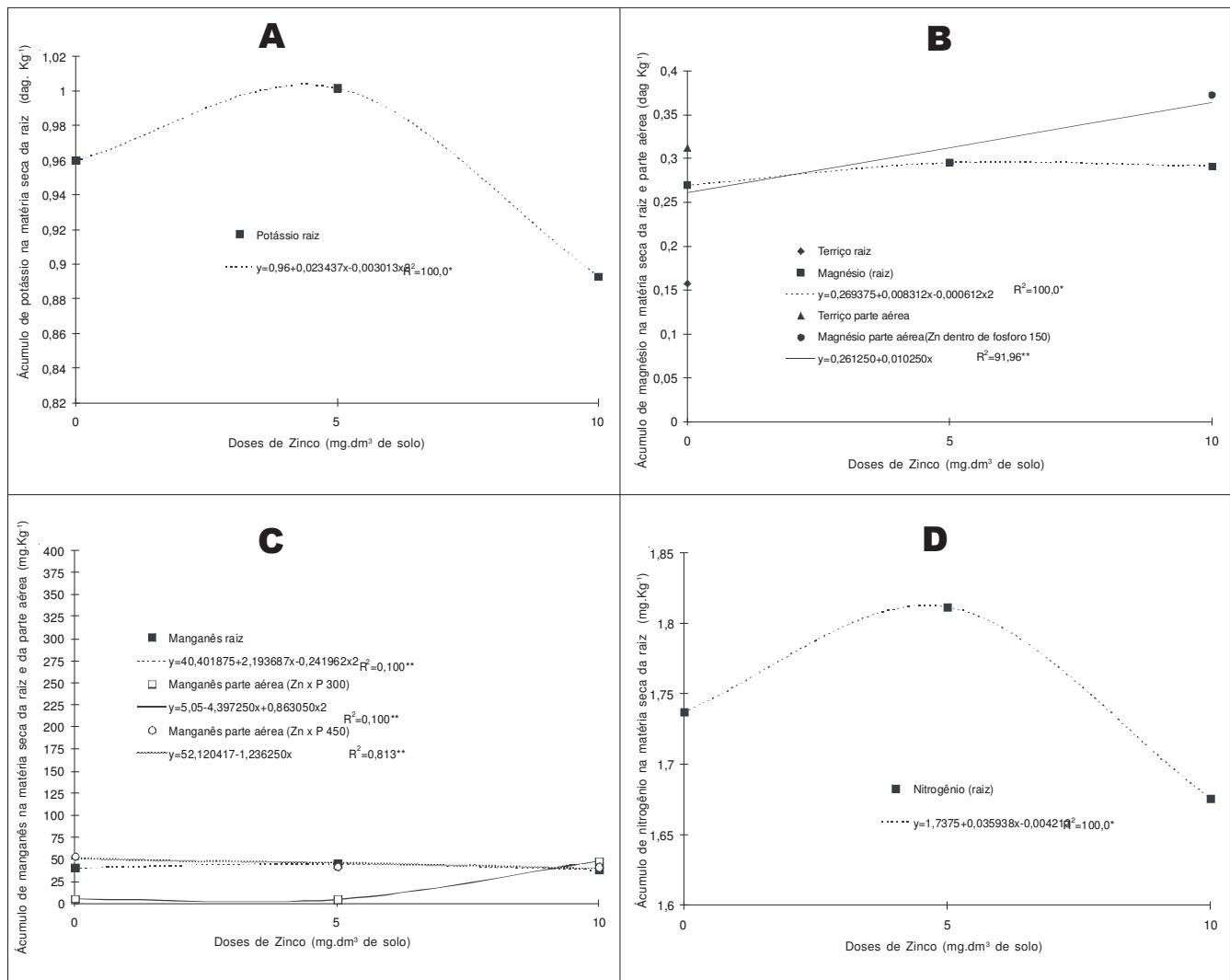


Figura 3. Equações de regressão para a quantidade de nutrientes, na parte aérea e raízes de mudas de cacaueiro, em função das doses de zinco aplicadas ao substrato. (A) - quantidade de potássio na raiz; (B) – quantidade de magnésio na raiz e parte aérea; (C) – quantidade de manganês na massa seca da raiz e parte aérea; (D) – quantidade de nitrogênio na massa seca da raiz.

Efeito dos tratamentos no acúmulo de micronutrientes

O aporte dos nutrientes fósforo e zinco influenciou no acúmulo dos micronutrientes B, Cu e Fe na massa seca da raiz e no acúmulo de B, Fe, Mn e Zn na parte aérea de mudas de cacaueiro. Já o acúmulo de Mn na massa seca da raiz foi influenciado pelo fósforo e zinco, isoladamente, e o Cu na massa seca da parte aérea não teve influencia de nenhum dos tratamentos.

O conteúdo de boro na raiz de mudas de cacaueiro sofreu influência da interação fósforo e zinco e a melhor resposta para o acúmulo do boro na raiz ($26,88 \text{ mg.kg}^{-1}$) foi na dose de 300 mg.dm^{-3} de P e 0 mg.dm^{-3} de Zn e o pior resultado para o acúmulo de boro na raiz ($18,51 \text{ mg.kg}^{-1}$) foi observado quando se utilizou a dose de 0 mg.dm^{-3} de

P e 10 mg.dm^{-3} de Zn (Figura 2D) embora, este valor tenha sido superior ao observado no tratamento adicional (terriço) que foi de $9,7 \text{ mg.kg}^{-1}$. Para as quantidades acumuladas de boro na parte aérea de mudas de cacaueiro a melhor resposta para o acúmulo do boro ($26,92 \text{ mg.kg}^{-1}$) foi na dose de 150 mg.dm^{-3} de P e 0 mg.dm^{-3} de Zn e o pior resultado para o acúmulo de boro na parte aérea ($19,62 \text{ mg.kg}^{-1}$) foi observado quando se utilizou a dose de 300 mg.dm^{-3} de P e 10 mg.dm^{-3} de Zn (Figura 2C). Já o acúmulo de boro na raiz quando se utilizou o tratamento adicional (terriço) foi de $15,91 \text{ mg.kg}^{-1}$. Esse efeito positivo no acúmulo de boro na raiz e parte aérea deve-se a sua concentração na solução do solo e, consequentemente, diminuindo a do fósforo (Malavolta et., 1997). Corrêa et al., (2002) também obtiveram respostas positivas no

acúmulo de boro com o aumento das doses de fósforo em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco.

Os tratamentos com fósforo e zinco não proporcionaram efeitos diferenciados no acúmulo de cobre na massa seca da parte aérea. Estes resultados discordam dos encontrados por Machado (1998) e Oliveira (2000), os quais detectaram a influência da interação entre doses de fósforo e zinco nas quantidades acumuladas de cobre em diversas partes das plantas: maracujazeiro-amarelo, mamoeiro, respectivamente, demonstrando que as plantas que apresentarem maior taxa de crescimento, apresentaram maior conteúdo de cobre na massa seca. Na Figura 4A, observa-se que o acúmulo de cobre na massa seca da raiz teve efeito da interação fósforo e zinco e que a melhor resposta para o acúmulo de cobre ($28,59 \text{ mg.kg}^{-1}$) foi na dose 0 mg.dm^{-3} de P e 0 mg.dm^{-3} de Zn onde a equação de

regressão se ajustou ao modelo de comportamento quadrático. O menor acúmulo para este micronutriente foi obtido na dose 450 mg.dm^{-3} de P e 10 mg.dm^{-3} de Zn. Sendo esta resposta inferior ao acúmulo observado no tratamento terriço ($16,29 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Na Figura 4B, observa-se que o acúmulo de ferro na massa seca da raiz teve sua equação de regressão ajustada ao modelo de comportamento cúbico com o maior acúmulo de Fe ($6692,75 \text{ mg.kg}^{-1}$) na dose 150 mg.dm^{-3} de fósforo e 0 mg.dm^{-3} de zinco, as demais interações não foram significativas. O menor acúmulo de Fe ($4892,51 \text{ mg.kg}^{-1}$) foi observado na dose 0 mg.dm^{-3} de fósforo e 0 mg.dm^{-3} de zinco, embora este valor tenha sido superior ao observado quando se utilizou o tratamento adicional (terriço) que foi de $4846,05 \text{ mg.kg}^{-1}$. Já a resposta para o acúmulo de ferro na parte aérea (Figura 4C) foi influenciada pela

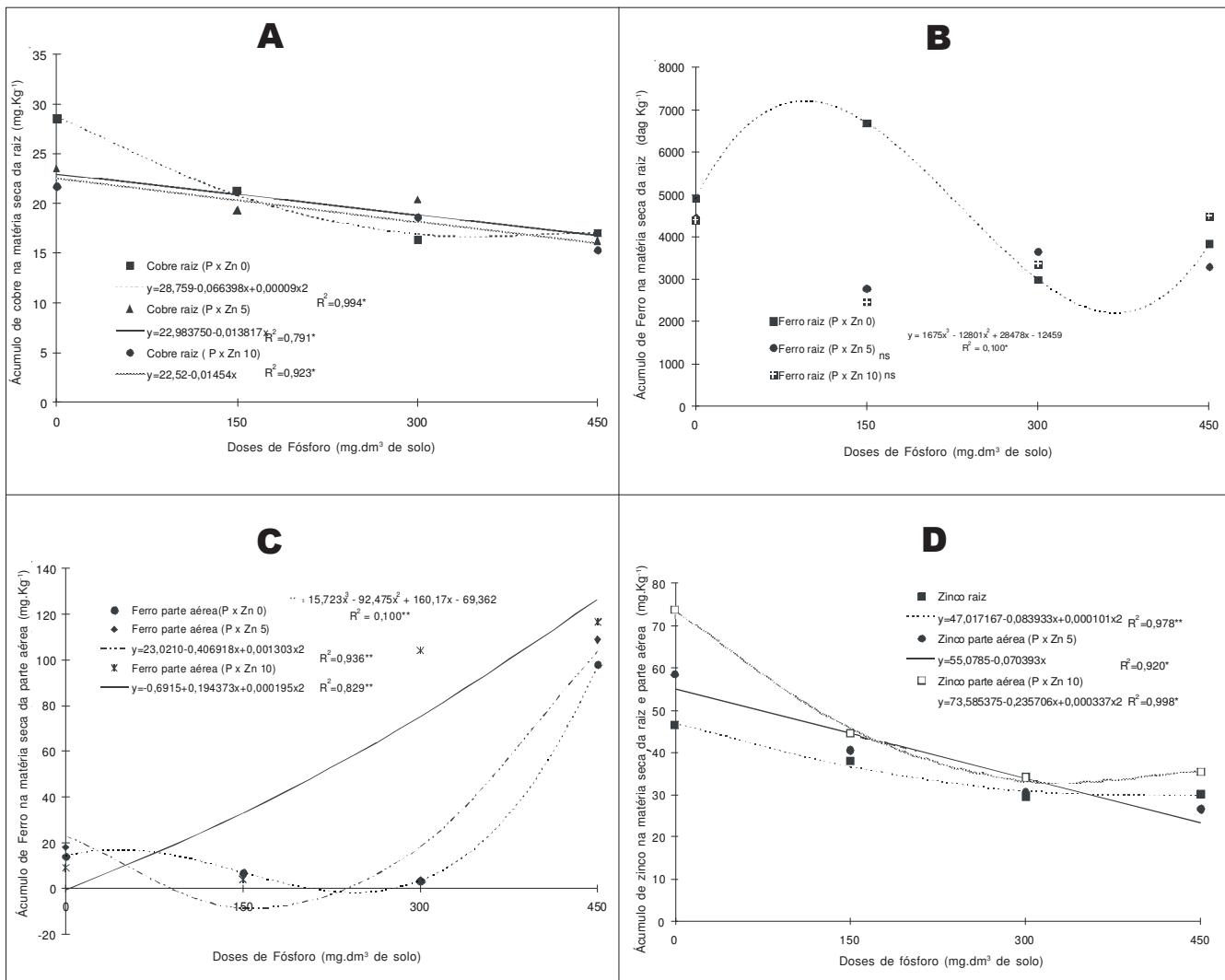


Figura 4. Equações de regressão para a quantidade de nutrientes, na parte aérea e raízes de mudas de cacaueiro, em função das doses de fósforo aplicadas ao substrato. (A) - quantidade de cobre na massa seca da raiz; (B) - quantidade de ferro na raiz; (C) - quantidade de ferro na massa seca da parte aérea; (D) - quantidade de zinco na massa seca da raiz e parte aérea.

interação fósforo e zinco e a melhor resposta foi na dose 450 mg.dm⁻³ de fósforo e 10 mg.dm⁻³ de zinco onde a equação de regressão ajustou-se a um modelo de comportamento quadrático. Para esta variável o tratamento adicional (terriço) apresentou melhor resposta (147,4 mg.kg⁻¹).

O comportamento do conteúdo de manganês na massa seca da raiz e parte aérea é apresentado na Figura 5. Observa-se que o acúmulo do manganês na raiz foi

influenciado pelo fósforo (Figura 5B) e pelo zinco (Figura 3C) de maneira isoladamente. Quando se avaliam as respostas, em função das doses de fósforo observa-se que houve um comportamento de maneira quadrática, e a dose 0 mg.dm⁻³ de P é a que proporcionou o maior acúmulo de manganês nas mudas de cacaueiro (57,99 mg.kg⁻¹). Já o acúmulo de manganês na massa seca da raiz em relação às doses de zinco (Figura 3C) teve a melhor

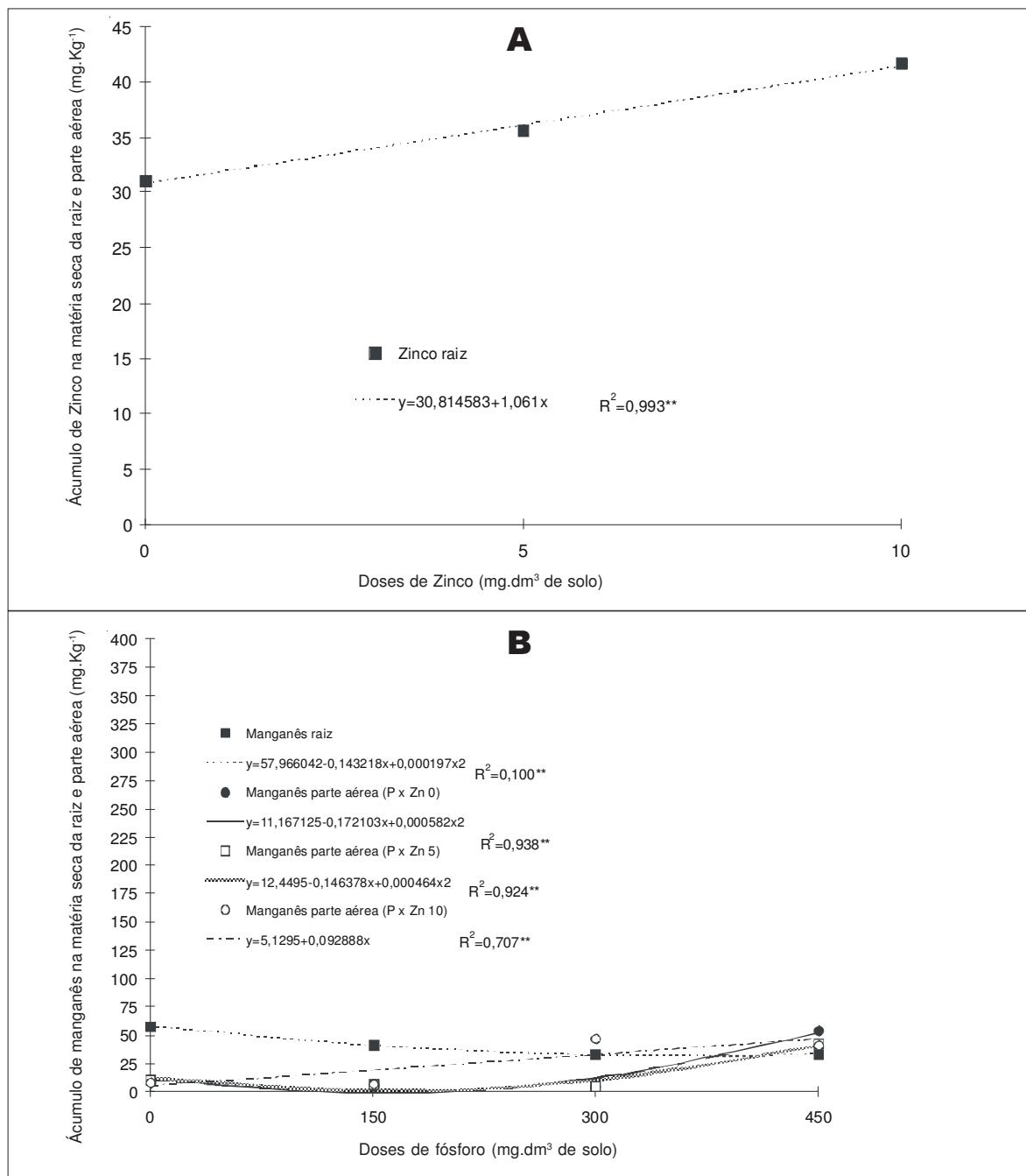


Figura 5 - Equações de regressão para a quantidade de zinco nas raízes, em função das doses de zinco aplicadas (A) e de manganês, na massa seca da parte aérea e raízes de mudas de cacaueiro, em função das doses de fósforo aplicadas ao substrato (B).

resposta quando se utilizou a dose de 5 mg.dm⁻³ de Zn. Em relação ao acúmulo de manganês na massa seca da parte aérea, de mudas de cacaueiro, observa-se na Figura 5B, que houve interação do fósforo e do zinco e que a melhor resposta (53,83 mg.kg⁻¹) foi obtida na dose 450 mg.dm⁻³ de fósforo e 0 mg.dm⁻³ de zinco. Tanto na massa seca da raiz como na massa seca da parte aérea o tratamento adicional (terriço) apresentou melhor resposta para o acúmulo de manganês em comparação com os tratamentos, onde houve aporte de fósforo e de zinco.

Observou-se que o acúmulo de zinco, na massa seca da raiz foi influenciado pelo aporte de fósforo e de zinco isoladamente (Figuras 4D e 5A). As respostas encontradas, em função das doses de fósforo aplicadas, apresentaram um comportamento quadrático e, a dose 0 mg.dm⁻³ de P, foi a que proporcionou o maior acúmulo de zinco (46,56 mg.kg⁻¹) na massa seca da raiz de mudas de cacaueiro. Já o acúmulo de zinco na massa seca da raiz, em relação às doses de zinco adicionadas ao substrato, apresentou comportamento linear (Figura 5A). A maior dose de zinco adicionada (10 mg.dm⁻³) foi a que proporcionou maior acúmulo de zinco na massa seca da raiz de mudas de cacaueiro (41,69 mg.kg⁻¹).

Em relação ao acúmulo de zinco na massa seca da parte aérea, observa-se na Figura 4D que houve interação entre o fósforo e o zinco. A maior quantidade de zinco acumulada foi alcançada quando se utilizou a dose 0 mg.dm⁻³ de fósforo e 10 mg.dm⁻³ de zinco. Com o aumento das doses de fósforo adicionadas, o conteúdo de zinco na parte aérea decresceu. Os resultados encontrados no presente experimento, corroboram os encontrados por Cabala et al. (1975), onde a aplicação de doses mais elevadas de fósforo, em plantas de cacaueiro, apresentaram efeito depressivo sobre o zinco.

Em trigo, Zhu et al. (2001) encontraram também, uma interação negativa entre zinco e fósforo. Quando a disponibilidade de Zn é limitada e a de fósforo inorgânico adequada, a deficiência de zinco provoca uma absorção sem controle de fósforo inorgânico, elevando a sua concentração no tecido, podendo causar toxidez. Isto acontece porque a deficiência de Zn interfere na expressão gênica que controla o mecanismo de absorção de fósforo inorgânico, denominado de mecanismo de "alta afinidade" conforme descrito por Huang et al. (2000), em plantas de cevada. Ainda segundo Zhu et al. (2001), quando se aumenta a disponibilidade de fósforo, há uma significativa redução na absorção de zinco por unidade de raiz e, menor concentração de zinco na parte aérea das duas cultivares de trigo estudadas, a explicação dada por esses autores baseia-se no efeito diluição. Salientam também que a concentração de Zn é maior, quando a absorção de P é baixa.

Com relação aos mecanismos propostos por Olsen (1972), tentando elucidar a interação P/Zn, a que mais

corrobora com os resultados do presente experimento, é aquela que afirma existir uma diminuição da taxa de translocação do zinco para a parte aérea. Nos trabalhos conduzidos por Marschner e Cakmak (1986); Cakmak e Marschner (1986 e 1987) com os cultivos algodão e soja, respectivamente, os referidos autores encontraram aumento na absorção de zinco pelas raízes e redução da translocação desse elemento para a parte aérea das plantas sob concentração elevada de fósforo. Essa redução da translocação de zinco da raiz para a parte aérea da planta é explicada por Marschner (1995), pela compartmentalização do zinco nos vacúolos da raiz de alfafa.

Tanto na massa seca da raiz como na massa seca da parte aérea o tratamento adicional (terriço) apresentou resposta inferior para o acúmulo de zinco em comparação com os tratamentos, onde houve aporte de fósforo e zinco. Os resultados observados, neste experimento, indicam que o substrato ("terriço"), normalmente utilizado pelo produtor de mudas de cacaueiro, necessita da adição de nutrientes, tais como o fósforo e o zinco, pois foi verificado que esse substrato sem adição de nutrientes é nutricionalmente muito pobre.

Conclusões

As doses de fósforo apresentaram interação com o zinco, no acúmulo de Mg, S, B, Fe, Mn e Zn, na massa seca da parte aérea de mudas de cacaueiro e na massa seca da raiz, com os nutrientes B, Cu, Fe.

As doses de fósforo e zinco aplicadas, não permitiram determinar qual é a melhor dose a ser aplicada para todos nutrientes e onde há a interação fósforo zinco é mais intensa, uma vez que houve variação nas melhores doses determinadas para o acúmulo de cada nutriente.

Houve interação fósforo/zinco na massa seca da parte aérea de mudas de cacaueiro, mas não na raiz, o que indica que neste cultivo, esta interação ocorre na parte aérea da planta.

O aporte das doses de fósforo isoladamente teve um efeito significativo no acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn na massa seca da raiz. Na massa seca da parte aérea, as doses de fósforo tiveram um efeito significativo no acúmulo dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mn.

O efeito das doses de zinco isoladamente só teve significância no acúmulo de P, K, Mg, Mn e Zn, na massa seca da raiz. Não havendo efeito das doses de Zn, no acúmulo de nutrientes na massa da parte aérea de mudas de cacaueiro.

O tratamento adicional (terriço) foi superior no acúmulo de N, na massa seca da raiz e, Fe e Mn, na massa seca da parte aérea de mudas de cacaueiro, quando comparado com as doses de fósforo e zinco adicionadas ao substrato. Tal resultado mostra que o substrato normalmente utilizado pelo produtor é pobre nutricionalmente.

Literatura Citada

- AHENKORAH, Y.; AKROFI, G. S. 1971. Recent results of fertilizer experiments on shaded cacao (*Theobroma cacao* L.) in Ghana. In: International Cocoa Research Conference, 3rd. Accra, Ghana, 1969. Tafo, Ghana, CRIG pp.65-78.
- ASOMANING, E.J. A. 1972. Recent cocoa nutrition studies: with particular reference to the Ghana experience. In: International Cocoa Research Conference, 4th, St. Augustine, Trinidad and Tobago, 1972. St. Augustine, s.e. pp.120-128.
- BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N. K. 2005. Aluminum influence on growth and uptake of micronutrients by cacao. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. Helsinki Finland v.3 (3/4): 173- 177.
- BARBER, S. A. 1995. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. New York, John Wiley & Sons. 414p.
- BOWEN, H.J.M. 1979. Environmental Chemistry of the elements. London, Academic Press, xp.
- CABALA ROSAND, P., MARIANO, A. H. 1985. Absorção diferencial de fósforo em cultivares de cacau. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 20:159-167.
- CABALA ROSAND, P. et al. 1974. Emprego de fertilizantes no cultivo do cacaueiro: Normas para adubação do cacaueiro. Itabuna, CEPLAC/CEPEC. 30p.
- CABALA ROSAND, P.; SANTANA, M.B.M.; SANTANA, C.J.L. de. 1989. Exigências nutricionais e adubação do cacaueiro. Campinas, Fundação CARGILL. 71p.
- CABALA ROSAND, P.; SANTANA, M.B.M.; MIRANDA, E.R. de. 1975. Fertilidade dos solos ocupados com cacaueiros no Sul da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC, Boletim Técnico nº. 27. 31p.
- CABALA ROSAND, P.; SANTANA, C.J.L. de; MIRANDA, E.R. de. 1982. Respostas de Cacaueiros "Catongo" a doses de fertilizantes no sul da Bahia, Brasil. *Revista Theobroma* (Brasil) 12: 203-216.
- CABALA ROSAND, P.; SANTANA, C.J.L. de; MIRANDA, E.R. de. 1976. Respuestas del cacaotero al abonamiento en el Sur de Bahia, Brasil. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº. 43. 24p.
- CABALA ROSAND, P.; SANTANA, M.B.M.; SANTANA, C.J.L. 1984. Pesquisas com fertilizantes na cultura do cacau. In: Exigências nutricionais e uso de fertilizantes em sistemas de produção de cacau. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. pp.19-77.
- CABALA ROSAND, P. et al. 1989. Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia. 2^a. ed. Salvador, CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABA/NITROFÉRTIL. 176p.
- CABALA ROSAND, P. et al. 1988. Utilização de adubos e corretivos na cultura do cacau. In: Manual do Extensionista. Ilhéus, CEPLAC. pp. 01-18.
- CABALA ROSAND, P. et al. 1969. Deficiências minerais e efeitos da adubação na região cacaueira da Bahia. In: Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 2^a, Salvador-Bahia. 1967. Memórias. Ilhéus, CEPLAC. pp. 436-442.
- CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. 1986. Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton I. Zinc deficiency-enhanced uptake rate of phosphorus. *Physiologia Plantarum* 68 (3): 483-490.
- CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. 1987. Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton III. Changes in physiological availability of zinc in plants. *Physiologia Plantarum* 70 (1):13-20.
- CHEPOTE, R.E. et al. 2005. Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacaueiro no sul da Bahia – 2^a aproximação. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 36p.
- CORRÊA, F. L. de O. et al. 2002. Acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24 (3): 765-769.
- CORRÊA, F. L. de O. et al. 2006. Fósforo e zinco no desenvolvimento de mudas de cacaueiro. *Revista Agrotrópica* (Brasil) 18 (1) (no prelo).
- EGBE, N. E; OMOTOSO, T.I. 1971. Nutrition of cacao in Nigeria. In: Progress in tree crop research in Nigeria (Cacao, Kola and Coffee). Ibadan, Nigeria, CRIN. pp.78-95.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. 2006. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina, Editora Planta. 403p.
- EUCLYDES, R.F. 1983. Manual de utilização do programa SAEG (sistema para análises estatística e genética). Viçosa, UFV. 59p.
- FURTINI NETO, A.E. et al. 2001. Fertilidade do Solo. Lavras, UFLA-FAEPE. 252p.
- GAMA-RODRIGUES, A.C. 2004. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: funcionalidade e sustentabilidade. In MÜLLER, M.W. et al. (Eds.). Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida. Ilhéus, SBSAF/CEPLAC/UENF. p.64-84.
- GRAMACHO, I. da. P. et al. 1992. Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia. Ilhéus, CEPLAC. 124p.
- HUANG C. et al. 2000. Zinc deficiency up-regulates expression of high-affinity phosphate transporter genes in both phosphate-sufficient and -deficient barley roots. *Plant Physiology* 124(1):415-422.
- LONERAGAN, J. F. et al. 1979. Phosphorus toxicity as a factor in zinc-phosphorus interactions in plants. *Soil Science Society of America Journal* 43 (5): 966-972.
- LOPES, A.S. 1989. Manual de fertilidade do solo. São Paulo, ANDA/POTAFOS.155p.

- MACHADO, R. A. F. 1998. Fósforo e zinco na nutrição e crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Dissertação Mestrado. Lavras, MG, UFLA. 93p.
- MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres. 251p.
- MALAVOLTA, E. 1997. Nutrição mineral do cacaueiro e do cafeiro. Módulo 06 do Curso de Nutrição Mineral de plantas. Curso de Especialização por Tutoria à Distância. ESALQ/USP, ABEAS, Brasília-DF. 127p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201 p.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. 2005. Fisiologia Vegetal; Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral. Viçosa, UFV. 451p.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. San Diego, Academic Press. 889p.
- MARSCHNER, H.; CAKMAK, I. 1986. Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton II. Evidence for impaired shoot control of phosphorus uptake and translocation under zinc deficiency. *Physiologia Plantarum* 68 (3): 491-496.
- MORAIS, F.I.; SANTANA, C.J.L.de.; CHEPOTE, R.E. 1978. Respostas do cacaueiro à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio na região cacaueira da Bahia. *Revista Theobroma (Brasil)* 8 (2):73-85.
- MORAIS, F.I.; SANTANA, M.B.M.; SANTANA, C.J.L.de. 1981. Nutrição mineral e adubação do cacaueiro. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC, Boletim Técnico nº. 88. 51p.
- NEVES, A.D.de S.; CAMPOS, A.X.de; BARBOSA, R.C.M. 1982. Diagnose nutricional e classificação de solos representativos dos pólos cacaueiros da Amazônia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC, Boletim Técnico nº. 102. 16p.
- OLIVEIRA, P. R. A. 2000. Efeitos do fósforo e zinco na nutrição e crescimento de mudas de mamoeiro e mangabeira. Tese de Doutorado. Lavras, MG, UFLA. 184p.
- OLSEN, S. R. 1972. Micronutrient interactions. In Mortvedt, J.J.; Giordano, P. M.; Lindsay, W. L., eds, *Micronutrient in Agriculture*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. pp. 243-264.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. eds, 1996. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2^a edição. Campinas, Instituto Agronômico e Fundação IAC. Boletim Técnico nº100. 285p.
- SANTANA, C.J.L. de; CABALA ROSAND, P.; MIRANDA, E.R. de 1981. Caracterização do fósforo e fertilidade dos solos do Projeto Ouro Preto no Território Federal de Rondônia. *Revista Theobroma (Brasil)* 11 (1): 21-31.
- SANTANA, M. B. M.; CABALA ROSAND, P. 1983. Requerimentos de nitrogênio em um agrossistema de cacaueiro. *Revista Theobroma, (Brasil)* 13 (2): 211-221.
- SANTANA, M.B.M.; SANTANA, C.J.L.de; CABALA ROSAND, P. 1982. Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. *Plant and Soil* 27 (2): 271-281.
- SARRIÉS, A.G. et al. 1992. Piracicaba, ESALQ/CIAGRI. Série didática CIAGRI n° 06. 80p.
- SCHENK, M.K.; BARBER, S. A. 1979. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. *Agronomy Journal* 71: 921-924.
- SILVA, J. O. et al. Resposta do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) submetido a diferentes doses de fósforo. In Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 6º, Campos dos Goitacazes, RJ, Brasil, UENF. pp.105-109.
- SILVA NETO, P. J.da. 2001. Sistema de produção de cacaueiro para a Amazônia brasileira. Belém, CEPLAC. 125p.
- SINGH, J. P.; KARAMANOS, R. E.; STEWART, J. W. B. 1986. Phosphorus-induced Zinc in Wheat on Residual Phosphorus Plots. *Agronomy Journal* 78: 668-674.
- SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. S. 2001. Melhoramento ambiental e sócio-economia. In: Dias, L. A. S. ed. Melhoramento Genético do Cacaueiro. Viçosa, MG, FUNAPE, UFG. 01-47pp.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2004. Fisiologia Vegetal. 3 ed., Porto Alegre, Artmed. 719p.
- TEOH, C.H.; CHANG, A.K.; CHANG, C.F. 1984. Fertilizer and soil amelioration trials on inland and coastal soil in Malaysia. In: International Conference on Cocoa and Coconuts, Kuala Lumpur, Malaysia. S.l., s.e. 21p.
- VIÉGAS, I. de J.M.; ALVES, R.M. 1991. Efeito do fósforo no desenvolvimento de clones de seringueira e sua ação na disponibilidade de zinco. Belém, EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa nº 116. 18p.
- VILLAR, M.L.P. 2003. Fósforo e zinco para alfafa. Efeito no solo e na planta. Jaboticabal, UNESP. Tese de Doutorado. 123p
- VILELA, E. de A.; RAMALHO, M. A. P. 1979. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. Ciência e Prática (Brasil) 3 (1): 71-79.
- YAMADA, T.; VITTI, G.C. 2004. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: Yamada, T. e Abdalla, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafós, pp.89-112.
- YEAGER, T. H.; WRIGHT, R. D. 1984. Response of *Ilex crenata* Thunb. Cv. Helleri to superphosphat-incorporated pine bark. *Hortscience*, 19 (7): 823-826.
- ZHU, Y.G.; SMITH, S.E.; SMITH, F.A. 2001. Zinc (Zn) – phosphorus (P) interactions in two cultivars of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) differing in P uptake efficiency. *Annals of Botany* 88 (5): 941-945. ●

ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM CLONES DE CACAU EM DIFERENTES TAMANHOS DE COVAS

Quintino R. Araujo^{1,2}, Alberto C. S. L. Sobral², Magno I. Farias²; Thomé D. Costa Neto², Irene M. Cazorla², Rafael E. Chepote¹, Ronaldo C. Argolo^{1,2}

¹CEPLAC, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22, Caixa Postal 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil. quintino@cepec.gov.br;

²UESC, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, 45662-000, Ilhéus, Bahia, Brasil

Os conhecimentos sobre a microbiologia dos solos da região sudeste da Bahia constituem-se em grande lacuna, particularmente relacionadas com as pesquisas em torno de suas potencialidades agrícolas. O comportamento da microbiota do solo pode representar um indicador das condições edáficas, sob novos sistemas de cultivos do cacaueiro nos quais a estaqueira tem sido largamente utilizada. Procurou-se avaliar a atividade microbiana de um Argissolo, cultivado com dois clones de cacau plantados em dois tamanhos de covas. Os maiores índices de CO₂ evoluído foram registrados nas amostras de solo cultivado com o clone TSH 1188 e em covas maiores; enquanto que o clone TSH 516 em covas menores apresentou a menor evolução de CO₂.

Palavras-chave: evolução de CO₂, cacau, microbiota do solo, Argissolo

Microbial activity in soil cultivated with clones of cocoa in pits of different sizes. A large gap exists in the understanding of microbial activity in the soils of southeastern Bahia, particularly as it relates to gauging their agricultural potential. The behavior of soil microorganisms can be an indicator of soil edaphic conditions, including the new systems of cocoa cultivations, in which the grafting has been increasingly used. This study evaluated the microbial activity of an Alfisol cultivated with two clones of cacao in two sizes of pits. The greatest amount of evolved CO₂ was registered in soils cultivated with clone TSH 1188 and in large pits, whereas the clone TSH 516 planted in small pits supported the smallest evolution of CO₂.

Key words: soil microbial respiration, cocoa, soil microorganisms, Alfisol

Introdução

Os microrganismos, fundamentais no funcionamento do sistema solo, são responsáveis diretamente ou indiretamente por processos microbiológicos e bioquímicos diversos, os quais exercem grande influência direta na produtividade e sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (Siqueira, 1998). Assim, estudos são feitos para esclarecer as diferentes interações dos microrganismos com o solo e principalmente com as plantas.

A atividade microbiana de um solo pode ser estimada pela liberação de CO₂, consumo de O₂, amonificação, nitrificação entre outros processos. A liberação de gás carbônico ou respiração edáfica está diretamente relacionada à decomposição da matéria orgânica e mineralização do húmus.

Quando se adiciona ao solo uma fonte de carbono, estimula-se a respiração microbiana, induzindo ao desprendimento de CO₂ para a atmosfera. A população de microrganismos do solo é capaz de utilizar apenas 1/3 de todo o carbono disponível na matéria orgânica, para elaboração de novas células. Dessa forma, observa-se que há uma relação direta entre respiração microbiana do solo e liberação de CO₂ para atmosfera (Brady, 1989).

O teor de carbono orgânico solúvel é, provavelmente, o principal fator do substrato que controla a atividade microbiana na manta orgânica. Deste modo, baixos conteúdos de carbono solúvel fazem com que a mineralização de materiais vegetais seja mais lenta, o que, consequentemente, restitui os nutrientes para o ambiente mais lentamente (Sodré, 1999).

A biomassa microbiana desempenha papel de destaque no cenário da sustentabilidade ambiental. Ela pode ser estimada por métodos razoavelmente simples, através da quantificação de componentes extraídos do solo. Dentre os mais utilizados, destaca-se a medida da taxa respiratória ou atividade microbiana, determinada por meio da evolução de CO₂, oriunda da respiração de microorganismos heterotróficos aeróbicos, durante a oxidação de compostos orgânicos. A quantidade de CO₂ liberado tem sido freqüentemente utilizado como indicador da atividade microbiana (Sodré, 1999).

O plantio de clones de cacau compõe programa de substituição de material genético, iniciado na segunda metade da década passada, devido à ocorrência da doença vassourade-bruxa. Os plantios de cacau por estaquia vêm sendo muito utilizados, e trabalhos como o conduzido por Chepote et al. (2005) têm procurado avaliar o comportamento das raízes. As plantas reproduzidas por estaquia possuem um sistema pseudo-pivotante, já aquelas de sementes, apresentam pivotante. Hardy (1961) mostrou que plantas seminais de cacau apresentam um sistema radicular com raiz pivotante ou primária que pode atingir até 2 m de comprimento, e que a maior parte das raízes secundárias chegam a atingir

5-6 m de distância do tronco da planta, concentrando-se nos primeiros 15-20 centímetros da superfície do solo. Todavia Cadima (1970) revelou que a maior concentração de raízes ocorreu na camada de 0 a 30 cm de profundidade nas condições estudadas.

Dentre as diversas questões a se estudar, como decorrentes dos novos materiais genéticos difundidos e sistemas de plantio e manejo do cacaual, apresentam-se as condições relacionadas à atividade microbiana no solo e suas interações com atributos edáficos. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar a atividade microbiana, por meio do carbono mineralizável, em um solo cultivado com dois clones de cacau, plantado em covas de dois tamanhos.

Material e Métodos

O solo estudado corresponde a um Argissolo (Chepote et al., 2005), no município de Itajuípe – Bahia (coordenadas aproximadas 39°15' latitude sul e 14° 45' longitude oeste). As plantações de cacau tinham quatro anos de idade e estavam formadas pelos clones *Trinidad Selection Hybrid* (TSH): TSH 1188 e TSH 516, produzidos por estaquia. As covas testadas tinham tamanhos de 20 x 20 x 20 cm e 40 x 40 x 50 cm. Analisaram-se amostras de solo coletadas em duas posições (distâncias) em relação ao tronco da planta: a 10 e a 100 cm. As amostras de solo, em quatro repetições, foram retiradas, com pá reta, da camada de 0-20 cm de profundidade, afastando o material orgânico semidecomposto (serrapilheira). Em forma de terra fina seca ao ar (TFSA), as amostras foram analisadas quanto a evolução de CO₂ e demais propriedades.

A área utilizada possui um clima de floresta tropical quente e úmido sem estação seca definida (Af de Köppen), com precipitação de 1.300 mm ano⁻¹, e superior a 60 mm mensais, umidade acima de 80% e temperatura do mês mais frio acima de 18°C. O sombreamento provisório utilizado foi de bananeira (*Musa spp.*) no espaçamento de 3 x 3 m, e gliricidia (*Gliricidia sepium*) plantada a 1,0 x 1,0 m na linha dos clones de cacau. O sombreamento permanente era composto de floresta secundária mista, com predominância de eritrina (*Erythrina glauca*), cajazeira (*Spondias mombin* L.) e outras. Os clones de cacau foram plantados no espaçamento de 3,0 X 2,0 m.

Para avaliação da evolução de CO₂ aplicou-se o método proposto por Grisi (1984), com modificações, medindo-se o CO₂ evoluído de amostras de 20 g de solo, acondicionados em vasos plásticos com tampa que podem ser fechadas hermeticamente, umedecidas a 70 % da capacidade de campo, em temperatura ambiente, fazendo-se leituras nos seguintes tempos de incubação: 18, 42, 96, 162, 234, 330 e 426 horas. Para captura do CO₂ evoluído utilizou-se NaOH 0,2 mol/L.

As amostras do solo foram caracterizadas quanto a química (pH, Al, Ca, Mg, K e P) e física (granulometria, argila dispersa em água, grau de floculação e equivalente de umidade), conforme métodos de EMBRAPA (1997).

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, arranjo fatorial 2³, com quatro repetições, tendo como variáveis independentes: clone (TSH 1188 e TSH 516), tamanho da cova (20x20x20 cm e 40x40x50 cm) e posição em relação ao tronco (10 cm e 100 cm). A análise de variância foi utilizada em cada tempo de forma independente. O nível de significância adotado foi de 5% (0,05), todavia em todas as análises foi colocado o p-valor da amostra.

Resultados e Discussão

A atividade microbiana, estimada por meio dióxido de carbono evoluído, ao se analisar as variáveis de estudo e as suas interações, apresentou diferenças significativas entre

os clones (234, 330 e 426 h de incubação), entre as covas (66, 96 e 162 h de incubação) e na interação clones x covas (234, 330 e 426 h de incubação), conforme Tabela 1.

Não obstante as análises a 5% de significância, e considerando que no campo um grande número de fatores influencia a atividade microbiana, regista-se que os índices de evolução de CO₂ diferiram a 10% entre as covas no tempo de 42 h, e na interação clone x posição no tempo de 426 h.

Os dois clones não apresentaram diferença significativa, nos valores de CO₂ evoluído, até o tempo de incubação 162 horas (Figura 1). Após este tempo observou-se que o clone TSH 1188 alcançou maior desenvolvimento, o que pode estar relacionado à maior quantidade de raízes apresentada, conforme encontrado, nesta área de estudo, por Chepote et al. (2005) onde este clone obteve um volume médio de raiz superior ao TSH 516. Esta maior quantidade de raízes representa um importante fator como fonte de substrato para os microorganismos.

Evidências mostraram (Chepote et al., 2005) que, em

Tabela 1 - Níveis de significância indicativos do dióxido de carbono evoluído, considerando os clones de cacau, as covas, as posições em relação ao tronco, e suas interações, nos tempos de incubação avaliados

Fonte de Variação	Tempo de Incubação (h)							
	18	42	66	96	162	234	330	426
Clone	,836	,624	,710	,853	,456	,016*	,042*	,060*
Cova	,136	,068	,010*	,008*	,026*	,741	,707	,666
Posição	,706	,837	,888	,802	,671	,349	,338	,253
Clone x Cova	,417	,440	,531	,887	,969	,040*	,048*	,039*
Clone x Posição	,431	,861	,888	,904	,484	,249	,138	,082
Cova x Posição	,520	,466	,260	,276	,317	,554	,577	,666
Clone x Cova x Posição	,273	,937	,928	,550	,354	,207	,172	,196

* significância a 5%

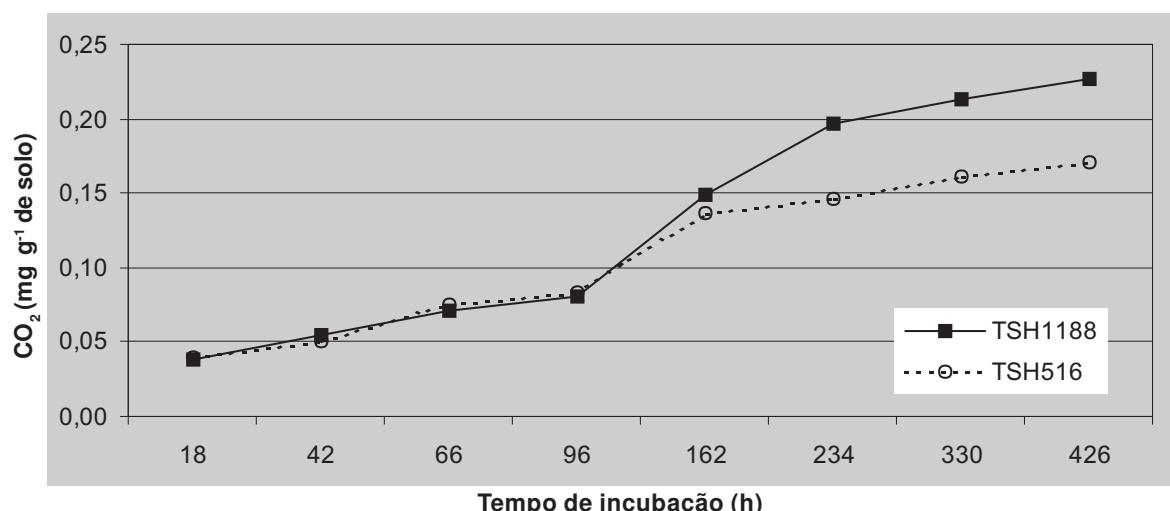


Figura 1 – Dióxido de carbono evoluído em amostras de um Argissolo, cultivado com dois clones de cacau (TSH 1188 e TSH 516), até 426 horas de incubação.

ambos os clones, 89% das raízes de segunda e terceira ordem localizam-se na profundidade de 0 a 20 cm. O clone TSH 1188 apresentou maior comprimento médio de extensão nas raízes de segunda ordem (126 cm) que o TSH-516 (56 cm), ambos plantados em covas de 40X40X50 cm.

A relação direta entre os substratos das raízes e a atividade microbiana é conhecida. Na rizosfera, espaço densamente enraizado do solo, existe um grande número de bactérias, fungos e actinomicetos (Primavesi, 1979), que se aproveitam das excreções radiculares da planta, e um grande número de ácidos orgânicos. Estas substâncias servem como fonte de carbono para os microorganismos. A raiz absorve o oxigênio (O_2), e expira gás carbônico (CO_2), também os microorganismos que vivem na rizosfera, aproveitam-se das excreções radiculares, expirando CO_2 . Com o intuito de buscar um entendimento mais detalhado, sobre estas relações no cultivo do cacaueiro, estudos poderão ser realizados para avaliar outros fatores como as características genéticas, condições nutricionais da rizosfera, exsudados radiculares, dentre outros.

A cova 40x40x50 cm apresentou maiores valores de dióxido de carbono evoluído do solo ao longo de todo o período de incubação, embora essa superioridade foi significativa apenas no período de 66 e 162 horas (Tabela 1 e Figura 2). Isto pode estar relacionado com as melhores condições edáficas das maiores covas, em relação às de 20x20x20 cm (Tabela 2). A cova de 40x40x50 cm forma maiores unidades estruturais estáveis, obtendo dentre outras vantagens, uma maior aeração e porosidade em um maior volume de solo. As galerias construídas pelos animais no solo, como larvas de insetos, insetos, minhocas, besouros e outros – beneficiados pela melhor estrutura do solo - servem

a penetração das raízes, a infiltração da água e a circulação do ar, fatores que também tendem a estimular a atividade microbiana.

Quanto à distância das amostras coletadas em relação ao tronco, foi observado um maior desprendimento do dióxido de carbono na posição a 10 cm de distância, a partir de 234 h de incubação (Figura 3), embora essas diferenças não tenham sido estatisticamente significativas (Tabela 1).

Considerando-se a interação clone x cova, verificaram-se diferenças de valores de CO_2 evoluído a partir de 234 h de incubação (Figura 4). Os resultados indicam a superioridade das condições em torno do clone TSH 1188 na cova de menor tamanho, admitindo-se que a influência do clone, com o maior volume de raízes do TSH 1188, neste caso, supera os efeitos do ambiente edáfico menos favorável proporcionado pela cova de menor tamanho. Os menores valores foram verificados nas áreas com clone TSH 516 nas covas de 20x20x20 cm.

Esses resultados podem estar também sendo influenciados pela quantidade das raízes, pois segundo Hardy (1961) a maior concentração de raízes está a 5-6 cm do tronco da planta. Outro fator que explica o desempenho do TSH 1188 é o teor de fósforo a 10 cm do tronco, como pode ser observado pela análise química do solo (Tabelas 2 e 3). Quanto ao TSH 516, particularmente para as covas menores, verifica-se condição mais desfavorável com relação a Al, Ca e Mg.

De modo geral, o equilíbrio quanto aos aspectos químicos, nas condições das covas de 40x40x50 cm, refletem a não diferença apresentada entre os clones, não obstante os níveis mais favoráveis de Ca+Mg para estas covas maiores (Tabelas 2 e 3). Conforme Cadima (1970)

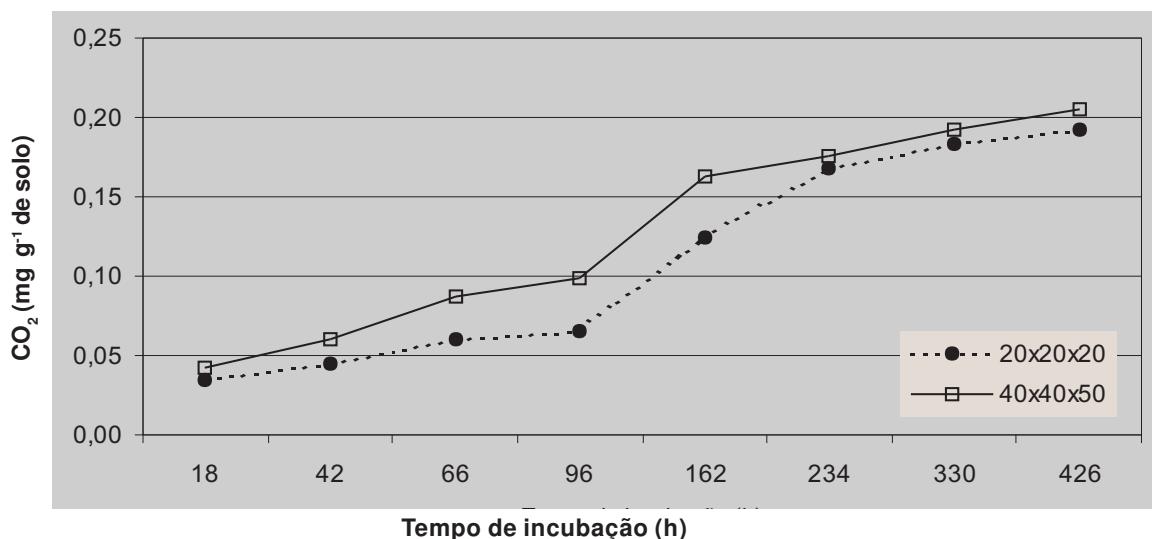


Figura 2 - Dióxido de carbono evoluído em amostras de um Argissolo, cultivado com cacau em covas de dois tamanhos (20x20x20 e 40x40x50 cm), até 426 horas de incubação.

o desenvolvimento de raízes está diretamente relacionado, desde a germinação até a idade adulta da planta, com aeração do solo, matéria orgânica e alta concentração de Ca + Mg. No presente estudo, também os teores de fósforo podem estar favorecendo, como fonte de nutrição para os microorganismos e sua atividade metabólica, nas áreas das covas maiores.

Apesar de se esperar que o TSH 516 tivesse sido mais beneficiado por propriedades físicas do solo, considerando os maiores níveis de argila total, e condições de boa estruturação, maiores valores de grau de flocação, e equivalente umidade mais altas, as propriedades químicas foram mais importantes para os resultados encontrados, reconhecendo-se também o equilíbrio geral verificado para os dados físicos.

Tabela 2 - Valores médios das análises químicas e físicas de um Argissolo, cultivado com dois clones de cacau (TSH 1188 e TSH 516), em covas de dois tamanhos (20x20x20 e 40x40x50 cm), em duas distâncias do tronco (10 e 100 cm).

Clone	Cova (cm)	Posição (cm)	Propriedades Químicas				
			pH	Al	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	P mg dm ⁻³
TSH 1188	20x20x20	10	4,92	0,35	1,47	1,30	0,17
		100	4,92	0,35	1,45	1,60	0,09
	40x40x50	10	4,70	0,65	1,60	1,37	0,15
		100	4,80	0,22	1,55	1,77	0,08
TSH 516	20x20x20	10	4,55	0,85	0,13	1,00	0,18
		100	4,60	0,65	0,15	1,45	0,13
	40x40x50	10	4,62	0,37	2,85	1,42	0,24
		100	4,85	0,10	3,75	2,15	0,11

Clone	Cova (cm)	Posição (cm)	Propriedades Físicas (*)					
			AG	AF	S g kg ⁻¹	AT	ADA	SI / AT
TSH 1188	20x20x20	10	527,75	155,25	92,50	224,50	70,25	0,43
		100	467,75	161,50	113,75	283,25	94,25	0,41
	40x40x50	10	446,25	149,50	129,25	275,00	77,00	0,51
		100	482,75	174,75	128,00	214,50	78,50	0,62
TSH 516	20x20x20	10	391,00	176,00	97,00	336,00	52,25	0,34
		100	364,75	172,00	119,75	343,50	93,50	0,40
	40x40x50	10	395,25	143,00	98,00	361,50	86,75	0,30
		100	438,25	141,00	127,50	293,25	56,25	0,45

(*) AG = areia grossa; AF = areia fina; SI = silte; AT = argila total; ADA = argila dispersa em água; SI/AT = relação silte/argila total; GF = grau de flocação; UE = umidade equivalente.

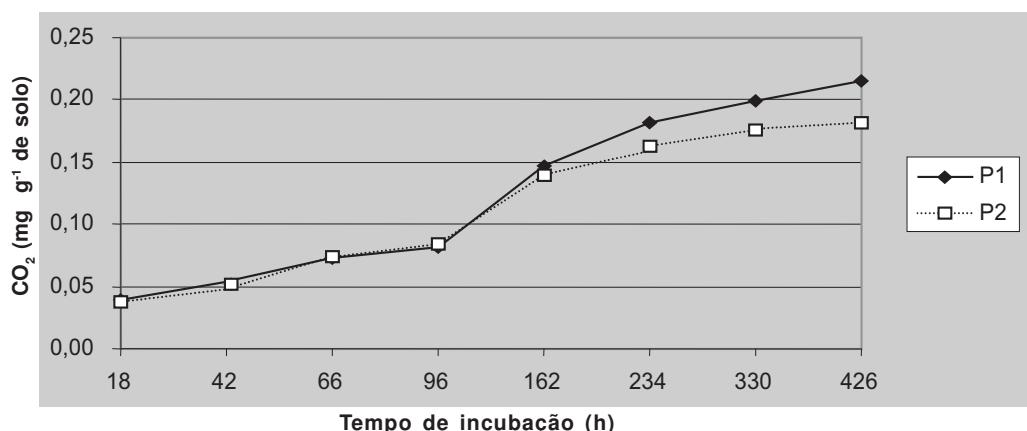


Figura 3 – Dióxido de carbono evoluído em um Argissolo, em amostras de solo coletadas em duas posições (P1 = 10 cm e P2 = 100 cm) em relação ao tronco do cacaueiro, até 426 horas de incubação.

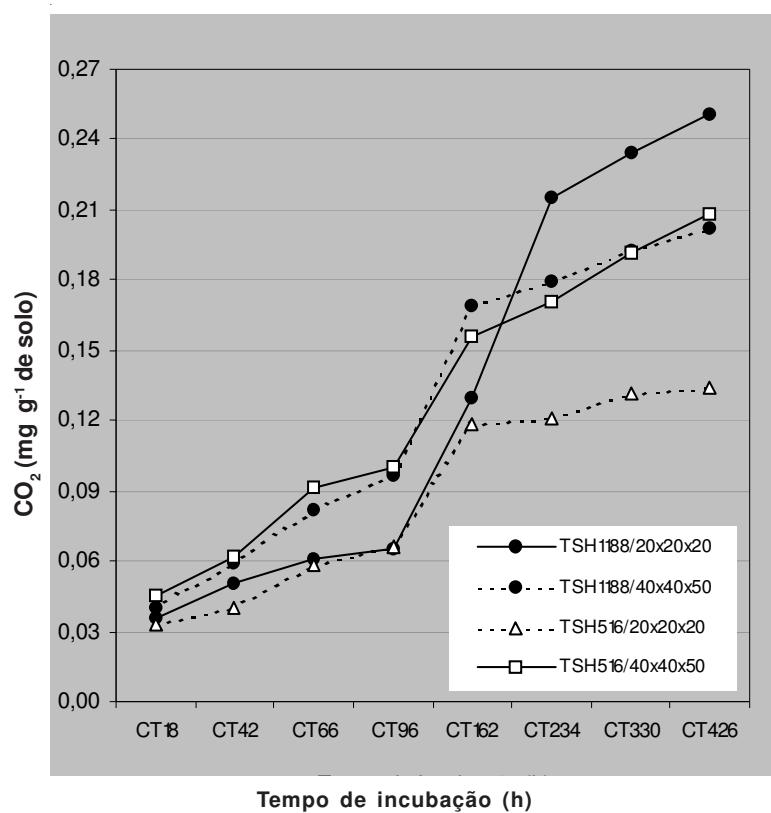


Figura 4 – Dióxido de carbono evoluído em amostras de um Argissolo, cultivado com dois clones de cacau (TSH 1188 e TSH 516), em covas de dois tamanhos (20x20x20 e 40x40x50 cm), até 426 horas de incubação.

Literatura Citada

- BRADY, N.C. 1989. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos. 594p.
- CADIMA, A.Z. 1970. Estudo do sistema radicular do cacaueiro em alguns tipos de solos da região cacaueira do Sul da Bahia. Ilhéus, CEPLAC, CEPEC. Boletim Técnico nº 5. 31p.
- CHEPOTE, R. E. et al. 2005. Comportamento de clones de cacau provenientes de estaqueira em covas de diferentes tamanhos. In: International Cocoa Research Conference, 14, 2003, Accra, Ghana. Proceedings. Accra, Ghana, Cocoa Producers' Alliance. pp. 269-275.
- EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS – CNPS. 1997. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro. 212p.
- GRISI, B.M. 1984. Metodologia para determinação de biomassa microbiana do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo (Brasil) 8(2): 167-172.
- HARDY, F. 1961. Manual de Cacao. Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas. 439p.
- PRIMAVESI, A. 1979. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Editora Nobel. 549p.
- SIQUEIRA, J.O. 1998. Biotecnologia do solo, Fundamentos e perspectivas. Lavras, ESAL, FAEPE. 236p.
- SODRÉ, G. A. 1999. Qualidade da manta orgânica de mata natural, capoeira, pastagem e plantio de Eucalipto no sudeste da Bahia. Dissertação de Mestrado. Viçosa, UFV. 80p.

Tabela 3 – Níveis de significância das propriedades químicas e físicas do solo, considerando os clones de cacau, as covas, as posições em relação ao tronco, e suas interações.

Fonte de variação	Propriedades Químicas					
	pH	Al	Ca	Mg	K	P
Clone	,004*	,276	,023*	,973	,234	,185
Cova	,835	,026*	,006*	,074	,985	,799
Posição	,154	,019*	,432	,018*	,021*	,000*
Clone x Cova	,012*	,003*	,013*	,245	,529	,508
Clone x Posição	,535	,890	,371	,524	,688	,167
Cova x Posição	,004*	,276	,023*	,973	,234	,185

Fonte de variação	Propriedades Físicas (**)							
	AG	AF	S	AT	ADA	SI / AT	GF	UE
Clone	,006*	,804	,650	,003*	,492	,090	,002*	,135
Cova	,676	,128	,209	,584	,793	,272	,424	,769
Posição	,708	,484	,131	,470	,427	,280	,120	,627
Clone x Cova	,271	,058	,370	,920	,887	,329	,459	,894
Clone x Posição	,483	,306	,492	,707	,743	,658	,325	,933
Cova x Posição	,061	,563	,736	,063	,047*	,384	,272	,034*
Clone x Cova x Posição	,565	,640	,533	,581	,289	,864	,519	,567

* significância a 5% (***) AG = areia grossa; AF = areia fina; SI = silte; AT = argila total; ADA = argila dispersa em água; SI/AT = relação silte/argila total; GF = grau de floculação; UE = umidade equivalente.

VARIABILIDADE ENTRE ISOLADOS DE *Crinipellis perniciosa* DE CACAU E OUTROS HOSPEDEIROS COM BASE EM MARCADORES ISOENZIMÁTICOS

Marival Lopes de Oliveira, Milton Macoto Yamada, Valdívia Reis da Silva

Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), CEPLAC, Caixa Postal 07, 45600-970
Itabuna, BA, Brasil. E-mail: marival@cepec.gov.br

A análise de isoenzimas, por sua simplicidade e baixo custo, tem sido amplamente utilizada em estudos taxonômicos, genéticos e populacionais tanto em plantas, quanto microorganismos, incluindo fungos, sendo bastante informativa desde que bons níveis de polimorfismo sejam detectados. Visando avaliar a utilidade da metodologia em estudos de diversidade genética com o fungo *Crinipellis perniciosa*, agente causal da vassoura-de-bruxa do cacaueiro, no sul da Bahia, foram testados quatro sistemas de enzimas: fosfoglucomutase, malato desidrogenase, peptidase e fosfoglucose isomerase; e dois de tampão: o contínuo AC (amino-citrato) e o descontínuo RW de Ridgway. Bons níveis de polimorfismo foram detectados através da análise de eletroforese de isoenzimas em gel de amido entre os 53 isolados examinados, tendo sido resolvidos 20 alelos em seis locos polimórficos. A similaridade genética entre eles foi determinada pelo coeficiente de Dice e pela análise de agrupamentos UPGMA. Através das análises foi possível separá-los em dois grupos principais: um constituído por indivíduos originários de cacau dos estados da Bahia e Rondônia, e o outro de solanáceas. Ao contrário dos isolados de cacau de Rondônia que formaram um único grupo com os de cacau da Bahia, os dos demais estados amazônicos, bem como os de outros hospedeiros, apresentaram um comportamento substancialmente diverso.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, cacaueiro, vassoura-de-bruxa, isoenzimas, metodologia.

Variability among isolates of *Crinipellis perniciosa* from cacao and other hosts based on isozyme markers. Isozyme analysis is a simple, low cost and important technique widely used in taxonomic, genetic and population studies of a series of organisms, including plants and fungi. It is useful if a reasonable number of polymorphic loci are found. To evaluate this method as a useful tool to study the genetic diversity of the fungus *C. perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease of cacao, in the cocoa growing region of Bahia, Brazil, four isozyme systems: phosphoglucomutase, malate dehydrogenase, peptidase, phosphoglucose isomerase, and two buffer systems: AC (amine-citrate) and RW of Ridgway, were tested. Good levels of isozyme polymorphism were detected by starch gel electrophoresis among fifty-three isolates of the fungus, with twenty alleles being resolved in six polymorphic loci. The genetic similarities among the isolates were determined by Dice's coefficient and UPGMA clustering procedure. Based on the analysis, the isolates could be classified into two main groups: one containing isolates of cacao from the cocoa growing region of Bahia and State of Rondonia, and the other one by isolates from solanaceous hosts. The two isolates of cacao from the State of Rondonia, differently of those from the other Amazonian states and some isolates from other hosts, had no difference in relation to the cacao isolates from Bahia.

Key words: *Theobroma cacao*, cacao, witches' broom disease, isozyme, methodology.

Introdução

A vassoura-de-bruxa (VB), causada por *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer, é uma das principais doenças do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) causando perdas drásticas na produção em algumas circunstâncias (Evans, 1981; Evans e Bastos, 1981). A doença está restrita aos países da América do Sul e Central, e no Brasil, esteve confinada à região Amazônica até 1989, quando foi assinalada, pela primeira vez, no sul da Bahia (Pereira *et al.*, 1989). Ao encontrar condições ambientais favoráveis disseminou-se, rapidamente, atingindo em pouco tempo toda a região, já estando presente também no Espírito Santo (Oliveira e Luz, 2005a).

Crinipellis perniciosa é um fungo da classe dos Basidiomicetos, pertencente à família Tricholomataceae, que possui ciclo de vida constituído de duas fases: a parasítica, com micélio monocáriótico, sem gramos de conexão, com crescimento intercelular, normalmente mais espesso (4 - 20 µm) que o da fase saprofítica (1,5 - 3,0 µm), que ao contrário, apresenta gramos de conexão, podendo crescer tanto inter- quanto intracelularmente (Evans, 1980).

O fungo além de infectar espécies dos gêneros *Theobroma* e *Herrania* na família Malvaceae, possui também hospedeiros nas famílias Solanaceae e Bixaceae, infectando alguns cipós como liana (*Entada gigas* (L.) Falc. e Rendle e *Arrabidaea verrucosa* (Família Bignoniacese) (Baker e Holliday, 1957; Evans, 1978; Bastos e Evans, 1985; Bastos e Andebrhan, 1986; Griffith, 1989), além de colonizar, de forma saprofítica, uma variedade de substratos (Evans, 1978; Hedger *et al.*, 1987). Um novo hospedeiro, uma espécie do gênero *Stigmatophyllum* (cipó), foi também encontrado na família Malpighiaceae (Luz *et al.*, 1997).

Variabilidade na espécie tem sido detectada com base em caracteres morfológicos, fisiológicos, incompatibilidade somática, testes bioquímicos, ou ainda com relação aos sintomas apresentados por cultivares de cacau e outras espécies de *Theobroma* (Wheeler e Mepsted 1982; Andebrhan e Almeida, 1984; Andebrhan, 1985, 1988; Andebrhan e Bastos, 1985; Hedger *et al.*, 1987; McGearry e Wheeler 1988; Oliveira *et al.*, 2005 a, b). Métodos moleculares, com destaque para as análises de RAPD (random amplified polymorphic DNA) (Andebrhan e Furtek, 1994; Andebrhan *et al.*, 1999), RFLP (random amplified polymorphic DNA), PCR de DNA repetitivo (Khashnobish e Shearer, 1996), além de isoenzimas (Yamada e Oliveira, 2000; Oliveira *et al.*, 2003), são técnicas que vem sendo utilizadas com freqüência em estudos populacionais com microorganismos e que apresentam, igualmente, potencialidades na identificação de variantes genéticos em *C. perniciosa*.

Variabilidade entre populações do fungo já foi observada até com base no círculo de hospedeiros, tendo sido reconhecidos quatro biótipos: biótipo-C que infecta espécies nos gêneros *Theobroma* e *Herrania*; biótipo-S ocorre em solanáceas; biótipo-L em liana e em uma variedade de substratos; e biótipo-B infectando *Bixa orellana* L. (urucum). Variação em populações de *C. perniciosa* presentes no próprio cacaueiro, tem sido detectada até mesmo em relação à patogenicidade (Bartley, 1977; Evans, 1978; Andebrhan e Fonseca, 1982; Wheeler e Mepsted, 1982, 1988; Bastos e Evans, 1985).

A eletroforese em gel de amido embora seja uma importante técnica na determinação de variação entre locos de enzimas (Micales *et al.*, 1986), amplamente utilizada na detecção de polimorfismo genético em plantas e microorganismos, empregada com freqüência em estudos taxonômicos, genéticos e populacionais em fungos (McDonald e McDermott, 1983; Lynn e Vallavieille, 1984; Toolley *et al.*, 1985; Oudemans e Coffey, 1991, Harrington *et al.*, 1996, Gottlieb *et al.*, 1998, Leuchtmann *et al.*, 1992, Brunner e Petrini, 1992, Stasz *et al.*, 1988), tem sido pouco utilizada em estudos de variabilidade entre isolados de *C. perniciosa*.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a utilidade da técnica no estudo da diversidade genética entre populações de *C. perniciosa* presentes no cacaueiro e outros hospedeiros, buscando estabelecer diferenças intraespécificas e subsidiar aos programas de melhoramento genético visando resistência à VB. Parte deste trabalho foi publicada previamente (Oliveira *et al.*, 2003).

Materiais e Métodos

Isolados e extração de enzimas

Os isolados de *C. perniciosa* utilizados fazem parte da micoteca do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), e foram originários de isolamentos monospóricos ou de uma única seção de extremidade de hifa, obtidas em isolamentos de vassouras secas (Quadro 1). Do total de 53 isolados avaliados, quatro (Cp35, Cp37, Cp38 e Cp67) foram provenientes de jurubeba (*Solanum paniculatum* L.); três (Cp46, Cp48 e Cp49) de jiló (*Solanum gilo* L.); Cp74 de uma espécie não identificada do gênero *Solanum*; Cp108 de caiçara (*Solanum stipulaceum* Willd ex. Roem e Schult.); Cp82 de *Ormosia arborea* L. (planta silvestre); Cp75 de coarana (*Cestrum levigatum* Schlecht); três (Cp89, Cp90 e Cp91) de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* L.); e os demais do cacaueiro. Destes, oito eram procedentes da região Amazônica, assim discriminados: Cp21, Cp78, Cp90 e Cp91 de Manaus; Cp22 de Altamira; Cp26 de Ouro Preto; Cp77 de Jarú; Cp89 de Castanho; e os demais da região cacaueira da Bahia.

Routineiramente, os isolados foram mantidos em tubos de ensaio contendo meio de batata dextrose agar (BDA), sendo efetuadas transferências para tubos de ensaio ou placas de petri contendo meio de BDA, sempre que necessário. Todas as etapas do trabalho foram conduzidas em laboratórios do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), em Ilhéus, Bahia.

No preparo do material para análise, três discos de micélio de cinco milímetros de diâmetro, obtidos das margens de colônias com 8 dias de crescimento em meio de BDA, foram transferidos para cada uma de três placas de petri contendo meio líquido de batata e dextrose (200/20 gramas por litro de água destilada), diluído em água destilada (AD) esterilizada (1:1) após a autoclavagem. Depois de 6 a 8 dias de crescimento a 25 °C, em regime de luz contínua, o micélio foi coletado, lavado em AD através de filtragem a vácuo em papel de filtro, e macerado em um gral de porcelana, sobre gelo, com o auxílio de nitrogênio líquido. Os macerados obtidos foram adicionados dois mililitros do tampão de extração 0,2 M Tris-HCl, pH 7,0 ajustado com ditiotreitol. Os homogenatos foram então mantidos em tubos eppendorf e armazenados em nitrogênio líquido, até serem utilizados.

Eletroforese

Em todas etapas das análises procurou-se seguir a metodologia descrita por Yamada e Oliveira (2000), utilizando-se dois sistemas de tampão: o contínuo AC - 0,04 M de ácido cítrico anidro em AD, pH 7,1 ajustado com N-(3-aminopropil)-morfolina, e sua diluição em AD de 1:20 utilizada como tampão do gel (Micales *et al.*, 1986); e o descontínuo RW de Ridgway *et al.* (1970) - 0,06 M de hidróxido de lítio e 0,3 M de ácido bórico, e como tampão do gel 0,03 M de Tris-HCl, 0,005 M de ácido cítrico anidro e 1 % do tampão do eletrodo, completando-se o volume para 3,75 litros com AD e ajustando-se o pH para 8,5.

Após o preparo e permanência do gel em refrigerador à temperatura de 4 °C, por uma hora, foi efetuado um corte no gel onde foram inseridas fitas de papel cromatográfico, de dois milímetros de largura, embebidas nas amostras. O gel foi submetido a uma corrida sob corrente constante, a 50 mA (150 v) para o sistema AC, e a 75 mA (200 v) para o RW, durante 20 min. As fitas de papel foram removidas e a eletroforese reiniciada por um período adicional de quatro horas. Em seguida, o gel foi seccionado e as fatias submetidas às soluções corantes para determinação da atividade enzimática (Yamada e Oliveira, 2000).

Entre os sistemas de isoenzimas avaliados por Yamada e Oliveira (2000), foram escolhidos quatro de maior destaque: fosfoglucomutase (PGM), malato desidrogenase (MDH), peptidase (PEP) e fosfoglucose isomerase (PGI), com o objetivo de se avaliar a variabilidade entre o conjunto

de isolados listados na Tabela 1. Informações adicionais sobre cada um deles são apresentadas na Tabela 2.

Análise dos Dados

Na obtenção da matriz de dados para análise, os resultados dos perfis isoenzimáticos foram codificados como 1 para presença, e 0 (zero) para ausência de bandas. A matriz de similaridade foi obtida utilizando-se o coeficiente de Dice (Sneath & Sockal, 1973) e a partir dela foi gerado um dendrograma através da análise de agrupamentos SAHN (*sequential agglomerative hierarchical and nested*) utilizando-se o método UPGMA (*unweighted pair-group method using arithmetic averages*) (Sneath & Sockal, 1973). Posteriormente, foi determinada a correlação cofenética entre a matriz de similaridade original e a matriz cofenética utilizando-se o software NTSYS - Pc (Rohlf, 1993).

Resultados e Discussão

Bons níveis de polimorfismo foram detectados entre os cinqüenta e três isolados de *C. perniciosa* com os quatro sistemas de enzimas: fosfoglucomutase (PGM), malato desidrogenase (MDH), peptidase (PEP) e fosfoglucose isomerase (PGI), examinados no presente estudo. Embora a maioria dos isolados tenha mostrado atividade enzimática e resolução clara das bandas para as enzimas avaliadas, um isolado tanto para PEP quanto para PGI, e dois para PGM exibiram baixa resolução ou nenhuma atividade, não podendo por isso ser escorados para estas enzimas. As quatro enzimas mostraram-se polimórficas apresentando 4-6 eletromorfos distintos, sendo detectados vinte alelos resolvidos em seis locos para todo o conjunto de isolados. Observou-se que a extensão do polimorfismo foi variável entre os locos, tendo sido identificados seis alelos em dois locos em PGM e MDH, e quatro e cinco alelos em apenas um loco para PEP e PGI, respectivamente. Tais níveis de polimorfismo são consistentes com os resultados obtidos com outros gêneros de fungos como *Phytophthora*, *Phyllosticta*, *Xylaria*, *Ganoderma*, *Trichoderma* e *Gliocladium* (Oudemans e Coffey, 1991; Leuchtmann *et al.*, 1992; Brunner e Petrini, 1992; Gottlieb *et al.*, 1998; Stasz *et al.*, 1988). A Figura 1 ilustra os resultados obtidos nas análises utilizando-se dezenove destes isolados de *C. perniciosa*. Apesar de se ter observado a existência de variação na complexidade dos padrões isoenzimáticos a depender do sistema avaliado, tal variação foi consistente para cada indivíduo.

Os níveis de similaridade entre os isolados, determinados pelo coeficiente de Dice, variaram entre 1,00, para isolados de solanáceas e de cacau da Bahia e Rondônia, a 0,003, entre o isolado Cp78 de cacau e Cp90 de cupuaçu, procedentes de Manaus. O isolado Cp78, pelo seu baixo

Tabela 1. Relação de isolados de *Crinipellis perniciosa* utilizados nos estudos.

Isolado	Hospedeiro	Fazenda	Município	Estado
Cp2	Cacau	Fazenda Sempre Viva	Uruçuca	Bahia
Cp3	Cacau	Fazenda Sempre Viva	Uruçuca	Bahia
Cp4	Cacau	Fazenda Sempre Viva	Uruçuca	Bahia
Cp5	Cacau	Fazenda Dois Amigos	Anurí	Bahia
Cp8	Cacau	Fazenda Pinheiro	Uruçuca	Bahia
Cp9	Cacau	Fazenda Santo Antônio	Camacan	Bahia
Cp11	Cacau	Fazenda Sempre Viva	Uruçuca	Bahia
Cp13	Cacau	Fazenda Santo Antônio	Camacan	Bahia
Cp14	Cacau	Fazenda Laranjeira	Ibiraptinga	Bahia
Cp18	Cacau	Fazenda Sempre Viva	Uruçuca	Bahia
Cp19	Cacau	Fazenda Palmeirinha	Uruçuca	Bahia
Cp21	Cacau	D ^a	Manaus	Amazonas
Cp22	Cacau	D	Altamira	Pará
Cp26	Cacau	D	Ouro Preto	Rondônia
Cp29	Cacau	Fazenda Serra Boa	Camacan	Bahia
Cp31	Cacau	Fazenda Chepote	Aurelino Leal	Bahia
Cp33	Cacau	CEPEC Q H'	Ilhéus	Bahia
Cp35	Jurubeba	Fazenda Montinho Verde	Aurelino Leal	Bahia
Cp37	Jurubeba	Fazenda Montinho Verde	Aurelino Leal	Bahia
Cp38	Jurubeba	Fazenda Três Irmãos	Ipiaú	Bahia
Cp39	Cacau	Fazenda Caprichosa	Camacan	Bahia
Cp42	Cacau	D	Floresta Azul	Bahia
Cp44	Cacau	CEPEC Q G	Ilhéus	Bahia
Cp46	Jiló	Escritório L. Buerarema	Buerarema	Bahia
Cp47	Cacau	D	Camacan	Bahia
Cp48	Jiló	Col. J. A. Macedo	Floresta Azul	Bahia
Cp49	Jiló	Núcleo Hab. da CEPLAC	Itabuna	Bahia
Cp50	Cacau	CEPEC – BAG (Novo)	Ilhéus	Bahia
Cp57	Cacau	Fazenda Caprichosa	Camacan	Bahia
Cp61	Cacau	Fazenda Nossa Sra. Fátima	Camacan	Bahia
Cp62	Cacau	Fazenda Nossa Sra. Fátima	Camacan	Bahia
Cp63	Cacau	Fazenda Nossa Sra. Fátima	Camacan	Bahia
Cp65	Cacau	CEPEC Q. H'	Ilhéus	Bahia
Cp67	Jurubeba	Fazenda Indaiá	Floresta Azul	Bahia
Cp69	Cacau	Fazenda Cantagalo	Itacaré	Bahia
Cp72	Cacau	Fazenda Monte Alto	Anurí	Bahia
Cp73	Cacau	Faz. Conjunto Sta. Luzia	Anurí	Bahia
Cp74	Solanaceae (<i>Solanum</i> sp.)	Fazenda Vitoriano	Camacan	Bahia
Cp75	Coarana	Fazenda Nossa Sra. Fátima	Camacan	Bahia
Cp77	Cacau	D	Jarú	Rondônia
Cp78	Cacau	D	Manaus	Amazonas
Cp82	<i>Ormosia arborea</i>	Fazenda Santo Antônio	Buerarema	Bahia
Cp85	Cacau	Fazenda Cirdes Benassi	Pau Brasil	Bahia
Cp86	Cacau	Fazenda Cirdes Benassi	Pau Brasil	Bahia
Cp87	Cacau	Fazenda Cirdes Benassi	Pau Brasil	Bahia
Cp89	Cupuaçu	D	Castanho	Amazônas
Cp90	Cupuaçú	Área Embrapa Km 31	Manaus	Amazônas
Cp91	Cupuaçú	Área Embrapa Km 70	Manaus	Amazônas
Cp93	Cacau	CENEX	Itajuipe	Bahia
Cp94	Cacau	Fazenda Pirajá	Buerarema	Bahia
Cp97	Cacau	Fazenda São Salvador	Itabuna	Bahia
Cp107	Cacau	CEPEC	Ilhéus	Bahia
Cp108	Caiçara	Fazenda Cobica	Itajibá	Bahia

^a D = desconhecida.

Tabela 2. Sistemas de enzimas com respectivos códigos e sistemas de tampões utilizados nos estudos.

Enzimas	Códigos	Sistemas de tampão ^a	
		AC	RW
1 - Fosfoglucomutase	2.7.5.1		x
2 - Malato desidrogenase	1.1.1.37	x	
3 - Peptidase	3.4.11.1	x	
4 - Fosfoglucose isomerase	5.3.1.9		x

^a Tampões utilizados nos respectivos sistemas de enzimas. AC: 0,04 M ácido cítrico, pH 7,1 ajustado com N-(3-aminopropil)-morfolina; e diluição de 1:20 como tampão do gel (Micale et al., 1986; Yamada e Guries, 1989). RW: 0,06 M Hidróxido de lítio e 0,3 M ácido bórico; e como tampão do gel: 0,03 M Tris-HCl, 0,005 M ácido cítrico anidro e 1% do tampão do eletrodo completando volume para 3,75 L, pH 8,5 (Ridgway et al., 1970).

nível de similaridade em relação a todo o conjunto de isolados, poderia ser perfeitamente considerado como uma identificação errônea ou mesmo um contaminante. O dendrograma gerado pela análise revelou com clareza a presença de dois grupos mais importantes: um compreendendo isolados de cacau da Bahia e Rondônia (do isolado Cp2 ao Cp29), e o outro constituído por isolados de solanáceas (do isolado Cp37 ao Cp67) (Figura 2), que apresentaram níveis de similaridade de 100% entre si, muito embora tenham ocorrido algumas discrepâncias, como

foram os casos do isolado Cp35, de jurubeba, que formou um grupo com os isolados de cacau, e do isolado Cp39, de cacau, que se agrupou com os isolados de jurubeba e de jiló.

Os isolados de cacau procedentes de Manaus (CP21 e Cp78) e de Altamira (PA) (Cp22), por exemplo, tiveram comportamento inteiramente diverso dos dois isolados de Rondônia, Cp26 e Cp77, que por sua vez não apresentaram quaisquer diferenças dos isolados de cacau da Bahia (Figuras 1 e 2). Tais resultados vêm reforçar suposições de que a provável introdução da doença na região sul da Bahia tenha se dado através de materiais vegetais infectados procedentes do estado de Rondônia, muito embora o número de isolados examinados que tinham tal procedência tenha sido muito pequeno.

Da mesma forma, isolados de cacau não mostraram grandes semelhanças com aqueles de outros hospedeiros, apesar dos níveis de similaridade apresentados pelos isolados de cacau do Pará e Amazonas estarem mais próximos dos de caiçara e dos de cupuaçu, originados do Amazonas, do que dos próprios isolados de cacau da Bahia e de Rondônia. No grupo das solanáceas, conquanto a maioria dos isolados de jurubeba tenham formado um grupo com os de jiló, um deles (Cp35) comportou-se de forma completamente diversa, exibindo alta similaridade e agrupando-se com os isolados de cacau da Bahia e Rondônia. Fato semelhante foi observado em relação aos isolados de cupuaçu que a despeito de um deles, Cp89, de

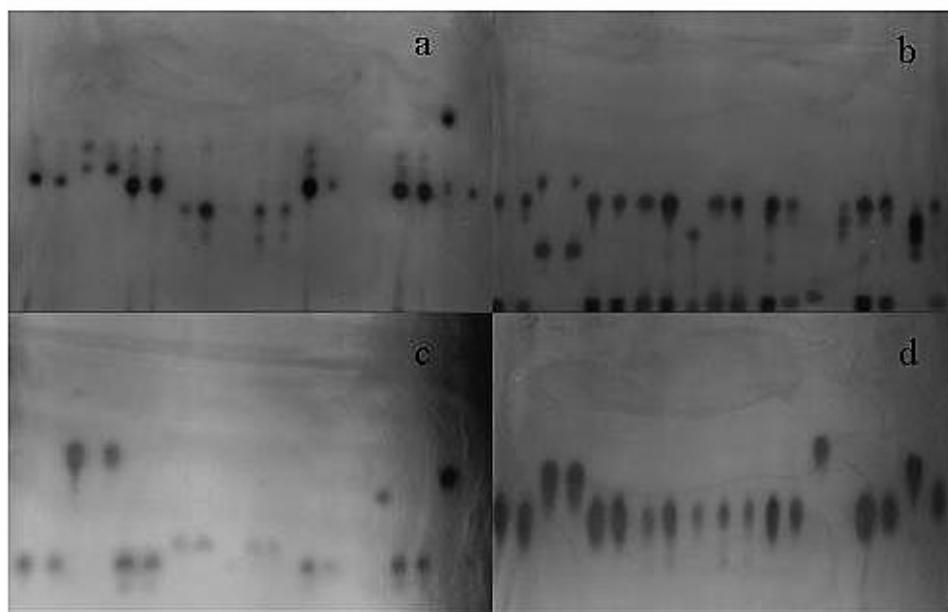


Figura 1. Eletromorfos de quatro sistemas de enzimas: a) Fosfoglucomutase (PGM), b) Malato desidrogenase (MDH), c) Peptidase (PEP) e d) Fosfoglucose isomerase (PGI) obtidos com dezenove isolados de *Crinipellis perniciosa* utilizando-se a eletroforese em gel de amido. Relação dos isolados da esquerda para direita: Cp2, Cp5, Cp21, Cp22, Cp26, Cp35, Cp38, Cp46, Cp48, Cp49, Cp67, Cp74, Cp77, Cp78, Cp82, Cp87, Cp89, Cp90, Cp91.

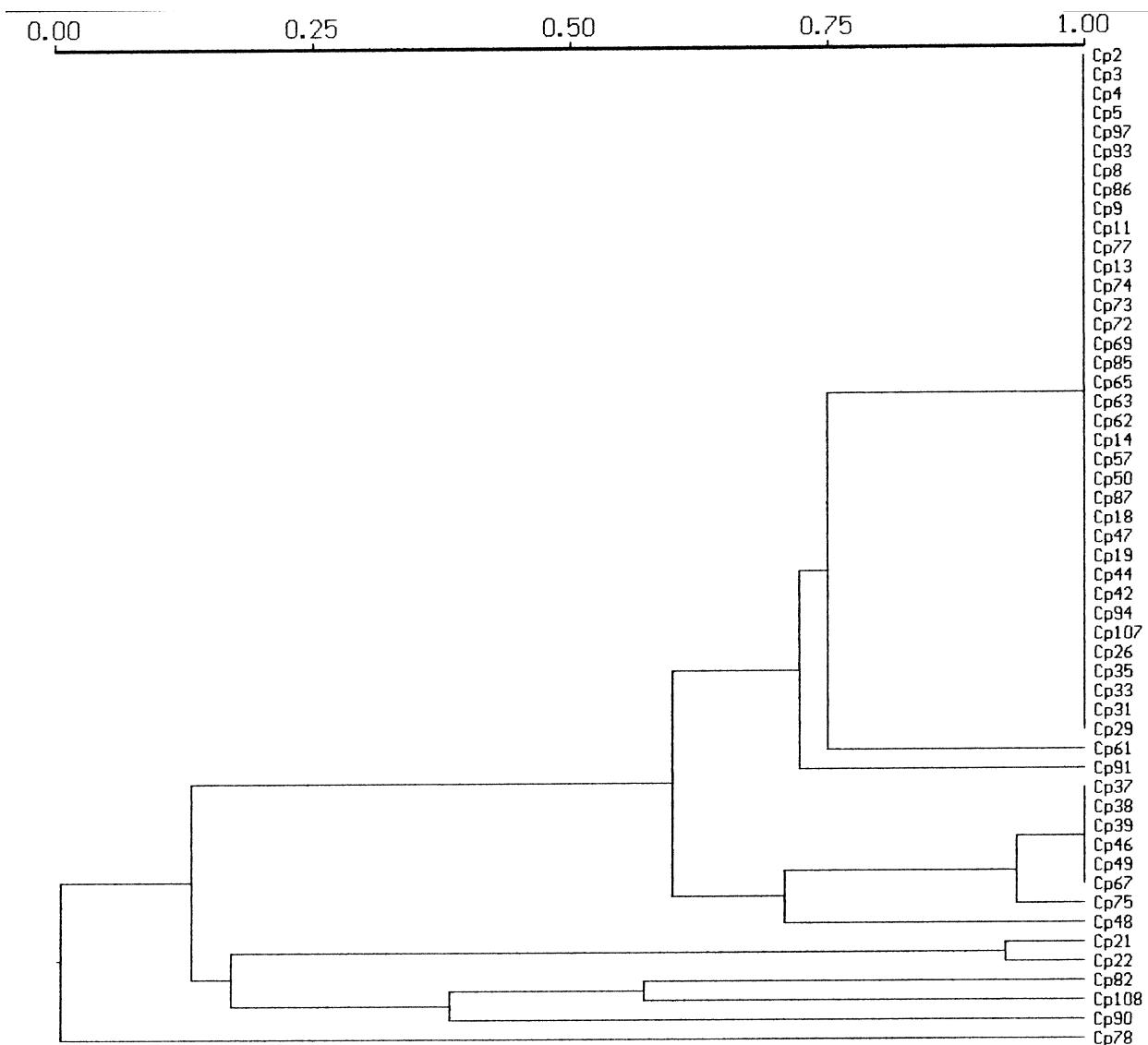


Figura 2. Dendrograma baseado na análise de isoenzimas mostrando agrupamentos de isolados de *Crinipellis perniciosa*. O dendrograma foi gerado pelo software NTSYS-pc através da análise de agrupamentos SAHN (*sequential agglomerative hierarquical and nested*) usando o método UPGMA (*unweighted pair-group method using arithmetic averages*).

Castanho (AM), ter apresentado semelhanças com os isolados de cacau da Bahia e de Rondônia, os outros dois, Cp90 e Cp91, de Manaus, tiveram comportamento diverso, com pequena semelhança aos indivíduos dos grupos de cacau e solanáceas.

O isolado de *Ormozia arborea* (Cp82) inicialmente identificado como *C. perniciosa* mostrou-se inteiramente diferente deste fungo, passando a não ser mais considerado como tal, principalmente, após a confirmação das diferenças também por outros critérios, incluindo morfologia.

Levando-se em consideração o nível de polimorfismo encontrado, a eletroforese em gel de amido demonstrou ser uma técnica útil em estudos de diversidade também

com o fungo *C. perniciosa*, principalmente, nos casos em que se busca efetuar comparações entre isolados de diversos hospedeiros, ou ainda com os do próprio cacaueiro, mas procedentes de localidades, estados ou países diferentes.

Agradecimentos

Ao Fundo Baiano para o Desenvolvimento da Cacaicultura (FUNDECAU) pelos recursos financeiros utilizados na aquisição de equipamentos, materiais de consumo e na concessão de bolsas de pesquisa aos autores.

Literatura Citada

- ANDEBRHAN, T. 1985. Variabilidade de isolados de *Crinipellis perniciosa*. In: Belém, CEPLAC/DEPEA. Informe de Pesquisas. pp. 30-32.
- ANDEBRHAN, T. 1988. Cultural and biochemical reactions of isolates of *Crinipellis perniciosa*, causative agent of witches' broom disease of cocoa. In: International Cocoa Research Conference, 10. Proceedings. Santo Domingo, Dominican Republic. pp. 363-366.
- ANDEBRHAN, T.; ALMEIDA, L. C. C. 1984. Crescimento micelial de *Crinipellis perniciosa* originado de vários locais da Amazônia Brasileira. In: Belém, CEPLAC/DEPEA. Informe Técnico.
- ANDEBRHAN, T.; BASTOS, C. N. 1985. Variabilidade de isolados de *Crinipellis perniciosa*. In: Belém, CEPLAC/DEPEA. Informe Técnico. pp. 51-56.
- ANDEBRHAN, T.; FONSECA, S. A. 1982. Resistência do cacaueiro a *C. perniciosa*. In: Belém, CEPLAC/DEPEA. Informe Técnico. pp. 70-75.
- ANDEBRHAN, T.; FURTEK, D. 1994. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis of *Crinipellis perniciosa* isolates from different hosts. Plant Pathology 43: 1020-1027.
- ANDEBRHAN, T., et al. 1999. Molecular fingerprinting suggests two primary outbreaks of witches' broom disease (*Crinipellis perniciosa*) of *Theobroma cacao* in Bahia, Brazil. European Journal of Plant Pathology 105: 167-175.
- BAKER, R. E. D.; HOLLIDAY, P. 1957. Witches' broom disease of cacao (*Marasmium perniciosus* Stahel). Kew. CMI. Phytopathological Paper n.º 2. 42p.
- BARTLEY, B. G. D. 1977. The status of genetic resistance in cacao to *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer. In: Conference International de Investigacion in Cacao, 6^a. Caracas, Venezuela. 1977. Actas. Lagos, Nigeria, Cocoa producer's Alliance. pp. 1-18.
- BASTOS, C. N.; ANDEBRHAN, T. 1986. Urucum (*Bixa orellana*) a new host of Witches' broom disease *Crinipellis perniciosa* of cocoa. Fitopatologia Brasileira 11:963-965.
- BASTOS, C. N.; EVANS, H. C. 1985. New pathotype of *Crinipellis perniciosa* (witches' broom disease) on solanaceous hosts. Plant Pathology 34: 306-312.
- BRUNNER, F.; PETRINI, O. 1992. Taxonomy of some *Xylaria* species and xylariaceous endophytes by isozyme electrophoresis. Mycological Research 96 (9): 723-733.
- EVANS, H. C. 1978. Witches' broom disease of cocoa (*Crinipellis perniciosa*) in Ecuador. 1. The fungus. Annual of Applied Biology 89:185-192.
- EVANS, H. C. 1980. Pleomorphism in *Crinipellis perniciosa*, causal agent of witches' broom disease of cocoa. Transactions of the British Mycological Society 74: 515-523.
- EVANS, H. C. 1981. Witches' broom disease – a case study. Cocoa Growers' Bulletin 32:5-19.
- EVANS, H. C.; BASTOS, C. N. 1981. Preliminary results of research on witches' broom disease of cacao (*Crinipellis perniciosa*) in the Amazonian Region of Brazil. In: Conference Internationale Sur la Recherche Cacaoyere, 7, Duala, Cameroun, 1979. Actes. London, J. de Lafforest and Transla-Inter Limited. pp. 255-256.
- GOTTLIEB, A. M.; SAIDMAN, B. O.; WRIGHT, J. E. 1998. Isoenzymes of *Ganoderma* species from southern South America. Mycological Research 102 (4): 415-426.
- GRIFFITH, G. W. 1989. Population structure of the cocoa pathogen *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer. PhD Thesis, University of Wales.
- HARRINGTON, T. C.; STEIMEL, J. P.; WINGFIELD, M. J.; KILE, G. A. 1996. Isozyme variation and species delimitation in the *Ceratocystis coeruleascens* complex. Mycologia 88: 104- 113.
- HEDGER, J. N.; PICKERING, V.; ARAGUNDI, J. 1987. Variability of populations of the witches' broom disease of cocoa (*Crinipellis perniciosa*). Transactions of the British Mycological Society 88: 533-546.
- KHASHNOBISH, A.; SHEARER, C. A. 1996. Phylogenetic relationships in some *Leptosphaeria* and *Phaeosphaeria* species. Mycological Research 100: 1355-1363.
- LEUCHTMANN, A.; 1992. Isozyme polymorphism in six endophytic *Phyllosticta* species. Mycological Research 96: 287-294.
- LUZ, E. D. M. N.; 1997. Cacau – controle de doenças. In: Vale, F. X. R.; Zambolim, L. eds. Controle de Doenças de Plantas – Grandes Culturas Vol. II. Viçosa, MG, UFV. pp. 611-649.
- LYNN, J. E.; VALLAVIELLE, C. 1984. Variation in protein profiles of Phytophthora: comparison of six species. Transactions of the British Mycological Society 83: 463-472.
- MCDONALD, B. A.; McDERMOTT, J. M. 1993. Population genetics of plant pathogenic fungi. Bioscience 43: 311-319.
- McGEARY, F. M.; WHEELER, E. J. 1988. Growth rates

- of, and micelial interactions between isolates of *Crinipellis perniciosa* from cocoa. Plant Pathology 37: 489-498.
- MICALES, J. A., BONDE, M. R.; PETERSON, G. L. 1986. The use of isozyme analysis in fungal taxonomy and genetics. Mycotaxon 27:405-49.
- OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. 2005a. Identificação e manejo das principais doenças do cacaueiro no Brasil. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 132 p.
- OLIVEIRA, M. L.; GRAMACHO, K. P.; SILVA, V. R. 2005b. Compatibilidade somática entre isolados de *Crinipellis perniciosa* originários da região cacaueira da Bahia. Agrotrópica (Brasil) 17(1): 53-60.
- OLIVEIRA, M. L.; 2003. Variabilidade isoenzimática entre isolados de *Crinipellis perniciosa* de cacau e outros hospedeiros. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 36, Uberlândia, MG. Resumo Expandido, REx. 206, Brasília, Sociedade Brasileira de Fitopatologia. Vol. 01. [CD ROM].
- OUDEMANS, P.; COFFEY, M. D. 1991. Isozyme comparison within and among worldwide sources of three morphologically distinct species of *Phytophthora*. Mycological Research 95: 19-30.
- PEREIRA, J. L. M. ; 1989. Primeira ocorrência da vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. Agrotrópica (Brasil) 1: 79-81.
- RIDGWAY, G. J., SHERBURNE, S. W.; LEWIS, R. W. 1970. Polymorphisms in the esterase of Atlantic herring. Transactions of the American Fisheries Society 99: 147-151.
- ROHLF, F. J. 1993. NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system. New York, Exeter Publishing. 148p.
- SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R 1973. Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification. San Francisco, W. H. Freeman. 573. p.
- STASZ, T. E., WEEDEN, N. F.; HARMAN, G. E. 1988. Methods of isozyme electrophoresis for *Trichoderma* and *Gliocladium* species. Mycologia 80 (6): 870-874.
- TOOLEY, P. W., FRY, W.E.; VILLAREAL GONZALEZ, M. J. 1985. Isozyme characterization of sexual and asexual *Phytophthora infestans* populations. Journal of Heredity 76: 431-435.
- WHEELER, B.E.J.; MEPSTED, R. 1982. Pathogenic races of *Crinipellis perniciosa*? In: Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, 8, Cartagena, Colombia, 1981. Actas. Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance. pp. 365-370.
- WHEELER, B.E. J.; MEPSTED, R. 1988. Pathogenic variability among isolates of *Crinipellis perniciosa* from cocoa (*Theobroma cacao*). Plant Pathology 37: 475-488.
- YAMADA, M. M.; OLIVEIRA, M. L. 2000. Métodos e protocolos para eletroforese em gel de amido de isoenzimas de *Crinipellis perniciosa*. Agrotrópica (Brasil) 12: 7-14.

CLORPIRIFÓS EM ÓLEO DE DENDÊ NO CONTROLE DE *Heilipus catagraphus* GERMAR (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM GRAVIOLEIRA

José Inácio L. Moura¹, Ricardo B. Sgrillo¹, Francisco J. Cividanes²

¹ CEPLAC/CEPEC, ESMAI, Caixa Postal 7, 45600-970, Itabuna, Bahia. jinacio@bitsnet.com.br

²FCAV / Departamento de Fitossanidade, Universidade Estadual Paulista, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n,
14884-900, Jaboticabal, São Paulo

Em estudos recentes, o curculionideo *Heilipus catagraphus* vem se destacando pelos danos econômicos causados a plantações comerciais de gravoleira, *Annona muricata*. Seu controle é particularmente difícil porque o inseto é descoberto somente quando a planta apresenta sintomas externos do ataque. O objetivo deste artigo foi avaliar a eficiência de clorpirifós misturado com óleo de dendê no controle de *H. catagraphus*. Foram testadas concentrações de 1%, 2% e 3% de clorpirifós misturado com óleo de dendê. Oito dias após a aplicação, os resultados mostraram que clorpirifós a 1% em óleo de dendê controlou 80% das larvas de *H. catagraphus*.

Palavras-chave: *Annona muricata*, óleo de dendê.

Chlorpyriphos in Palm Oil to the Control of *Heilipus catagraphus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) in soursop. The curculionid *Heilipus catagraphus* has been recently pointed out for its economic damages in commercial plantations of the sour sop, *Annona muricata*. Its control is particularly difficult, since the insect is found only when the infested plant shows external symptoms of attack. This study aims to evaluate the efficiency of chlorpyriphos mixed with palm oil to the control of *H. catagraphus*. Concentrations of 1%, 2% and 3% of chlorpyriphos diluted in palm oil were tested. Eight days after the application, the results showed that chlorpyriphos diluted at 1% has killed 80% of the *H. catagraphus* larvae.

Key words: *Annona muricata*, Palm Oil.

Introdução

A família Annonaceae compreende um grande número de gêneros e espécies, a maioria nativa das regiões tropicais e subtropicais. As principais espécies cultivadas nas regiões tropicais são *Annona squamosa* L., conhecida popularmente no Brasil como fruta-do-conde, ata ou pinha e a *Annona muricata* L., a graviola, que recebe o nome de “guanabana” nos países de língua espanhola e de “sour sop” em inglês (Kavati, 1992). A gravoleira é considerada nativa da América tropical, apesar de existir muita controvérsia quanto a seu lugar de origem: ela seria originária da América Central e/ou dos Vales Peruanos (Pinto et al., 1984).

Uma das maiores limitações na expansão da gravoleira são as pragas e doenças. Segundo Pena e Bennett (1995), cerca de 256 espécies de artrópodes estão associados a *Annona* sp. na região Neotropical. Na Venezuela e Colômbia, a produção de graviola foi reduzida em mais de 70% em virtude de ataques freqüentes de vespas do gênero *Bephratelloides* (Chalcidoidea: Eurytomidae) (Pereira et al., 1997). No Brasil, *Bephratelloides pomorum*, juntamente com *Cerconota anonella* (Lepidoptera: Oecophoridae) e *Cratosomus* sp. (Coleoptera: Curculionidae), destacam-se como pragas primárias devido aos importantes danos econômicos que causam (Moura et al., 2002).

Recentemente uma nova praga vem destacando-se pelos danos que vem causando a plantios comerciais de gravoleira no sul do Estado da Bahia, e nos estados de Espírito Santo e Minas Gerais. Trata-se do curculionideo *Heilipus catagraphus* Germar, conhecido como broca-do-coleto. O inseto quando no estádio adulto mede aproximadamente 2 cm de comprimento, é preto com duas faixas laterais de formato irregular e cor amarela em toda extensão do corpo (Figura 1). A larva tem coloração branca e mede cerca de 2 cm de comprimento.



Figura 1 - *Heilipus catagraphus* Germar, conhecido como broca-do-coleto.

Os danos são causados pela larva que, por alimentar-se na região do coleto sob a casca, interrompe a passagem da seiva e leva a planta à morte. Segundo Morales e Manica (1994), a larva pode também atingir a raiz pivotante até 10 cm abaixo da superfície do solo. Na literatura estão registradas as ocorrências de varias espécies de *Heilipus* (Lima, 1956), sendo que algumas destas vivem nas plantas cultivadas do Brasil, entre elas a amoreira e videira (Gallo et al., 1988). Segundo Sobrinho et al. (1988), os relatos da ocorrência de *H. catagraphus* em gravoleira estão restritos a pomares do Distrito Federal, mas sua presença em outras fruteiras (abacateiro, *Persea americana* Mill. e fruta-do-conde) é conhecida para os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Além do mais, segundo Cezar Fanton (comunicação pessoal), *H. catagraphus* é praga chave da gravoleira no Espírito Santo. Lourenço et al. (2003) registraram danos de larvas de *H. rufipes* Perty em abacateiro no Estado do Ceará. *H. elegans* Guérin-Méneville e *H. catagraphus* são citados ainda atacando tronco de abacateiro (Silva et al., 1984).

No seu estudo sobre os insetos-praga da gravoleira e seu controle, Oliveira et al. (2001) afirmaram que o controle de *H. catagraphus* é difícil porque a infestação pelo inseto é evidenciada somente quando a planta apresenta sintomas externos. Uma vez constatada a ocorrência, recomendam que a praga deve ser controlada com aplicação de monocrotofós, a 300 ml/100L, diretamente no coleto, a cada 30 dias. Sobrinho et al. (1998) chamaram a atenção para que não haja confundimento da infestação por *H. catagraphus* pela da broca-do-tronco *Cratosomus bombina bombina* (Fabricius). Os danos da broca-do-coleto limitam-se à região do coleto, ao contrário dos da broca-do-tronco que afetam mais intensamente ramos e caules finos.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de óleo de dendê misturado com clorpirifós em diferentes concentrações no controle de *H. catagraphus*.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em pomares comerciais de dois anos de idade, de gravoleira da variedade Morada, no município de Una (15°16'S 39°02'W), Estado da Bahia.

O experimento constou de três tratamentos com vinte repetições, realizado no período de junho a agosto de 2003. Foram testadas as concentrações de 1%, 2% e 3% de clorpirifós misturado com óleo de dendê, para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente. Testes prévios revelaram que o óleo de dendê, quando aplicado isoladamente, não teve nenhum efeito sobre as larvas de *H. catagraphus*. O óleo de dendê utilizado foi o da polpa por ser o mais comum na região do experimento e, portanto, de fácil aquisição pelos produtores.

A mistura foi pincelada sobre o tronco no local onde havia supostamente larvas de *H. catagraphus*. Após oito

dias, foi avaliada a eficiência dos tratamentos retirando-se a casca com auxílio de uma faca na região do coleto e contando-se o número de larvas vivas e mortas. Para análise dos dados, avaliou-se a função dose/mortalidade através dos modelos de Probit, Logístico (Finney, 1971).

Resultados e Discussão

Os dados originais das 20 repetições dos três tratamentos são apresentados no (Tabela 1).

Foi adotado o modelo de Probit por apresentar melhor ajuste aos dados. As estimativas dos parâmetros do modelo são apresentadas (Tabela 2). Através das variáveis do modelo Probit (Tabela 2) estimou-se as doses necessárias visando diferentes percentuais de mortalidade, conforme a Tabela 3. Os valores estimados de mortalidade e dose,

Tabela 1. Número de insetos vivos e mortos nos três tratamentos.

Tratamento					
1		2		3	
Vivos	Mortos	Vivos	Mortos	Vivos	Mortos
0	1	0	1	0	3
0	1	0	1	0	2
1	0	0	1	0	2
1	0	0	3	0	4
0	1	0	1	0	2
1	2	0	2	0	1
0	1	2	0	0	2
0	3	0	3	0	0
3	2	0	2	0	3
0	2	2	6	0	6
0	1	3	5	2	2
0	4	0	3	0	2
2	3	0	2	0	3
0	2	0	4	0	4
0	2	0	1	0	5
0	2	0	3	0	6
2	3	0	3	0	2
1	4	0	2	0	1
2	6	2	4	0	2
0	3	0	1	0	1
13	43	9	48	2	73

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros do modelo de Probit.

Variável	GL	Estimativas	Erro Padrão	Chi ²	Pr > Chi ²
INTERCEPT	1	0.67054164	0.177531	14.26595	0.0002
Log₁₀(Dose)	1	1.79711071	0.638925	7.911346	0.0049

Tabela 3. Doses necessárias (e respectivos intervalos de confiança) visando causar diferentes percentagens de mortalidade.

Proporção de mortalidade	Dose necessária (%)	Intervalo de confiança (95%)	
		Limite superior	Limite inferior
0.01	0.02150	1.08087E-6	0.12768
0.02	0.03048	3.41592E-6	0.15708
0.03	0.03805	7.08784E-6	0.17918
0.04	0.04495	0.0000123	0.19785
0.05	0.05148	0.0000192	0.21447
0.06	0.05777	0.0000280	0.22973
0.07	0.06393	0.0000391	0.24401
0.08	0.06999	0.0000527	0.25755
0.09	0.07600	0.0000692	0.27053
0.10	0.08199	0.0000888	0.28306
0.15	0.11224	0.0002495	0.34155
0.20	0.14407	0.0005668	0.39674
0.25	0.17847	0.00115	0.45136
0.30	0.21631	0.00215	0.50704
0.35	0.25850	0.00386	0.56508
0.40	0.30613	0.00672	0.62668
0.45	0.36054	0.01148	0.69323
0.50	0.42352	0.01942	0.76643
0.55	0.49751	0.03280	0.84858
0.60	0.58594	0.05575	0.94312
0.65	0.69389	0.09612	1.05562
0.70	0.82924	0.16956	1.19642
0.75	1.00507	0.30850	1.38890
0.80	1.24508	0.57763	1.70549
0.85	1.59809	1.04588	2.48585
0.90	2.18774	1.60383	5.49651
0.91	2.36015	1.72110	6.87894
0.92	2.56288	1.84572	8.83698
0.93	2.80595	1.98202	11.70460
0.94	3.10477	2.13597	16.09684
0.95	3.48461	2.31654	23.24757
0.96	3.99066	2.53861	35.94013
0.97	4.71458	2.83055	61.62828
0.98	5.88415	3.25832	126.71548
0.99	8.34394	4.04601	396.77066

assim como os valores reais, são apresentados na Figura 2.

A Figura 2 mostra que as doses 1%, 2% e 3% conferem uma probabilidade de mortalidade superando 70%, 80% e 90%, respectivamente. Contudo, observações posteriores (aproximadamente 20 dias após a primeira análise) revelaram que todas as larvas tinham morrido em consequência aos três tratamentos. Assim, o controle do *H. catagraphus* apresentou boa eficiência quando foram aplicadas as doses 2% e 3%. O óleo vegetal vendido no comércio, quando misturado com clorpirimifós, mostra-se também eficiente no controle de *H. catagraphus*. Entretanto, este tipo de óleo é 70% mais caro que o óleo de dendê.

É possível que *H. rufipes*, *H. elegans* e *H. catagraphus*, citadas como pragas do tronco do abacateiro, possam ser controladas também com a mistura de óleo de dendê e

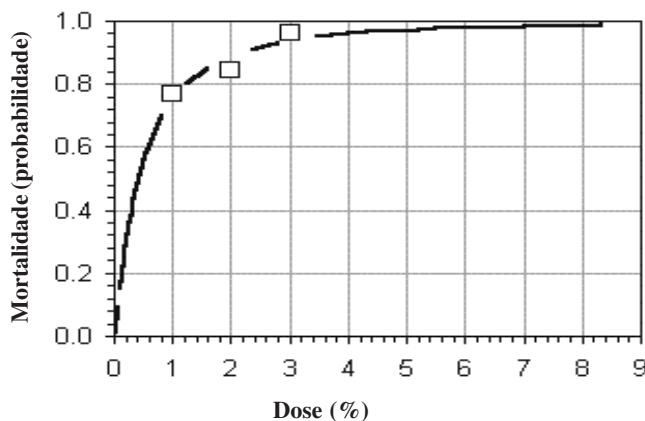


Figura 2. Valores estimados (linha) e reais (quadrados) da relação dose/mortalidade.

clorpirifós. A fruta-do-conde (*A. squamosa*) é severamente atacada por outras espécies de curculionídeos filófagos no sul da Bahia. Normalmente o controle desses insetos se faz pulverizando-se de forma generalizada às plantas com inseticidas. Esse método, além de ter eficiência duvidosa, implica em danos ao ambiente e alto custo operacional. Assim, é provável que a mistura clorpirifós em óleo de dendê seja também eficiente no controle destas pragas.

No contexto do manejo integrado de pragas, a tática de controle aqui preconizada para o controle de *H. catagraphus* pode ser considerada ecológica seletiva no espaço, ou seja, o produto deve ser aplicado somente nos locais onde as pragas encontram-se. Segundo Yamamoto (1992), na seletividade ecológica no espaço as pulverizações deverão ser dirigidas e não por pulverizações que irão atingir toda a parte aérea e, consequentemente provocar grande mortalidade de organismos benéficos.

Por último, ainda no âmbito do manejo integrado de pragas, é recomendada a catação manual das formas adultas de *H. catagraphus*. Entre os meses de setembro e novembro, no sul da Bahia, é comum observar estes insetos copulando e ovipositando sobre os troncos da gravioleira. Tratando-se de pequenas áreas de plantio, o uso de galinha-de-angola (*Numida meleagris*) também se mostra eficiente no controle das formas adultas de *H. catagraphus* (Niela, comunicação pessoal).

Literatura Citada

- FINNEY, D.J. 1971. Probit Analysis. Cambridge, University Press. 333p.
- GALLO, D. et al. 1988. Manual de entomologia agrícola. 2^a ed. São Paulo, Ceres. 649p.

- KAVATI, R. O. 1992. Cultivo da atemoya. In: Fruticultura tropical. Jaboticabal, Funep. p. 39-70.
- LIMA, A. COSTA. 1956. Insetos do Brasil: coleópteros: 4^a parte. Rio de Janeiro, Escola de Agronomia, v.10. (Série didática 12).
- LOURENÇÂO, A. L., N.B SOARES; G.H. ROSADO-NETO. 2003. Ocorrência e Danos de larvas de *Heilipus rufipes* Perty (Coleóptera: Curculionidae) em abacateiro (*Persea americana* Mill.) no Estado do Ceará. Neotropical Entomologica 32 (2): 363-364.
- MORALES, C.F.; I. MANICA. 1994. Moléstias e Pragas. In: I. Manica, M.R. et al. eds. Fruticultura-Cultivo das Anonáceas Ata-Cherimólia-Graviola. Porto Alegre, UFRGS. 116p.
- MOURA, J.I.L., E.R. LIMA; R.B. SGRILLO. 2002. Manejo Integrado das Pragas da Gravioleira. In: Poltronieri, L.S.; Trindade, D.R. eds. Manejo Integrado das Principais Pragas e Doenças de Cultivos Amazônicos. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. pp. 51-56.
- OLIVEIRA, M. A. S., et al. 2001. Insetos pragas e seu controle. In: Oliveira, M. A. S. O. ed. Graviola. Produção: aspectos técnicos. Embrapa Informação Tecnológica. 78p.
- PENA, J. E.; BENNETT, F. D. 1995. Arthropods Associated with *Annona* spp. In the Neotropics. Florida Entomologist 78(2): 329-349.
- PEREIRA, M.J.B.; ANJOS, N.; PICANÇO, M.C. 1997. Ciclo biológico del barrenador de semillas de guanabana *Bephratelloides pomorum* (Fab., 1908) (Hymenoptera: Eurytomidae). Agronomia Tropical 47: 507-519.
- PINTO, A.C.O.; GENÚ, P.J.C. 1984. Contribuição ao estudo técnico científico da graviola (*Annona reticulata* L.). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 7, Florianópolis. 529-46. Vitória da Conquista-BA. DFZ/UESB. 308p.
- SILVA, A.G D'A. et al. 1968. Família Curculionidae, subfamília Hylobiinae. In: Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil; seus parasitos e predadores, Parte II – Primeiro Tomo. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura, Laboratório Central de Patologia Vegetal. pp.510-514.
- SILVA, P., et al. 1985. A entomoteca Gregório Bondar do CEPEC, lista preliminar de insetos. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 125. 63p.
- SOBRINHO, R.B., et al. 1998. Pragas da Gravioleira. In: Sobrinho, R.B., Cardoso, J.E., Freire, F.C. (eds). Pragas de Fruteiras Tropicais de Importância Agroindustrial. Fortaleza, EMBRAPA/CNPAT. pp.131-141.
- YAMAMOTO, P.T., PINTO, A.S., PAIVA, P.E.B., GRAVENA, S. 1992. Seletividade de agrotóxicos aos inimigos naturais de pragas de citros. Laranja. 13: 709-755.

PCR ANALYSIS OF PHYTOPLASMA ASSOCIATED WITH 'MAIZE BUSHY STUNT' DISEASE IN TROPICAL MAIZE GENOTYPES CULTIVATED IN SOUTHEASTERN BRAZIL

Marilda Augusta Peres¹, Ubiraci Gomes de Paula Lana², Leandro Lopes Loguerio³

¹ Lab. Genômica e Biotecnologia, Universidade Católica de Brasília - UCB, Brasília-DF, Brasil;

²Núcleo de Biologia Aplicada - NBA, EMBRAPA Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas-MG, Brasil

³Depto. de Ciências Biológicas - DCB, Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, Ilhéus-BA, Brasil

The 'maize bushy stunt' (MBS) is a phytoplasma-based disease that has become a serious problem for tropical maize genotypes in Brazil. Universal-modified (16S rDNA) and MBS-specific primer-pairs were used in PCR experiments to verify the possibility of developing a simple and fast procedure to reliably detect MBS phytoplasma among field-sampled maize plants. Overall, the pattern of amplification was not consistently associated with disease phenotypes. Nevertheless, one-round PCR with these primers showed practical usefulness, as it was able to detect the presence of phytoplasma in symptomless plants, which would be otherwise miscored by phenotypic assessment. Interestingly, distinct patterns of amplification by these primers in the same set of samples indicated the simultaneous presence of at least two different phytoplasmas in some symptomatic plants; this was further suggested by direct partial sequencing of the Universal-primed amplicons and comparison with other phytoplasma sequences from GenBank, including a maize entry. Positive amplification was also obtained from embryo-derived tissue-cultured maize plantlets and from symptomatic and symptomless field-collected sorghum plants. The consequences of these findings for maize breeding programs and other research directions are discussed.

key words: MLO, mollicutes, mycoplasma-like organism, plant breeding, yellow disease

Análise de PCR de fitoplasma associado com 'enfezamento vermelho' do milho em genótipos tropicais cultivados no Sudeste do Brasil. O 'enfezamento vermelho' do milho (MBS) é uma doença causada por fitoplasma que se tornou um problema sério para genótipos tropicais de milho no Brasil. Pares de oligonucleotídeos iniciadores (*primers*) 'universais modificados' (16S rDNA) e específicos para MBS foram utilizados em experimentos de reação em cadeia da polimerase (PCR), para verificar a possibilidade de se desenvolver um procedimento simples e rápido para detectar com segurança fitoplasmas associados ao MBS em plantas de milho amostradas do campo. No geral, o padrão de amplificação não foi consistentemente associado com os fenótipos de doença das plantas. Apesar disso, uma única rodada de PCR com esses *primers* mostrou utilidade prática, pois foi capaz de detectar a presença de fitoplasma em plantas sem sintomas da doença, as quais teriam sido erroneamente classificadas apenas por avaliação fenotípica. Interessantemente, padrões distintos de amplificação para os dois pares de *primers*, a partir de um mesmo grupo de amostras, sugeriram a presença simultânea de pelo menos dois fitoplasmas diferentes em algumas das plantas com sintomas; isto foi reforçado por seqüenciamento parcial, diretamente a partir dos produtos de amplificação do par de *primers* universais-modificados, seguido de comparação com outras seqüências semelhantes do *GenBank*, que incluíram um acesso descrito para milho. Amplificação positiva também foi obtida a partir de plântulas de milho derivadas de embriões produzidos por cultura de tecidos, bem como de plantas de sorgo coletadas do campo, com e sem sintomas de enfezamento vermelho. As consequências desses resultados foram discutidas nos contextos de programas de melhoramento de milho e de futuras linhas de investigação.

Palavras-chave: Molicutes, fitoplasma, enfezamento do milho

Introduction

Phytoplasmas are wall-less, non-culturable phytopathogenic mollicutes that are parasites of plants and insects, and are associated with several 'yellow diseases' affecting economically significant crops (Lee, 1999). Dissemination of these microorganisms among plants occurs by phloem-feeding leafhoppers, mostly by species from the genus *Dalbulus* (Nault, 1990). The maize crop (*Zea mays* L.) produced in Brazil represents 8.3% of the world acreage (Anonymous, 1999), and has been severely affected by 'maize bushy stunt' (MBS) disease (Oliveira et al., 2003), caused by its corresponding phytoplasma (Bedendo et al., 2000). However, the possibility of maize infection by other types of mollicutes, such as the 'corn stunt spiroplasma' (CSS), and the 'maize rayado fino virus' (MRFV), has rendered phenotypic scoring difficult and insufficient for proper disease characterization (Oliveira et al., 2003), which is one reason why the name 'corn stunt complex' has been established (Kenyon et al., 1998). Molecular methods developed in the last two decades, such as immunological, DNA-hybridization, polymerase chain reaction (PCR), restriction fragment length polymorphism (RFLP) and sequencing have allowed the more reliable detection, identification, characterization and classification of phytoplasmas (Lee, 1999).

For maize genotypes cultivated in Brazil, the precise diagnosis of pathogens involved in the stunt disease complex was long hindered by the lack of information on the precise etiology of the identified cases. This context has changed significantly by the possibility of using PCR as a sensitive detection method for phytoplasmas, which has proven largely successful for several species (Lee et al., 2002; Berges et al., 2000; Gundersen et al., 1996), including tropical maize (Gomes et al., 2004; Bedendo et al., 2000; Barros et al., 1998). Surprisingly, though, a reliable and routinely established methodology for Brazilian maize stunt disease diagnosis based on molecular tools has not been reported thus far, such that the development of maize lines and hybrids resistant to this disease in Brazil has not been yet achieved. Aiming at providing a fast protocol that could assist maize breeding programs, we used two distinct primer-pairs, the 'universal-modified' (Lee et al., 1995) and 'MBS-specific' (Harrison et al., 1996), plus sequencing of amplicons of the expected size. The objectives of this work were to verify the possibility of using one-round PCR as a sufficient strategy for phytoplasma detection and identification in randomly collected corn plants from MBS-infected fields, as well as to see whether the different target sites on the phytoplasma DNA for each primer pair would always render the same amplification patterns for diseased and symptomless plants.

Results suggested that one-round PCR with two distinct primer-pairs is a method sufficiently sensitive for detecting the presence of phytoplasma in symptomless plants. Other findings pointing to the possibility of maize infection caused by more than one type of phytoplasma, as well as to issues related to tissue-cultured maize and sorghum as alternative host were also discussed.

Material and Methods

Total DNA was extracted from plant material obtained from experimental field areas of the National Research Center of Maize and Sorghum (CNPMS/EMBRAPA). A total of 33 symptomatic and symptomless maize samples were collected from the field, in plots previously identified as severely infested by MBS. As negative control, total DNA was extracted from uninfected maize plants obtained from seeds germinated in a growing chamber for seven days and transplanted to a greenhouse, being kept in complete isolation to prevent contact with vector insects. As positive control, total maize DNA from plants inoculated with phytoplasma by infected leafhoppers was generously provided by the Department of Entomology - ESALQ/USP (Piracicaba-SP, Brazil). The leaves were collected in the field, placed inside gauze sheets and immediately frozen in liquid nitrogen. Total DNA was extracted according to the protocol of Saghai-Marcoof et al. (1984), with at least three independent extractions for each plant sample collected. Care was taken to assure that no cross-contamination of templates occurred between samples in the PCR experiments. Two other sources of DNA were also tested: sorghum plants from the same experimental area, contrasting in their disease symptoms, and *in vitro*-cultured maize plantlets, originated from embryo explants.

The two primer-pairs employed in the experiments were the 'universal-modified' pair, R16NF2 and R16NR2, designed against 16S-rDNA from a series of phytoplasmas (Lee et al., 1995), yielding an expected fragment of 1.2 Kbp, and the maize bushy stunt specific pair, MBS1 and MBS2, designed against a non-rDNA genomic clone (Harrison et al., 1996) and amplifying a fragment of 0.74 Kbp. The PCR components in 25- or 10- μ L reaction volumes were used in the following amounts and concentrations: 20-30ng of sample DNA per tube, 10 mM Tris-HCl (pH 8.6), 50 mM KCl, 2 mM MgCl₂, 0.01% gelatin, 0.25 mM each dNTP, 0.5 μ M each primer, and 1.0 unit of *Taq* polymerase (Perkin ElmerTM). The PCR conditions were 94°C for 2 min, followed by 30 cycles of 94°C for 45 s, 52°C for 60 s and 72°C for 90 s, ending with an extension step of 72°C for 10 min. The amplification products were visualized by electrophoresis in 1% agarose

gels stained with ethidium bromide. Expected-size amplicons of 1.2 Kbp were excised from the gels, purified by QIAquick® spin-columns (QIAgen Inc, Santa Clarita, CA, USA), and direct sequenced by an ABI-377 automated DNA sequencing system (Perkin-Elmer, Foster City, CA, USA). For both the DNA purification from gel and the dye-terminator cycle sequencing procedures, the manufacturer's recommendations were followed.

Results and Discussion

The ability of the 'universal-modified' 16S-rDNA (Lee et al., 1995) and the 'MBS-specific' (Harrison et al., 1996) primer-pairs to distinguish between symptomatic and symptomless individuals was tested by one-round PCR of contrasting maize plants with respect to phenotypic evidence of the disease. Overall, one-round PCR experiments showed that the patterns of presence or absence of the 1.2- and/or 0.74-Kbp bands was not clearly associated with disease symptoms, nor to each other (Table 1). However, it was interesting to observe that phytoplasma was PCR-detected for the majority of symptomless plants tested (10 out of 13) by at least one type of primer. Considering that the three remaining symptomless plants not showing amplification by the 16S-rDNA primers (Table 1) were not tested for the MBS-specific, this would indicate that one-round PCR using

both primer pairs can be very useful to detect infected plants that would be otherwise missed by phenotypic scoring of absent disease symptoms. On the other hand, the lack of PCR detection on symptomatic plants would point to the need of further molecular analyses, either to confirm the presence of phytoplasma (e.g. by nested PCR, Lee et al., 2002; Gundersen et al., 1996), or to check for the presence of other pathogens of the 'corn stunt complex' (e.g. Oliveira et al., 2003; Pecci et al., 2002) that might be causing the symptoms. Therefore, the data is indicating that phytoplasma detection based on simple, one-round PCR amplification procedures using these two different DNA-target sites (primer pairs) can be useful for *early* detection in symptomless plants. Nevertheless, this approach alone is unlikely to be sufficient as a 100% reliable diagnosis method for diseased plants, as difficulties in matching symptom expression and pathogen detection is widely reported (Wilson et al., 2001; Lee et al., 2002); overall, PCR amplification inconsistencies are also frequently associated with several other issues, such as (i) the type of tissue that provide better phytoplasma titers for detection (Lee et al., 2002), (ii) the relationship between the titer of pathogen DNA in the plant and the sensitivity of the PCR technique for that species (Berges et al., 2000), (iii) the average time-course extending from phytoplasma inoculation to PCR detection and disease-symptoms development in susceptible genotypes, and (iv) whether the disease development and/or its symptoms severity depend upon the presence of only one or more phytoplasmas (e.g. Lee et al., 2002)(see below).

The combined PCR analysis using both primer-pairs (in separate reactions) in the same set of samples showed interesting results, as for the plants shown in Figure 1. While a proper association between symptoms and PCR detection was obtained for the universal-modified pair (Figure 1a), the MBS-specific amplicon appeared in *both* the symptomatic and symptomless plants (Figure 1b). Direct sequencing of gel-purified 1.2-Kbp fragments (from 16S-rDNA) yielded a sequenced stretch that was compared to other phytoplasma sequences in the *GenBank*, including two previously described maize sequences (Figure 2); the nature of this amplicon was confirmed by the 95% sequence identity obtained for this 296-bp region, which aligned with the MBS 'universal' sequence and with 98 other group I-B phytoplasmas in the database (data not shown). However, few singularities were detected in our sequence, which were consistent throughout the 100 alignments that resulted from the 'Blast-n' search performed. Although there is a possibility that these discrepancies might be caused by errors inherent to the procedure of direct sequencing of PCR-amplified

Table 1. PCR amplification results for 33 maize plants collected from field areas previously identified as being infested by MBS.

Primers / PCR results *	Type of plants		Total
	symptomatic	symptomless	
Universal-modified			
+	4	1	5
-	1	3	4
MBS-specific			
+	2	4	6
-	5	0	5
Univ. mod. & MBS			
+ / +	2 §	2	4
+ / -	4	1	5
- / +	0	2 §	2
- / -	2	0	2
Total	20	13	33

* Individual plants were tested either by only the R16NF2/R2 (universal-modified), only the MBS-specifics, or by both primer pairs in separate reactions. The plus (+) or minus (-) signs indicate presence or absence of the expected-size amplicon for the primer-pair used.

§ Correspond to the four plants whose PCR results were presented in Figure 1.

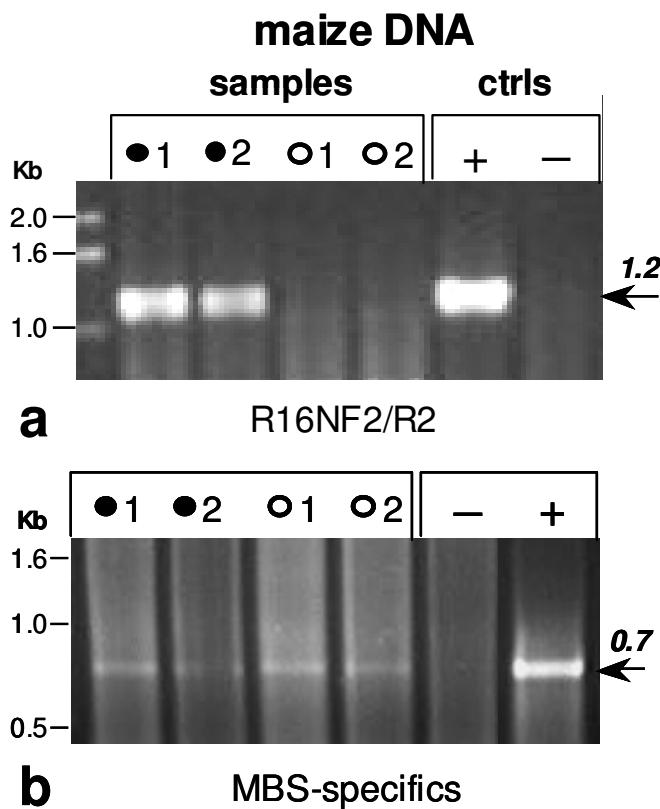


Figure 1. PCR amplification of total DNA from maize plants sampled from a field affected by the 'maize bushy stunt' (MBS) disease. DNA extracted from plants with (●) and without (○) symptoms of MBS served as template for (a) 'universal-modified' primers (Lee *et al.* 1995), amplifying phytoplasma 16S-rDNA, and (b) MBS-specific primers (Harrison *et al.* 1996) targeting a non-ribosomal DNA. Maize total-DNA templates in the control treatments were obtained from a surely uninfected plant (-), and from an infected one from a different geographical region in Brazil (+). Numbers above the arrows indicate the size of amplicons in 'Kbp'.

fragments, the possibility of this amplicon being from a different phytoplasma DNA cannot be ruled out (see below).

One might argue that MBS phytoplasmas would not be readily amplifiable by a one-round PCR with the 16S-rDNA primers, as they are commonly found in low-titers inside the plant (Gundersen *et al.*, 1996); contrariwise, one-round PCR with the MBS-specifics could detect less phytoplasmas because 0.74 Kbp is easier to amplify than 1.2 Kbp. The logic conclusion of this reasoning is that manifestation of disease symptoms would require more phytoplasma material, which would be also detectable by one-round PCR with the universal-primers (Figure 1a). However, some dilution experiments (data not shown) revealed that progressively less target DNA provided proportionally less intense amplicons. Since the intensity of the bands amplified by the MBS-specifics was fairly similar among the samples (Figure 1), different phytoplasma

titors seem not to be the case for the discrepant amplification patterns. Moreover, amplification of the 1.2 Kbp 'universal' band was also achieved in other *symptomless* maize samples (together with MBS-specific), as well as in plants that *did not* amplified the 0.74-Kbp MBS-specific band ('+/-' in Table 1); this is in sharp contrast with data in Figure 1, as well as with the above argument of easier amplification of smaller fragments.

Taken together, those results can suggest an alternative explanation for the amplification discrepancies shown in Figure 1 (and likely for others on Table 1). When the DNA of a single target organism is amplifiable by two primer-pairs binding to completely different sites (such as 'universal' and MBS-specifics), correct-size amplicons should be obtained for *both* cases if the corresponding organism's DNA is present in both reactions. Therefore, it is fair to assume that different patterns of presence or absence of amplicons in a same set of samples and PCR conditions (Figure 1, Table 1) could be indicating that the phytoplasma 'entity' (the target DNA) amplified by the universal-modified primers was *not* the same amplified by the MBS-specifics; at least one extra phytoplasma might be simultaneously present in the two symptomatic plants, whereas only the MBS would be in the symptomless plants (Figure 1). Similar results and explanations have been recently proposed to account for similar amplification discrepancies found between these primer-pairs (Oliveira *et al.*, 2003; Pecci *et al.*, 2002). This possibility of infection by more than one phytoplasma type is further strengthened by the following arguments: (i) multiple infection by different phytoplasmas is not uncommon in other species (Alma *et al.*, 1996), as different phytoplasmas have been found to be involved in the same disease (Lee *et al.*, 2002), i.e., the concept that one disease caused by a single phytoplasma is not always applicable (Bertaccini, 1999); (ii) individual plants in the same field may influence the type of phytoplasma that predominates and the disease symptoms expressed (Lee *et al.*, 1998); (iii) natural variability in maize-infecting phytoplasmas in Brazilian environments has been proposed (Gomes *et al.*, 2004), since certain isolates has shown to be better classified in phytoplasma group III-B-CYE (Barros *et al.*, 1998), contrariwise to the currently accepted classification of American MBS isolates into the 'aster yellow' group I-B (Gundersen *et al.*, 1996); (iv) no report is yet available in which it is demonstrated that the fragment amplified by the MBS-specific primers (Harrison *et al.*, 1996) does correspond to the exact same phytoplasma indicated by the recently described 16S rDNA-derived sequence from maize (*GenBank* accession no. AF487779, Figure 2); and (v) some electropherograms obtained from our sequencing procedures of the 1.2-kbp amplicons suggested there were

(209)
...TAGGTATGCTTAGGGAGGAGCTT-GCGTCACATTAGTTAGTTGGTGGGGT
....A.....-.....C.....A.A.....
AAAGGCCTACCAAGACTATGATGTGTAGCCGGCTGAGAGGGTTAACCGGC
.....
CACATTGGGACTGAGACACGGCCCAAACCTCCTACGGAGGCAGCAGTAGG
.....
GAATTTCGGCAATGGAGGAAACTCTGACCGAGC-AACGCCCGTGAAACG
.....T.....
ATGAAGTATTCGGTACGTAAAGTCTTTATTAGGGAGAATAATGAT
.....T.....
GGAAAAATCATCTGACGGTACCTAATGAATAAGCCCCGGCTAACTATGT..
....T.....C.....C...T.....G.....
(506)

Figure 2. Nucleotide sequence alignment of a 296-bp stretch, directly sequenced from gel-purified 1.2 Kbp fragments amplified by the universal-modified primers, with the corresponding maize phytoplasma sequence from the *GenBank* (accession no. AF487779 - sequence on top, corresponding to the region between the nucleotide positions shown in parenthesis). Dots are identities and dashes are introduced gaps to optimize the alignment. The amplified fragment showed 96.3% identity to the MBS sequence.

at least two templates in their reaction, reason why we faced trouble in obtaining a longer, unequivocal sequence (the ~300-bp stretch presented in Figure 2 corresponds to a very conserved region among several different phytoplasmas). This appears as an extra evidence that a mixed infection has been indeed identified. Further cloning and sequencing of the gel-purified amplicons will certainly allow sorting through the sequence variants, as well as confirming or not the sequence singularities found in our case (Figure 2, see above).

To further assess the detection capability of one-round PCR with these two primer-pairs, we performed amplification experiments with other sources of DNA, namely tissue-cultured maize and sorghum plants (Figure 3). The results were intriguing. The fact that MBS-specific primers were capable of amplifying an expected-size fragment from tissue-cultured DNA agreed with previous data showing detection of MLOs in *in vitro*-cultured plant tissues (Bertaccini et al., 1992). However, the fact that *embryos* were the original explants in our case becomes relevant, since it would suggest this pathogen has the capability to be transmitted by seeds in tropical maize. If this postulation is confirmed by other appropriately designed experiments, the strategy of controlling this disease based on the planting of mollicute-free stocks should then be reexamined, as these pathogens have long been considered as non-transmissible by seeds (Garnier, 1999).

Furthermore, the positive amplification of only MBS-specific in the tissue-cultured maize DNA (Figure 3b) would add support to the contention of independent amplification of different phytoplasmas by these two primer-pairs, as discussed above. In the case of the sorghum DNA, both primer-pairs were capable to amplify bands from both symptomatic and symptomless phenotypes, although not one, but two closely-sized bands at the expected 0.74 Kbp position were detected for the MBS primer-pair (Figure 3b). Considering these results could suggest this species might be an alternative host for a 'MBS-like' type of phytoplasma, which was deemed as not possible for MBS infection (Nault, 1980), further characterization of these fragments shall be necessary.

In this paper, we addressed and discussed some aspects related to the MBS disease context in Brazil. A point that remains to be expanded upon is the occurrence of positive PCR amplifications in symptomless plants. Are these due to the pathogen's lag-phase, in which its molecular detection may occur before the triggering of disease development? Are they due to the existence of a 'non-disease' mode of plant-pathogen interaction in tropical niches? Are they due

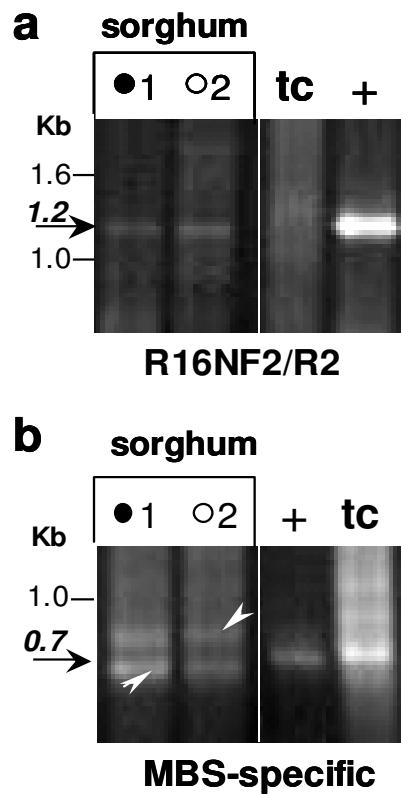


Figure 3. PCR amplification of total DNA from tissue-cultured ('tc') maize plants, and from sorghum, using the universal (a) and the MBS-specific primer-pairs (b). White arrowheads point to amplicons of a different size from the expected. Positive (+) control DNA was the same described in Fig. 1.

to a pathogen titer that is either not great enough to cause damage (Berges et al., 2000), or not evenly distributed throughout the plant body (Lee, 1999)? Or yet, are they due to genotypic tolerance in maize that affords the presence of the phytoplasma without developing disease response? On the basis of the work here presented, further research aiming at answering these questions will provide very important clues to understand the epidemiology and expression of this disease in brazilian corn fields.

Acknowledgments

The authors are grateful to Drs. Elisabeth Oliveira and Edilson Paiva for the early and insightful comments, as well as for the entire infrastructure provided for the experiments. This work was supported by PRONEX-FINEP (Brazil). Post-doctorate fellowships were granted to M.A.P and L.L.L. by FAPEMIG

Literature Cited

- ALMA, A.; et al. 1996. Mixed infection of grapevines in northern Italy by phytoplasmas including 16S rRNA RFLP subgroup 16SrI-B strains previously unreported in this host. *Plant Disease* 80: 418 - 421.
- ANONYMOUS. 1999. Food and Agriculture Organization. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>.
- BARROS, T.S.L.; KITAJIMA, E.W.; RESENDE, R. 1998. Divergence of Brazilian phytoplasmas based on analysis of 16S rDNA. *Fitopatologia Brasileira* 23: 459 - 465.
- BEDENDO, I.P.; DAVIS, R.E.; DALLY, E.L. 1997. Molecular evidence for the presence of maize bushy stunt phytoplasma in corn in Brazil. *Plant Disease* 81: 957.
- BEDENDO, I.P.; DAVIS, R.E.; DALLY, E.L. 2000. Detection and identification of the maize bushy stunt phytoplasma in corn plants in Brazil using PCR and RFLP. *International Journal of Pest Management* 46: 73 - 76.
- BERGES, R.; ROTT, M.; SEEMÜLLER, E. 2000. Range of phytoplasma concentrations in various plant hosts as determined by competitive polymerase chain reaction. *Phytopathology* 90: 1145 - 1152.
- BERTACCINI, A.; DAVIS, R.E.; LEE I-M. 1992. *In vitro* micropropagation for Maintenance of Mycoplasma-like Organisms in Infected Plant Tissue. *HortScience* 27: 1041 - 1043.
- BERTACCINI, A. 1999. Phytoplasmas and yellow diseases. First Internet Conference on Phytopathogenic Mollicutes. <http://www.uniud.it/phytoplasma/pap/bert8310.html>.
- HARRISON, N.A. et al. 1996. PCR assay for the detection of the phytoplasma associated with maize bushy stunt disease. *Plant Disease* 80: 263 - 269.
- GARNIER, M. 1999. Epidemiology and control of phytoplasma diseases. First Internet Conference on Phytopathogenic Mollicutes. <http://www.uniud.it/phytoplasma/pap/garn3890.html>.
- GOMES, E.A.; et al. 2004. Genetic variability of Brazilian phytoplasma and spiroplasma isolated from maize plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 61 - 65.
- GUNDERSEN, D.E.; et al. 1996. Genomic diversity and differentiation among phytoplasma strains in 16S rRNA group I (aster yellows and related phytoplasmas) and III (X-disease and related phytoplasmas). *International Journal of Systematic Bacteriology* 46: 64 - 75.
- KENYON, L.; HENRÍQUEZ, N.P.; HARRISON, N.A. 1998. Diagnosis and detection of phytoplasma diseases of tropical crops. *Proceedings Brighton Crop Protection Conference - Pests & Diseases* 3: 779 - 786.
- LEE I-M.; BERTACCINI, A.; VIBIO, M.; GUNDERSEN, D.E. 1995. Detection of multiple phytoplasmas in perennial fruit trees with decline symptoms in Italy. *Phytopathology* 85: 728 - 735.
- LEE, I-M.; GUNDERSEN-RINDAL, D.; BERTACCINI, A. 1998. Phytoplasma: ecology and genomic diversity. *Phytopathology* 88: 1359 - 1366.
- LEE, I-M. 1999. Molecular-based methods for the detection and identification of phytoplasmas. First Internet Conference on Phytopathogenic Mollicutes. <http://www.uniud.it/phytoplasma/pap/leex9630.html>.
- LEE, M.E.; GRAU, C.R.; LUCAESKO, L.A.; LEE I-M. 2002. Identification of aster yellows phytoplasmas in soybean in Wisconsin based on RFLP analysis of PCR-amplified products (16S rDNAs). *Canadian Journal of Plant Pathology* 24: 125 - 130.
- NAULT, L.R. 1980. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. *Phytopathology* 70: 659 - 662.
- NAULT, L.R. 1990. Evolution of an insect pest: maize and the corn leafhopper, a case study. *Maydica* 35: 165 - 175.
- OLIVEIRA, E.; et al. 2003. Ocorrência e perdas causadas por molicutes e vírus na cultura do milho safrinha no Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 19 - 25.
- PECCI, M.P.G.; et al. 2002. Ocorrência de doenças causadas por molicutes e por vírus em milho nas províncias de Tucumán e de Córdoba na Argentina. *Fitopatologia Brasileira* 27: 403 - 407.
- SAGHAI-MAROOF, M.A.; et al. 1984. Ribosomal DNA spacer length polymorphism in barley: Mendelian Inheritance, chromosomal location and population dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 81: 8014 - 8018.
- WILSON, D.; BLANCHE, K.R.; GIBB, K.S. 2001. Phytoplasmas and disease symptoms of crops and weeds in the semi-arid tropics of the Northern Territory, Australia. *Australasian Plant Pathology* 30: 159 - 163.

DESEMPENHO DE UM SISTEMA AGROFLORESTAL: CACAUEIROS E ESSÊNCIAS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES, RONDÔNIA

Caio Márcio Vasconcellos Cordeiro de Almeida¹, Manfred Willy Müller², Antônio Paulo Rodrigues Silva³

¹CEPLAC/Superintendência Regional do Estado de Rondônia - SUERO. Av. Gov. Jorge Teixeira, 86. Bairro Nova Porto Velho. 78906-100. Porto Velho, Rondônia, Brasil. E-mail: caiomarcio-ro@ceplac.gov.br;

² CEPLAC/CEPEC. Caixa Postal 07. 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil. ³CEPLAC/SUERO/Escritório Local de Ariquemes.

Este estudo de caso teve como objetivo analisar no município de Ariquemes, Rondônia, numa propriedade rural considerada rentável, o nível tecnológico utilizado no manejo de 5,4 ha de sistema agroflorestal cacaueiros e essências florestais e avaliar as condições sócioeconômicas, como modelo demonstrativo de gerenciamento agrícola para a extensão rural e produtores rurais. Os dados obtidos revelam que o nível tecnológico utilizado no manejo do SAF compreende: uma roçagem e duas a três desbrotas dos cacaueiros; poda e controle cultural da vassoura-de-bruxa de agosto a novembro, com repasse desse controle em dezembro e janeiro; controle químico do monalônio e fertilização química dos cacaueiros de forma não sistemática. Para executar estas práticas na safra de 2004/2005 o meeiro e sua companheira investiram 425,2 jornadas de trabalho, significando uma jornada para produzir 15,7 kg de amêndoas secas. A análise da produção das safras de 2002 a 2005 mostrou que apesar do uso de formulação não adequada de fertilizante e dosagens insuficientes em algumas situações, a produtividade variou de 769,4 a 1.237,6 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de amêndoas secas de cacau. A receita média anual para a área (5,4 ha) das três safras analisadas equivaleu a uma renda média mensal de 6,14 salários mínimos vigentes, ficando para o meeiro e proprietário, respectivamente, 3,19 e 2,95 salários mínimos. A receita média de 6,14 salários mínimos equivale à US\$ 688,40 (agosto/2004 a julho/2005), desempenho econômico este considerado muito bom e suficiente para manter uma boa qualidade de vida no meio rural.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, desempenho agrosócioeconômico, vassoura-de-bruxa, controle cultural

Performance of an agroforestry system: cocoa and timber trees in Ariquemes municipality, Rondônia.

Rondônia. The objective of this case study was to analyze in the Ariquemes municipality, Rondônia, in a rural property considered profitable, the technological level used in the management of 5.4 ha of an agroforestry system with cocoa and woody trees and evaluate its socio-economic conditions, as demonstrative model of agricultural management for the extension service and farmers. The results obtained revealed that the used technological level in the management of the SAF comprises: one weeding and two to three sprout thinning of the cocoa trees; pruning and cultural control of witches' broom from August to November, repeating this control in December and January; insects chemical control and chemical fertilization of the cocoa trees in a non-systematic form. To execute these practices in the 2004/2005 cropping season, the sharecropper and his wife invested 425.2 workdays, meaning one workday to produce 15.7 kg of dry cacao. Analysis of the production from 2002 to 2005 cropping seasons showed that despite the use of inadequate fertilizer formulations and insufficient dosages in some situations, the productivity varied from 769.4 to 1,237.6 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ of cacao dry beans. The annual average income per area (5.4 ha) of the three analyzed harvests was equivalent to a monthly average income of 6.14 effective minimum wages, corresponding to 3.19 and 2.95 minimum wages for the sharecropper and owner, respectively. The average income of 6.14 minimum wages is equivalent to US\$ 688.40 (August/2004 to July/2005), economic performance considered very good and enough to keep a good quality of life in the agricultural area.

Key words: *Theobroma cacao*, agrosocioeconomic performance, witches' broom, cultural control.

Introdução

A atividade cacaueira para fins comerciais encontra-se presente em Rondônia desde 1971, com a implantação do Projeto Integrado de Colonização (PIC) Ouro Preto, primeiro projeto fundiário criado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA em Rondônia, atualmente município de Ouro Preto do Oeste. Naquela década, inúmeros projetos de colonização foram estabelecidos na Amazônia como estratégia governamental para fixar excedentes de mão-de-obra de outras regiões do país e auxiliar no processo de formação de núcleos populacionais nos ‘vazios demográficos’, promovendo o desenvolvimento econômico da região. Nesses projetos, especialmente no Pará e Rondônia, a atividade cacaueira constituía uma das estratégias de fixação do homem no meio rural, onde existiam condições apropriadas de clima e solo (CEPLAC, 1977).

A criação de pólos cacaueiros na Amazônia estava consentânea com a política do governo federal para integrar a Amazônia à conjuntura nacional. A perspectiva de desenvolver atividade de longo prazo e demandadora de mão-de-obra como a cacaicultura atenderia plenamente ao objetivo de fixar mão-de-obra de outras regiões, auxiliando na formação dos núcleos populacionais. A utilização da força de trabalho do conjunto familiar tornaria essa atividade mais competitiva, por reduzir os custos de produção e resistir melhor aos períodos de preços baixos (CEPLAC, 1977). Os custos ecológicos com o estabelecimento da cacaicultura seriam mínimos porque apenas uma pequena fração da vegetação natural seria substituída por uma atividade econômica que reúne atributos de sustentabilidade da floresta heterogênea no que se refere à proteção dos solos tropicais, além de benefícios quanto à reciclagem de nutrientes, poder tampão do sombreamento frente a condições ecológicas adversas, aproveitamento racional dos fatores espaço e luz, dentre outros (Alvim, 1977; Alvim, 1989). A implantação de módulos de 10 ha de cacaueiros potencializaria e geraria renda mensal equivalente a seis ou sete salários mínimos regionais (CEPLAC, 1977), possibilitando uma boa qualidade de vida para produtores de regiões pobres do Nordeste ou de minifúndios do Sul e Sudeste do país.

Previa-se implantar na Amazônia, até 1985, 160 mil ha de cacaueiros, dos quais 100 mil em Rondônia. Destes, 20 mil ha nos PIC’s, 30 mil no Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) “Burareiro” e 50 mil no Projeto “Burareiro” Licitação, com a participação de empresas (CEPLAC, 1977). Contudo, por diversas razões, essa atividade compreende em Rondônia 43,1 mil ha em 44 municípios, com produção anual de 20,7 mil t (FIBGE, 2005), sob a assistência técnica da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC.

Numa interpretação equivocada de agricultura na Amazônia, Rondônia representou no passado a terra do mito, a crença pueril de que o simples acesso à posse da terra garantiria um futuro de progresso para os agricultores (Miranda, 1987). Questões sobre: como tornar viável e se possível rentável a pequena propriedade rural nas condições socioeconômicas e agroecológicas de Rondônia ou como promover o desenvolvimento sustentável da unidade produtiva e melhorar a qualidade de vida do homem no meio rural são temas de debates na sociedade civil organizada. Quais as razões que tornam os sistemas agroflorestais (SAF) com cacaueiros em atividade de sucesso, em termos agro-econômicos, para alguns e em fracasso para outros? Porque um cacaueiro torna-se empresário agrícola de sucesso e seu vizinho, também cacaueiro, não tem êxito? Tais perguntas requerem análise mais apurada por parte da comunidade envolvida nesse segmento do agronegócio cacau em Rondônia.

Este estudo de caso objetiva analisar, numa propriedade rural considerada rentável, o nível tecnológico utilizado no manejo de SAF cacaueiros e essências florestais e avaliar as condições socioeconômicas, como modelo demonstrativo de gerenciamento agrícola.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na propriedade do Sr. José Rodrigues Sobrinho, localizada no antigo Projeto de Assentamento Dirigido Burareiro, Linha 60, Lote 11 da Gleba 8, em Ariquemes ($9^{\circ} 54' 48''$ S e $63^{\circ} 2' 27''$ W), Rondônia, município de maior produção de cacau do Estado com 8,4 mil hectares (FIBGE, 2005).

A propriedade estudada possui uma área de 82,5 ha, sendo o uso da terra composto por 46,5 ha de floresta primária, 25,0 ha de SAF cacaueiros e essências florestais, 10,0 ha de capoeira e 1,0 ha para moradia e roçado de culturas de subsistência. Dos 25,0 ha de SAF, área correspondente à três mil cacaueiros safreiros, sem determinar sua extensão, objeto deste estudo, foi disponibilizada, a partir de 2002, para contrato de parceria agrícola com trabalhador rural, a partir daí denominado meeiro.

O clima da região é caracterizado como Aw na classificação de Köppen, temperatura média anual de 25,9°C e precipitação pluviométrica anual de 1925 mm. A altitude média da região é de 300 m, com predominância de solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, ocorrendo também manchas de Latossolo Vermelho-escuro, Cambissolos eutróficos e em menor quantidade Latossolo Amarelo distrófico. A vegetação foi classificada como Floresta Ombrófila Aberta Submontana.

A metodologia adotada constou de entrevista direta com

o proprietário do imóvel e o meeiro, para o levantamento de informações quantitativas e qualitativas sobre os diferentes aspectos da propriedade rural e das tecnologias utilizadas no SAF em foco, bem como os fatores sócioeconômicos relacionados. As informações foram complementadas pelos técnicos da CEPLAC que prestam assistência técnica à propriedade pesquisada.

Resultados e Discussão

Manejo da atividade agroflorestal

O estudo de caso compreendeu SAF com três mil cacaueiros safreiros e essências florestais, equivalente a 5,4 ha, implantada em 1978/1979, no espaçamento de 3,0 x 3,0 m para os cacaueiros, e de 24,0 x 24,0 m para o sombreamento definitivo, composto das espécies: freijó-louro (*Cordia alliodora*), cedro-rosa (*Cedrela odorata*) e ipê-roxo (*Tabebuia serratifolia*). Como sombreamento provisório implantou-se, em 1978, a bananeira (*Musa sp.*) nas entrelinhas dos cacaueiros, no mesmo espaçamento dessa cultura. Os cacaueiros foram formados a partir de sementes de variedades híbridas produzidas no Centro de Pesquisas do Cacau – CEPEC, em Ilhéus, Bahia.

O SAF permaneceu em abandono durante quatro anos (1993 a 1996), atingindo os cacaueiros o nível III de infecção por vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa*), a mais grave manifestação dessa enfermidade na região. O proprietário atual adquiriu o imóvel em 1996 quando iniciou a recuperação dessa atividade com os seguintes tratos culturais: i) replantio do sombreamento definitivo – adensou o sombreamento com freijó-louro, para o espaçamento de 6,0 x 6,0 m, em 1996; ii) manejo cultural da vassoura-de-bruxa - realizado em 1997 e 1998 com poda de rebaixamento e remoção de partes infectadas da planta. A

partir daí, realiza anualmente poda e controle cultural de agosto a novembro e repasse em dezembro e/ou janeiro; iii) fertilização química dos cacaueiros - aplicação de 250 g.planta⁻¹ da formulação NPK (4-30-10), em novembro de 2002 e 300 g.planta⁻¹ da fórmula NPK (4-30-16), em novembro de 2003; iv) correção da acidez do solo - aplicação de 1.800 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico (70% PRNT), em abril de 2004; v) replantio do estande cacaueiro – replantou 500 mudas de variedades híbridas, em dezembro de 2002; vi) controle químico de pragas – realizou controle químico de monalônio (*Monalonion annulipes*), em abril de 2003, novembro de 2004 e maio de 2005. Ademais, realiza, anualmente, uma roçagem e de duas a três desbrotações dos cacaueiros.

O SAF foi implantado em solo com acidez elevada, baixo teor de fósforo e médios de potássio e de cálcio + magnésio (Tabela 1). A análise das adubações mostra que houve desproporcionalidade entre as quantidades de nutrientes aplicadas. De acordo com Nakayama (2001), com base nas análises químicas de solo, o ideal seria a aplicação de 60-90-30 kg.ha⁻¹ dos nutrientes N – P₂O₅ – K₂O, respectivamente. No entanto, considerando as formulações e dosagens aplicadas, verifica-se: i) primeira adubação – as aplicações de N – P₂O₅ – K₂O equivaleram, respectivamente, a 18,5%, 92,6% e 92,6% da formulação adequada (60 – 90 – 30) e ii) segunda adubação – tais aplicações equivaleram, respectivamente, a 22,2%, 111,1% e 177,8% dessa formulação. Assim, verifica-se tanto o desequilíbrio entre as quantidades de nutrientes, como a insuficiência deles, na maioria das situações, ou o desperdício, no caso de P₂O₅ – K₂O, na segunda aplicação. Pelo fato de Rondônia ocupar lugar de destaque no mercado nacional de produção de café, via de regra, os adubos disponíveis são destinados a esse cultivo, que representa cerca de 167,7 mil ha no Estado (FIBGE, 2005).

Apesar destas considerações, observam-se os efeitos benéficos da fertilização (Tabela 2) na produção por planta

Tabela 1 - Resultados da análise química de solos da área avaliada com atividade agroflorestal. CEPLAC/CENEX. 2002.

pH em água	P mg/dm ³	K	Ca + Mg	H + Al mmol _c /dm ³	Al	T	V %
4,8	1,0	2,79	22,9	52,8	1,8	78,5	33

Tabela 2. Produção (kg) e produtividade (kg e @.ha⁻¹) em amêndoas secas de cacau da área com 5,4 ha de atividade agroflorestal.

Safra (ano)	Produção		Produtividade	
	Kg.5,4 ha ⁻¹	Kg.planta ⁻¹	Kg.ha ⁻¹	@.ha ⁻¹
2002 / 2003	4.154,6	1,38	769,4	51,29
2003 / 2004	6.189,6	2,06	1.146,2	76,41
2004 / 2005	6.683,2	2,23	1.237,2	82,48

e na produtividade da área. As safras de 2003/2004 e 2004/2005 apresentaram incrementos de produtividade de 49,0% e 60,8%, respectivamente, em relação à de 2002/2003, quando foi iniciado o uso dessa técnica. A produtividade superior a 1.200 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de amêndoas seca confirma as expectativas expressas em documentos sobre a factibilidade do agronegócio cacau em áreas de fronteira agrícola na Amazônia brasileira utilizando variedades híbridas e nível tecnológico apropriado (CEPLAC, 1977). Ela equivale a 2,06 vezes a produtividade média da atividade cacaueira no Estado de Rondônia (FIBGE, 2005). Infere-se também que essa produtividade poderia ter atingido patamar superior se a calagem tivesse antecipado a adubação e esta última atendida às especificações corretas, haja vista a previsibilidade de produtividade de 1.500 kg de amêndoas seca.ha⁻¹.ano⁻¹, desde que sejam observados determinados requisitos técnicos (Garcia et al., 1985). Ademais, a densidade cacaueira de 648 plantas.ha⁻¹, incluindo cacaueiros safreiros e novos, representa apenas 58,3% do estande regular de 1.111 plantas.ha⁻¹, portanto, muito aquém do ideal. De acordo com Almeida et al (2003) os seguintes fatores afetam a produtividade do cacaueiro em Rondônia: i) uso de fórmula fertilizante desbalanceada e em dosagens insuficientes; ii) poda de rebaixamento e controle cultural da vassoura-de-bruxa pouco satisfatória e iii) densidade populacional significativamente abaixo do estande original.

Análise sócioeconômica

O proprietário celebrou contrato de parceria agrícola com trabalhador rural para o manejo de três mil cacaueiros safreiros, por entender que “este é o limite para um homem cuidar adequadamente de uma plantação de cacau”. Foi estabelecido para o meeiro realizar anualmente os seguintes tratos culturais: roçagem, desbrota dos cacaueiros, poda e controle cultural da vassoura-de-bruxa, controle de pragas, colheita, quebra de frutos e beneficiamento das sementes, além da aquisição de ferramentas (facão, podão, foice e lima para amolar) e de inseticidas. Ao produtor coube o fornecimento de fertilizantes químicos, calcário, o uso de microtrator na aplicação de inseticidas, corretivo e transporte do cacau mole para fermentação, além da comercialização das amêndoas.

A análise de 2004/2005 revelou que dos 365 dias do período, 268 foram dedicados às atividades de labor do SAF e 97 a outras atividades, tais como: descanso (78), visitas à cidade (6), feriados e dias santificados (4), tratamento de saúde (3), paralisação por chuvas (5) e atividades sociais na escola rural (1). Os 268 dias de

trabalho foram dedicados aos tratos culturais já mencionados, realizados, via de regra, de segunda-feira a sexta-feira, em jornadas de 9,0 horas, além do turno da manhã aos sábados, totalizando 49,3 horas semanais. Nos tratos culturais de colheita, amontoa, quebra de frutos e beneficiamento das sementes teve a participação de sua companheira, num total de 110 dias de trabalho, também em jornadas de 9,0 horas. Em síntese, as atividades de manejo do SAF totalizaram 378 dias de trabalho, ocupando o meeiro durante todo o ano e, temporariamente, sua mulher, nos períodos críticos de mão-de-obra e de execução de tratos culturais menos laboriosos. Portanto, os 5,4 ha do SAF em foco vem gerando um posto de trabalho permanente e um provisório, com remuneração suficiente para manter o meeiro e sua família, composta de quatro pessoas. Segundo Batista (2001), dentre as atividades agropecuárias em Rondônia no ano de 1999, a lavoura de cacau foi a que mais demandou mão-de-obra, gerando 37 postos de trabalho para cada 100 hectares cultivados.

Esperava-se que os elevados índices pluviométricos da região, que variam mensalmente de 171,7 mm a 379,0 mm no período de dezembro a março, e entre 16 e 22 dias com chuva por mês (Rondônia, 2005), provocassem maior número de dias de paralisação do trabalho no ‘inverno amazônico’. Contudo, as condições favoráveis do contrato de parceria motivaram o meeiro a trabalhar inclusive sob chuva e somente paralisar suas atividades nos dias de elevada precipitação. Observou-se também que o fato de o empreendimento localizar-se no município de Ariquemes, região atualmente menos inóspita e insalubre em relação às condições passadas, com baixos níveis de ocorrência de doenças tropicais comuns em áreas de fronteira agrícola na Amazônia, contribuiu para o meeiro dispor dos 268 dias úteis no período de 2004/2005. Na década de 1970, por ocasião do estabelecimento do Projeto Burareiro, previam-se 250 dias úteis no ano agrícola (CEPLAC, 1977), previsão, aliás, bastante otimista, pois na década de 1980, no Projeto Machadinho, à cerca de 100 km desse empreendimento, direção nordeste, as doenças endêmicas atingiram 90% dos produtores rurais ali estabelecidos, deixando-os inativos por 55 dias.ano⁻¹ (Miranda, 1987). Atualmente, para as condições ecológicas de Rondônia, consideram-se 200 dias úteis no ano agrícola.

Conforme estabelecido no contrato agrícola, a Tabela 3 apresenta os valores dos insumos agrícolas adquiridos pelo meeiro (inseticida e ferramentas) e pelo produtor (fertilizante químico, calcário e combustível) e utilizados no SAF, e as receitas obtidas com a comercialização do cacau. Na comercialização do cacau o produtor recorreu também a compradores de outros municípios para

conseguir melhores preços, os quais variaram de R\$ 2,90 a R\$ 6,80.kg⁻¹ de amêndoas secas, predominantemente entre R\$ 2,90 e R\$ 4,00. O maior custo com insumos para o meeiro na safra 2004/2005 foi devido a necessidade de duas aplicações de inseticida para o controle do monalônio. A receita líquida do meeiro equivaleu a 50% da receita total do SAF, menos as despesas com insumos. Nas safras de 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005 vigoravam no país salários mínimos de R\$ 240,00, R\$ 260,00 e R\$ 300,00, respectivamente. Nesses períodos, as receitas anuais do meeiro equivaleram a uma renda média mensal de 2,75, 3,82 e 3,00 salários mínimos vigentes, respectivamente. Via de regra, uma renda média mensal de R\$ 900,00 (2004/2005) corresponde ao salário médio obtido nos grandes centros urbanos do país por trabalhador com nível médio de escolaridade. Essa renda permitiu ao meeiro dedicar-se única e exclusivamente a essa atividade, sem a necessidade de exercer outros serviços para sua complementação, possibilitando uma melhoria significativa em qualidade de vida, como: i) acesso a determinados bens de consumo (geladeira, televisão, aparelho de som e bicicleta); ii) tratamento dentário e iii) alimentação mais farta e diversificada. Na região cacaueira do Sul da Bahia pagase um salário mínimo ao trabalhador menos qualificado e dois salários mínimos para trabalhadores que desempenham função de confiança, como é o caso do administrador (Trevisan e Moraes, 2000). Embora a produção tenha sido mais expressiva em 2004/2005 (Tabela 2), a maior receita obtida ocorreu no período anterior, em razão dos melhores preços no mercado regional.

A análise da receita líquida do produtor (Tabela 3), correspondente a 50% da receita total do SAF menos os gastos com insumos, mostra que nas safras analisadas foi possível uma renda média mensal de 2,60, 3,14 e 3,12 salários mínimos vigentes, respectivamente, com a exploração de apenas 5,4 ha de SAF dos 25,0 ha implantados. O maior custo com insumos aconteceu em 2003/2004 em razão da aplicação de adubo e calcário.

Considerando a unidade de mão-de-obra denominada homem-dia, ou seja, a equivalente, teoricamente, à força de trabalho despendida por um homem adulto, sob regime assalariado, durante uma jornada de oito horas, com esforço físico considerado normal, observa-se que os 378 dias de trabalho do meeiro e sua companheira, investidos no SAF em 2004/2005, equivaleram a 3.402,0 horas de trabalho.ano⁻¹, correspondentes a 425,2 dias do trabalho assalariado considerado normal. Admitindo-se que este potencial de trabalho (425,2 jornadas.ano⁻¹) foi expressado também nas demais safras verifica-se que as receitas líquidas do meeiro (Tabela 3) remuneraram a mão-de-obra familiar com diárias de R\$ 18,62, R\$ 28,02 e R\$ 25,42, nas safras de 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, respectivamente, quando vigoravam diárias no meio rural de R\$ 10,00, R\$ 15,00 e R\$ 20,00. Verifica-se que o contrato de parceria agrícola proporcionou para a família do meeiro, nos períodos mencionados, receitas superiores em 86,2%, 86,8% e 27,1%, respectivamente, àquelas que seriam do trabalho remunerado como diarista. Assim, o contrato de parceria agrícola, nas condições estabelecidas, caracterizou-se numa relação trabalhista ganha-ganha.

Observa-se também que para o manejo apropriado do SAF houve um investimento, em 2004/2005, de cerca de 79 jornadas de trabalho.ha⁻¹, confirmado a necessidade de um homem para manejá-lo adequadamente 2,7 ha (Batista, 2001) de SAF cacaueiros e essências florestais, pressupondo-se que a área de cultivo apresenta estande regular de cacaueiros, ou seja, em torno de 1.000 plantas.ha⁻¹. Esse investimento de 79 jornadas para produzir 1.237,6 kg de cacau seco.ha⁻¹ significa uma jornada para 15,7 kg de cacau seco, relação esta muito eficiente para o manejo desse sistema SAF nas condições ecológicas de Rondônia, caracterizando-se como uma atividade com alta demanda de mão-de-obra para execução dos diversos tratos culturais. Contudo, deve-se atentar que os três mil cacaueiros safreiros encontram-se implantados em 5,4 ha, área efetivamente em cultivo, na qual há demandas por replantio do estande cacaueiro, por

Tabela 3. Valores de insumos e receitas (R\$) obtidas em 5,4 ha de sistema agroflorestal cacaueiros e essências florestais.

Discriminação	2002 / 2003	2003 / 2004	2004 / 2005
Receita bruta	16.473,00	23.978,20	22.575,80
Insumos meeiro ¹	321,00	75,00	479,00
Insumos produtor ²	742,10	2.191,80	41,80
Receita líquida meeiro	7.915,50	11.914,10	10.808,90
Receita líquida produtor	7.494,40	9.797,30	11.246,10

¹Insumos meeiro: inseticida e ferramentas (facão, podão, foice e lima para amolar); ²Insumos produtor: fertilizante químico, calcário e combustível.

roçagens periódicas e de maiores deslocamentos na execução dos demais tratos culturais, exigindo, portanto, a longo prazo, mais mão-de-obra. Até o momento, a idade (26 anos) e a elevada capacidade de trabalho do meeiro (49,3 horas semanais), além da participação periódica de sua mulher têm sido suficientes para o manejo apropriado dos 5,4 ha de SAF.

Caso o produtor contratasse a mão-de-obra de terceiros para a execução das 425,2 jornadas, nas safras de 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, os custos anuais do manejo do SAF, considerando as diárias e as despesas com insumos (Tabela 3), totalizariam R\$ 5.315,10, R\$ 8.644,80 e R\$ 9.024,80, respectivamente. Neste caso, as receitas líquidas anuais do produtor superariam em 48,9%, 56,5% e 20,5% àquelas registradas para o contrato de parceria agrícola, nas safras respectivas (Tabela 3). Contudo, em geral, o contrato de parceria agrícola faculta ao produtor a execução dos tratos culturais com a periodicidade e qualidade desejadas, melhor conhecimento do perfil do trabalhador, melhor controle técnico-administrativo do empreendimento e redução na rotatividade da mão-de-obra, enquanto a contratação de terceiros na região é incerta, em razão da escassez de mão-de-obra, acrescida da má qualidade dos serviços prestados e da necessidade de monitoramento mais amiúde das jornadas de trabalho.

No controle cultural da vassoura-de-bruxa observou-se rendimento de 35 a 40 cacaueiros podados por dia, superior àquele registrado por Reis e Silva (2001), de 33 plantas. Tal diferença deve-se ao fato de o meeiro trabalhar cerca de 9,0 horas.dia⁻¹. O meeiro necessitou de cerca de 80 dias de trabalho para podar os três mil cacaueiros safreiros, ou seja, 21,2% das jornadas utilizadas em 2004/2005 (378 jornadas). Isto significa que da produtividade média de 1.237,6 kg.ha⁻¹ de cacau seco obtida na safra de 2004/2005 (Tabela 2) 262,4 kg foram utilizados para custear esta finalidade. Estimam-se perdas anuais de frutos infectados inferiores a 10%. Esta experiência mostra que quando o controle cultural da vassoura-de-bruxa na Amazônia é realizado de forma eficiente e sistemática verifica-se redução do potencial de inóculo da área e boas condições fitossanitárias dos cacaueiros, permitindo a não utilização de fungicidas cúpricos, os quais constam nos sistemas de produção do cacaueiro na Amazônia brasileira (Garcia et al., 1985; Almeida, 2001), contudo, encarecem o controle dessa enfermidade em mais de 60% de seu custo. Em síntese, o controle cultural da vassoura-de-bruxa nesse SAF corrobora as observações de Almeida (2001) que em plantações bem manejadas e onde as condições fitossanitárias são boas, pode-se dispensar a aplicação de fungicidas. Provavelmente, o fato de esta propriedade encontrar-se não circundada por plantações de cacau infectadas, evitando-se, assim, fontes externas de inóculo

de *C. perniciosa*, contribua também para manter as boas condições fitossanitárias observadas.

Os gastos totais com insumos (adubo, calcário e inseticida), nas três safras analisadas, representaram um montante de R\$ 3.515,00 (Tabela 3). Considerando, teoricamente, que os gastos com a utilização desses recursos tecnológicos foram responsáveis pelos acréscimos produtivos obtidos nas produções de 2003/2004 e 2004/2005, os quais possibilitaram uma receita extra total de R\$ 13.608,00, depois de deduzida a receita total do ano referência (2002/2003) para os dois períodos, verifica-se uma taxa benefício/custo de 3,87, ou seja, cada R\$ 1,00 investido com esses insumos possibilitou um acréscimo na receita total de R\$ 3,87. Esses resultados revelam o retorno econômico propiciado pela utilização desses recursos tecnológicos em SAF com o cacaueiro.

Adicionalmente, este estudo de caso mostra que se esse módulo de 5,4 hectares de SAF com cacaueiros e essências florestais tivesse sido explorado tendo por base a agricultura familiar, a exemplo daquela exercida nos projetos de assentamento coordenados pelo INCRA, e considerando a produção (Tabela 2) e os valores das receitas e dos insumos utilizados (Tabela 3), verificava-se que o meeiro e sua família teriam auferido rendas médias mensais equivalentes a 5,35, 6,96 e 6,13 salários mínimos vigentes, nas safras de 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, respectivamente. A receita média de 6,13 salários mínimos equivale à US\$ 688,40 (agosto/2004 a julho/2005), desempenho econômico este considerado muito bom e suficiente para manter uma boa qualidade de vida no meio rural. Em Rondônia, pesquisa realizada em Machadinho d'Oeste com as 36 melhores propriedades em termos agronômicos, sócioeconômicos e ambientais revelou lucro médio mensal em torno de três salários mínimos ou US\$ 250,00 (Miranda, Matos e Mangabeira, 1995). De acordo com Fuentes, Souza e Pinare (1987), em estudos realizados com pequenos agricultores do Brasil, renda de 2 salários mínimos por mês nesse tipo de atividade já é um sinal de prosperidade.

Finalmente, os dados desta pesquisa destacam a capacidade administrativa do proprietário como empresário empreendedor permitindo a participação do trabalhador rural nos lucros da atividade agroflorestal. Também, tais resultados podem auxiliar no planejamento de atividades agrícolas eminentemente de cunho familiar, a exemplo daquelas exercidas nos projetos de assentamento coordenados pelo INCRA, e que gerem renda suficiente para possibilitar uma boa qualidade de vida no meio rural.

No presente trabalho, apesar de não ter sido inclusa na análise econômica a exploração e comercialização dos componentes florestais (cedro-rosa, ipê-roxo e freijó-louro), mas em se tratando de madeiras de alto valor econômico e fácil comercialização, pode-se inferir que após desbaste

imediato do freijó-louro, para densidade populacional de 12,0 x 12,0 m, e seu cultivo até aos 25 anos (2021), será factível o aproveitamento de 80% do estande remanescente com produção de 480,0 m³ de madeira em tora. Nessas circunstâncias, a preços médios atuais pagos ao produtor rural no município de Ariquemes, independentemente da essência florestal, estima-se rendimento de R\$ 24.000,00.

Conclusões

Os dados obtidos permitem as seguintes conclusões:

1. O nível tecnológico utilizado no manejo do SAF, que compreende roçagens, desbrotações dos cacaueiros, poda e controle cultural da vassoura-de-bruxa, controle químico do monalônio e fertilização química dos cacaueiros de forma não sistemática, permite produtividades superiores a 1.000 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de amêndoas secas de cacau.

2. O controle cultural da vassoura-de-bruxa quando realizado de forma eficiente e sistemática reduz as perdas de frutos para menos de 10%, permitindo a não utilização de fungicidas cúpricos.

3. As receitas anuais do meeiro equivalem a uma renda média mensal de 2,75, 3,82 e 3,00 salários mínimos vigentes nas safras de 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, respectivamente, enquanto as receitas anuais do proprietário equivalem a rendas de 2,60, 3,14 e 3,12 salários mínimos.

4. Caso o módulo de 5,4 hectares de SAF com cacaueiros e essências florestais tivesse sido explorado tendo por base a agricultura familiar, o meeiro e sua família teriam auferido rendas médias mensais equivalentes a 5,35, 6,96 e 6,13 salários mínimos vigentes, nas safras de 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, respectivamente.

Agradecimentos

Ao engenheiro agrônomo Jorge Jacomelli, do Escritório Local da CEPLAC em Ariquemes, pelo auxílio na obtenção de parte dos dados desta pesquisa; ao engenheiro agrônomo Wilson Destro e ao economista Amarildo Pinheiro Virgulino, da CEPLAC/SUERO, pelas sugestões apresentadas; ao pesquisador Dr. Fernando Luiz de Oliveira Correa, da CEPLAC/SUERO, pela leitura cuidadosa do texto.

Literatura Citada

ALMEIDA, C. M. V. C. de, et al. 2003. Fatores que afetam a produtividade do cacaueiro (*Theobroma cacao L.*) em Rondônia, Brasil. Agrotrópica (Brasil) 15 (3): 161-168.

- ALMEIDA, L C. de. 2001. Principais doenças do cacaueiro e medidas de controle. In: Silva Neto, P. J. da et al. Sistema de Produção de Cacau para a Amazônia Brasileira. Belém, CEPLAC. pp.63-73.
- ALVIM, P. de T. 1977. Cacao. In: Alvim, P. de T.; Kozlowski, T. T. (Eds). Ecophysiology of cacao crops. New York, Academic Press. pp.279-313.
- ALVIM, R. 1989. O cacaueiro (*Theobroma cacao L.*) em sistemas agrossilviculturais. Agrotrópica (Brasil) 1 (2): 89-103.
- BATISTA, I. X. 2001. Desenvolvimento sustentável em Rondônia: políticas públicas, desmatamento e evolução socioeconômica. Dissertação Mestrado. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. 172p.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. 1977. Diretrizes para a expansão da cacaucultura nacional 1976-1985 - PROCACAU. Brasília, CEPLAC. 200p.
- FUENTES, C. O. W.; SOUZA, R. A. de; PINARE, A. G. V. 1987. Pequenos agricultores IV: métodos de programação de sistemas rurais. Brasília, EMBRAPA-DDT/SUDENE-Projeto Sertanejo. 111p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 44).
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2005. Levantamento sistemático da produção agrícola. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Safra 2004/2005. Porto Velho, GCEA/RO. s.p.
- GARCIA, J. de J. da S.; MORAIS, F. I. de; ALMEIDA, L. C. de; DIAS, J. C. 1985. Sistema de produção do cacaueiro na Amazônia brasileira. Belém, CEPLAC/DEPEA. 118p.
- MIRANDA, E. E. de. 1987. Rondônia - a terra do mito e o mito da terra. Os colonos do Projeto Machadinho. Campinas, EMBRAPA-CNPDA. 175p.
- MIRANDA, E. E. de; MATTOS, C. de O.; MANGABEIRA, J. A. de C. 1995. Na força das idéias – Indicadores de sustentabilidade agrícola na Amazônia, o caso de Machadinho d’Oeste, Rondônia. Campinas, ECOFORÇA/NMA-EMBRAPA. 95p. il.
- NAKAYAMA, L. H. I. 2001. Manejo químico do solo para o cacaueiro. In: Silva Neto, P. J. da et al. Sistema de Produção de Cacau para a Amazônia Brasileira. Belém, CEPLAC. pp.34-47.
- REIS, S. M.; SILVA, A. P. 2001. Índices técnicos. In: Silva Neto, P. J. da et al. Sistema de Produção de Cacau para a Amazônia Brasileira. Belém, CEPLAC. pp.110-115.

- RONDÔNIA. 2005. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). Boletim Climatológico de Rondônia, ano 2003. Porto Velho, SEDAM. 32p.
- TREVISAN, S. D. P.; MORAES, H. G. de. 2000. Trabalhadores do cacau: uma avaliação quantitativa. Agrotrópica (Brasil): 12 (3): 147-150.



CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ESPÉCIES FRUTÍFERAS E FLORESTAIS EM RONDÔNIA, BRASIL*

*Parte da Tese de Doutorado, apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Lavras – UFLA, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia.

Fernando Luiz de Oliveira Corrêa¹, José Darlan Ramos², Antônio Carlos da Gama-Rodrigues³, Manfred Willy Müller⁴, Renato Grissi de Macedo², Carlos Alberto Spaggiari, Souza⁴, Maria Inês Nogueira Alvarenga⁵

¹CEPLAC/SUERO/ESTEX-OP, Caixa Postal 11, 78950-000, Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil floc@uronet.com.br;

²Universidade Federal de Lavras (UFLA), 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil;

³Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF), 28013-602, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil;

⁴CEPLAC/ESFIP, 45600-970, Caixa Postal 102, 29900-180, Linhares, Espírito Santo, Brasil.

⁵Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), 37500-903, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ciclagem de nutrientes em espécies frutíferas e florestais componentes de um sistema agroflorestal multiestratificado, localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de outubro de 2002 a setembro de 2003. As espécies estudadas foram: mangueira (*Mangifera indica* L.), fruta-pão (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum), abacateiro (*Persea americana* Mill.), cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) sombreado com gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.) e as espécies florestais bandarra (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) e teca (*Tectona grandis* L.f.). Como referência foi utilizada uma área de vegetação natural (capoeira) com 8 anos. O acúmulo de nutrientes na serapilheira da vegetação natural foi maior que na gliricídia e bandarra. A serapilheira acumulada no solo pelas espécies estudadas variou em função dos nutrientes. O cupuaçuzeiro, a bandarra, a teca e a vegetação natural apresentaram melhor sistema para ciclagem bioquímica. O sistema cacauzeiro/gliricídia apresentou melhor ciclagem biogeoquímico. Os estoques de macronutrientes nos solos sob as diferentes espécies frutíferas e florestais seguiram de um modo geral a seqüência N>Ca>Mg>K>S>P.

Palavras-chave: Amazônia, mangueira, fruta-pão, cupuaçuzeiro, abacateiro, cacauzeiro, gliricídia, bandarra, teca, fertilidade, serapilheira.

Nutrients cycling in agroforestry system with frutiful and forests species in Rondônia, Brazil. This work aimed to evaluate the nutrients cycling in different fruitful coverings and forest components of multistrata agroforestry system located in the municipal district of OuroPreto do Oeste (RO), Brazil. The studied species were:mango tree (*Mangifera indica* L.), breadfruit (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg), cupuassu tree (*Theobroma grandiflorum* Schum), avocado tree (*Persea americana* Mill.), shaded cocoa tree (*Theobroma cacao* L.) with “gliricídia” (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.) and the forest species were “bandarra” (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) and teak (*Tectona grandis*). As refrence an 8-year-old natural vegetation area was used. The accumulation of nutrients in the litter deposition of the natural vegetation was greater than in the “gliricídia” and “bandarra”. The accumulated in the soil for the studied species varied in fuction of the nutrients. The cupuassu tree, “bandarra”, teak and natural vegetation had presented system for the cycling better biochemist. The cocoa/gliricídia system presented cycling better biogeoquimist. The nutrients stocks in the soils under different fruitful and forest species, followed in general, the sequence N>Ca>Mg>K>S>P.

Key-word: Amazonian area, mango, breadfruit, cupuassu, avocado, cocoa, gliricidia, bandarra, teca, fertility, litter.

Introdução

No final dos anos 1970 e, durante a década de 1980, Rondônia foi alvo de um intenso movimento de migração e implantação de projetos oficiais de colonização para o estabelecimento de pequenos agricultores oriundos, principalmente, da região Sudeste. Este processo intensificou a atividade agropecuária no estado, ocasionando a abertura de grandes áreas em florestas nativas. A forma tradicional de ocupação destas áreas, pela qual inicialmente o agricultor procede à derrubada, queima e plantio de culturas anuais para a subsistência, tem sido considerado uma das principais causas para o estabelecimento da agricultura itinerante na região e não sustentável em termos econômicos-ecológicos, provocando o surgimento de grandes áreas em processo de degradação, após a exploração inadequada dos solos (Almeida et al., 1995).

A pecuária é considerada outra atividade predadora executada pelo homem na região. A vida útil de produtividade dessas pastagens cultivadas na Amazônia é reduzida devido à implantação inadequada de espécies de gramíneas, a não fertilização do solo e aos problemas de manejo dessas pastagens que degradam as propriedades físicas do solo (Serrão e Homma, 1991).

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais constituem uma alternativa para a utilização de áreas degradadas, bem como para a utilização de novas áreas. A ciclagem de nutrientes nestes sistemas deve ser enfatizada, sobretudo para os nutrientes que são facilmente lixiviados, onde o cultivo consorciado tem a vantagem de retirar estes nutrientes das camadas mais profundas do solo e devolvê-los à superfície pela queda das folhas e ramos das espécies arbóreas, os quais tornam-se nutrientes disponíveis às plantas após a decomposição da matéria orgânica e posterior mineralização (Macedo, 2000).

A ciclagem de nutrientes refere-se a transferência contínua de nutrientes que estão presentes dentro do sistema solo-planta (Nair, 1993; Buresh e Tian, 1997). No sistema solo-planta, em sistema natural estes nutrientes estão em estado de transferência contínuo e dinâmico, no qual as plantas retiram os nutrientes do solo e os usam nos seus processos metabólicos, retornando-os para o solo naturalmente como liteira, ou através de poda ou da senescência das raízes em sistemas agroflorestais. Segundo Nair (1999), algumas partes das plantas são decompostas por ação de microorganismos, que realizam a liberação dos nutrientes da biomassa para o solo, sendo estes retirados novamente pelas plantas.

Para que haja uma eficiente ciclagem de nutrientes nos sistemas agroflorestais é importante à seleção de espécies adequadas a cada situação edafoclimática. Um sistema com vários componentes arbóreos têm, potencialmente, maior

capacidade para reciclar de maneira mais uniforme ao longo do tempo, sem comprometer a capacidade produtiva do sítio. Assim, em plantios heterogêneos há uma taxa mais constante de produção de folhado e, consequentemente, uma contínua decomposição do mesmo, aumentando não somente a disponibilidade de nutrientes, como também a quantidade de matéria orgânica no solo, que beneficiaria as espécies como um todo. Neste caso, as interações complementares se sobreporiam às de competição propiciando maior estabilidade ao ecossistema (Gama-Rodrigues, 2004).

Devido a escassez de trabalhos referentes à ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar a ciclagem de nutrientes dos diversos componentes de um sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Ouro Preto - ESTEX-OP, pertencente à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizada no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia. O clima pela classificação de Köppen é quente e úmido, com precipitação pluviométrica anual em torno de 1939,1mm, havendo cerca de 80% de concentração de chuvas no período de novembro a abril; temperatura com médias mensais de 24,6° C e umidade relativa do ar com média mensal superior a 79% (Scerne et al. 2000). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico textura média/argilosa, em relevo plano (Barbosa e Neves, 1983; EMBRAPA, 1999).

O experimento foi instalado nos renques em uma área de sistema agroflorestal multirestratificado, em combinação de espécies multifuncionais frutíferas e florestais, plantados em 1996. As espécies frutíferas selecionadas para comporem os tratamentos foram, a mangueira (*Mangifera indica* L.), o fruta-pão (*Arthocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg), o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum), o cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) sombreado com gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.), o abacateiro (*Persea americana* Mill.) e as espécies florestais bandarra (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) e teca (*Tectona grandis* L.f.), com seis anos de idade as espécies frutíferas e florestais, e somente o cacaueiro com 3 anos e a área de vegetação natural, constituída de uma capoeira (oito anos) característica da região, localizada na mesma posição topográfica, e no mesmo solo. Durante a implantação das diversas espécies não foi efetuado adubação de plantio, posteriormente efetuou-se adubações em cobertura de acordo com as recomendações para cada

espécie, a exceção para as espécies florestais. No período de coleta de dados do experimento não foram efetuadas adubações químicas de manutenção nas diferentes coberturas.

As espécies estão plantadas em renques duplos no espaçamento de 5 metros entre filas simples e 2,5 metros entre plantas na fila, sendo que os renques estão separados por uma faixa de 20 metros. As espécies frutíferas de porte baixo como os cupuaçuzeiros estão instalados em renques, com espaçamento de 4,0 x 5,0 metros e o cacaueiro em filas duplas de 2,0m x 1,5m-4m. A área total com os renques das espécies é de 1 hectare (125m x 80m). Na área de capoeira foram coletadas amostras em 3 repetições com parcela experimental de 450 m² (15m x 30m).

Para determinação dos teores foliares dos nutrientes contidos em cada espécie, foram retiradas amostras, segundo recomendação de Martinez et al. (1999) para plantas lenhosas. As amostras foram retiradas nos meses de fevereiro e setembro de 2003, respectivamente os de maior e menor precipitação.

Após as coletas as amostras foram acondicionadas em papel tipo Kraft e colocadas para secar em estufa com temperatura de 65-70°C, até a obtenção de peso constante, posteriormente as mesmas foram moídas em moinho tipo Willey, com malha de 20 mesh e encaminhadas para análise química.

Em cada renque foram instalados 3 coletores de serapilheira, de 1,0 m² de superfície à 0,80 m de altura. A serapilheira depositada nos coletores foi recolhida mensalmente, durante 12 meses, de outubro de 2002 a setembro de 2003. A cada três meses foi feita uma amostra composta para análise química.

Na serapilheira acumulada sobre o solo a amostragem foi feita, colocando-se sobre o piso um molde vazado de madeira com 0,25m² de área (0,5m x 0,5m). Foram retiradas em cada renque, 3 amostras de serapilheira presente na área delimitada pelo molde. Como serapilheira acumulada considerou-se todo material vegetal depositado sobre o solo, composto por folhas, casca e ramos finos com menos de 1cm de diâmetro (serapilheira fina), com diferentes graus de decomposição. A avaliação da biomassa foi realizada em quatro períodos: duas no período chuvoso, considerado inverno (dezembro/2002 e março/2002) e duas no período seco, considerado verão na região (junho/2003 e setembro/2003).

O nitrogênio (N) foi determinado pelo método micro Kjeldahal, segundo Liao (1981) e a destilação e titulação segundo Bremner e Edwards (1965). No extrato, obtido por digestão nitroperclórica (Zaroski e Burau, 1977), foram dosados os teores totais de fósforo (P) por colorimetria os de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) por espectrometria de absorção atômica, os de potássio (K) por fotometria de

emissão de chama e os de enxofre (S) por turbidimetria (Blanchard et al., 1965).

Com os valores de cada um dos macronutrientes analisados e os valores da serapilheira depositada e da serapilheira acumulada nos renques por hectare, estimou-se a quantidade de nutrientes transferidos mensalmente ao solo pela serapilheira.

As ciclagens foram estimadas pelas expressões segundo Zaia e Gama-Rodrigues (2004): A ciclagem bioquímica (serapilheira depositada vs. Folhas) = {[SD]-[Fo]}/[Fo] x 100 e a ciclagem biogeoquímica (serapilheira acumulada vs. serapilheira depositada) = {[SA]-[SD]}/[SD] x 100.

As amostras do solo foram retiradas com auxílio de uma sonda de solo, no início e final dos períodos chuvoso e seco na região nos meses de outubro/2002, fevereiro/2002, maio/2003 e setembro/2003. Em cada área do estudo foram retiradas três amostras nas profundidades de 0-20cm e 20-40cm. Foram determinados os teores de macronutrientes e da matéria orgânica do solo. O Nitrogênio total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl; P e K, foram extraídos pelo Mehlich 1, e analisados, respectivamente, por colorimetria e fotometria de chama, o Ca e Mg foram extraídos com KCl 1N e analisados por titulometria (Vetori, 1969). Os teores de enxofre por turbidimetria segundo a metodologia de Blanchard et al., (1965).

Para determinação dos estoques dos macronutrientes e da matéria orgânica do solo, foi feita a conversão dos valores de concentração de nutrientes para kg ha⁻¹, para as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm e, posteriormente, somados os valores para obter-se o estoque total de nutrientes no solo até 40 cm de profundidade.

O experimento foi avaliado no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Para cada tratamento existe apenas um renque plantado. Portanto, as repetições foram efetuadas de forma sistemática dentro de cada renque. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

1- Concentração de nutrientes na parte aérea

Os resultados das concentrações de macronutrientes na parte aérea das espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural encontram-se na Tabela 1.

As espécies apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) em relação aos teores de nutrientes na parte aérea. A glícídia apresentou significativamente o maior teor de N de todas as espécies estudadas, isto deveu-se a capacidade

Tabela 1- Concentração de macronutrientes nas folhas das espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural, resultado da média dos meses de fevereiro/2003 e setembro/2003. Ouro Preto do Oeste, 2005.

Espécie	Nutrientes (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	13,70 d	1,51 b	10,94 c	17,21 d	2,08 c	0,99 b
Cupuaçzeiro	20,55 c	1,42 b	9,42 c	8,57 e	1,80 c	1,79 a
Fruta-pão	22,23 b	1,88 a	15,0 b	28,85 a	3,61 b	2,20 a
Abacateiro	24,52 b	1,43 b	14,64 b	17,51 d	3,88 b	1,47 b
Cacaueiro	25,50 b	1,40 b	15,20 b	22,44 c	6,06 a	1,26 b
Gliricídia	34,90 a	2,12 a	25,05 a	12,97 e	3,62 b	2,0 a
Bandarra	26,13 b	1,63 b	10,76 c	21,36 c	2,12 c	1,82 a
Teca	17,50 c	1,32 b	8,55 c	24,87 b	1,76 c	1,28 b
Vegetação Natural	23,20 b	1,10 b	14,05 b	17,98 d	3,22 b	1,67 a
C. V. (%)	11,74	14,08	18,52	6,72	8,47	16,70

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

desta espécie formar associação com bactérias fixadoras de nitrogênio. O teor de N não diferiu para fruta-pão, abacateiro, cacaueiro, bandarra e vegetação natural, mas foi superior ao do cupuaçzeiro e teca, e o teor destas foram maiores que o da mangueira.

O teor de P na fruta-pão e gliricídia não diferiu entre si, mas foi superior ao das demais espécies. Este maior teor de fósforo na parte aérea torna-se importante, segundo (Palm, 1995; Sanchez, 1995; Palm et al., 2001) pelo fato que em sistemas agroflorestais os cultivos associados possuem limitada capacidade de suprir este elemento.

A gliricídia apresentou de forma significativa o maior teor de K quando comparado as demais espécies. O teor de K na fruta-pão, abacateiro, cacaueiro e vegetação natural não diferiu entre si, mas foi maior ao do cupuaçzeiro, bandarra e teca.

A fruta-pão apresentou de forma significativa o maior teor de Ca, seguido pela teca, posteriormente esta do cacaueiro e bandarra e este da mangueira e abacateiro e finalmente o cupuaçzeiro e gliricídia, ambos apresentando o menor teor.

Na parte aérea do cacaueiro foram encontrados os maiores teores de Mg, seguido pela fruta-pão, abacateiro e gliricídia, os quais não diferiram do teor encontrado na vegetação natural.

Para o S não houve diferença significativa entre os teores encontrados no cupuaçzeiro, fruta-pão, gliricídia e bandarra, bem como pela vegetação natural. Nas espécies avaliadas as concentrações dos nutrientes encontram-se próximo aos citados por diversos autores, para abacateiro (Donadio, 1995); mangueira (Alvarez e Castro, 1998); cacaueiro (Nakayama, 2001; Carvalho Filho et. al., 1997) e teca (Hernandez et al., 1993).

Dentre as espécies avaliadas, a gliricídia apresentou altos teores de N, P, K e S na parte aérea, significativamente superior a bandarra e demais espécies, ambas pertencem a

mesma família das leguminosas, sendo a gliricídia espécie exótica enquanto a bandarra é uma espécies nativa da região amazônica que tem excelente crescimento mesmo em solos de baixa fertilidade.

2- Concentração de nutrientes na serapilheira produzida

As concentrações de macronutrientes analisados na serapilheira depositada nos coletores foram, em geral, diferentes nas espécies avaliadas (Tabela 2). A exceção foi para o K, que não apresentou diferença na concentração dos nutrientes na serapilheira produzida pelas diferentes espécies e na vegetação natural. Para o fósforo (P) a maior concentração foi obtida na serapilheira produzida pela fruta-pão, os teores de N e P encontrados na serapilheira produzida por esta espécie, mostra a possibilidade de utilização como componente de sistema agroflorestal, pois segundo Palm (1995) mesmo que a quantidade de P seja insuficiente a biomassa pode conter suficiente N para satisfazer o imediato requerimento de N da cultura.

Enquanto que a serapilheira produzida pelo cacaueiro teve a maior concentração para o Ca, seguida pela mangueira e fruta-pão. No caso do Mg a maior concentração deste nutriente ocorreu na serapilheira do cacaueiro, seguido pela fruta-pão, abacateiro e gliricídia. A serapilheira produzida pela fruta-pão apresentou maior concentração de S em relação as demais espécies avaliadas.

Na serapilheira produzida pela gliricídia neste sistema, os teores de P e K foram superiores e os teores de N e Mg foram inferiores aos obtidos por esta espécie em pesquisa realizada por Costa et al. (2004), onde os mesmos avaliaram o aporte de nutrientes em três espécies de leguminosas, onde em relação ao Ca, os valores encontrados foram similares ou superiores ao da capoeira, e a gliricídia se

Tabela 2- Concentração de macronutrientes na serapilheira depositada das espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural, média de quatro coletas, nos meses de dezembro/2002, março/2003, junho/2003 e setembro/2003. Ouro Preto do Oeste, 2005.

Espécie	Nutrientes (g kg^{-1})					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	14,70 a	0,55 c	5,39 a	23,61 b	1,58 c	0,80 d
Cupuaçuzeiro	13,04 b	0,52 c	4,95 a	14,50 c	2,06 c	1,0 c
Fruta-pão	15,97 a	1,68 a	9,70 a	22,42 b	4,20 b	1,70 a
Abacateiro	12,23 b	1,10 b	8,46 a	20,35 c	4,05 b	1,17 c
Cacaueiro	16,24 a	0,78 c	6,47 a	27,84 a	5,81 a	1,17 c
Gliricídia	18,53 a	1,09 b	6,91 a	17,62 c	3,79 b	1,38 b
Bandarra	16,51 a	1,17 b	8,21 a	19,89 c	1,77 c	1,08 c
Teca	12,27 b	1,22 b	7,61 a	16,60 c	1,56 c	0,70 d
Vegetação Natural	16,54 a	0,61 c	6,40 a	17,81 c	2,36 c	0,81 d
C. V. (%)	7,80	27,84	26,20	9,73	13,57	14,10

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

destacou como a mais rica em nutrientes e com os mais baixos teores de polifenóis em relação às outras duas leguminosas avaliadas.

Para os componentes do sistema agroflorestal e para a vegetação natural, em relação às folhas da copa, de maneira geral, não houve aumento no teor da maioria dos nutrientes, exceto para o N na mangueira, o Ca para o abacateiro e gliricídia e o Mg no cupuaçuzeiro.

3- Acúmulo de nutrientes na serapilheira produzida

A vegetação natural apresentou maior deposição de serapilheira com $13,38 \text{ t ha}^{-1}$ e as demais espécies como a bandarra e a gliricídia apresentaram $4,02$ e $3,43 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente (Tabela 3).

As diferenças no acúmulo de matéria seca e nos teores de nutrientes encontradas na serapilheira produzida por cada espécie refletiram na quantidade de nutrientes transferidos por esta via.

As maiores quantidades dos nutrientes depositados (N, P, K, Ca, Mg e S) foram observadas no material produzido pela vegetação natural, seguindo a tendência de deposição da serapilheira (Tabela 3). De maneira geral os valores encontrados nesta pesquisa para vegetação natural são superiores aos relatados por Vitousek (1984) em florestas tropicais. Avaliações da deposição de K da serapilheira em florestas tropicais reportam em média $41, 19$ e $21 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para solos de fertilidade média, baixa e áreas montanhosas, respectivamente (Vitousek e Stanford Jr., 1986). Gama-Rodrigues e Barros (2002) também constataram maior aporte de nutrientes no folhado da floresta natural em relação aos povoamentos de eucalipto e dandá.

O maior acúmulo de N ocorreu na vegetação natural, estando este resultado diretamente relacionada com a

quantidade de serapilheira produzida pelas diferentes coberturas. Dentre as espécies componentes do sistema agroflorestal, a bandarra e a gliricídia estocaram as maiores quantidades do nutriente. Para o P não houve diferença significativa entre as diferentes espécies e a vegetação natural. No caso do cacaueiro, os valores no acúmulo de nutrientes foram inferiores aos obtidos por Jaimez e Franco (1999) em sistema de cacau sombreado com frutíferas e por Santana et al. (1990) em agrossistema de cacau safreiro na Bahia, onde os valores variaram entre $6,4 \text{ kg ha}^{-1}$ a $15,3 \text{ kg ha}^{-1}$. Para o K, Ca, os maiores acúmulos foram encontrados na vegetação natural e dentre as espécies componentes do sistema agroflorestal, enquanto que a fruta-pão, abacateiro, gliricídia e bandarra não apresentaram diferenças significativas. No caso do Mg a maior quantidade acumulada ocorreu na serapilheira produzida pela vegetação natural e entre as espécies do sistema agroflorestal o maior acúmulo foi na fruta-pão, abacateiro, cacaueiro, gliricídia e bandarra. No S houve diferença significativa entre a quantidade acumulada pela vegetação natural e as espécies componentes do sistema, porém entre as espécies frutíferas e florestais não houve diferença significativa para as quantidades deste nutriente. Este resultado está relacionado a maior produção de serapilheira.

Na comparação do acúmulo de macronutrientes entre a serapilheira das espécies que compõem o sistema agroflorestal e a vegetação natural, verificou-se que ele foi maior nas espécies do sistema agroflorestal com $831,9 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto na serapilheira da vegetação natural foi de $597,95 \text{ kg ha}^{-1}$. Esses resultados mostram que estas espécies quando combinadas, possuem capacidade de acumular na serapilheira, quantidades de nutrientes superiores às da vegetação nativa.

Tabela 3. Acúmulo de nutrientes na serapilheira depositada nas espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, média de quatro coletas, nos meses de dezembro/2002, março/2003, junho/2003 e setembro/2003. Ouro Preto do Oeste, 2005.

Espécie	Serapilheira (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Nutrientes (g kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	1,12d	16,49 d	0,61 a	6,14 c	26,44 c	1,77 c	0,90 b
Cupuaçuzeiro	1,41d	18,33 d	0,74 a	7,08 c	20,54 c	2,90 c	1,45 b
Fruta-Pão	2,54c	40,78 c	4,27 a	24,69 b	57,33 b	10,63 b	4,29 b
Abacateiro	2,86c	34,96 c	3,10 a	24,31 b	58,34 b	11,58 b	2,34 b
Cacaueiro	1,19d	16,88 d	4,80 a	9,43 c	27,16 c	8,97 b	5,04 b
Gliricídia	3,43b	63,56 b	3,75 a	23,85 b	60,26 b	12,98 b	4,75 b
Bandarra	4,02b	66,59 b	4,70 a	33,02 b	50,96 b	7,18 b	4,34 b
Teca	1,07d	13,13 d	1,30 a	8,11 c	17,87 c	1,68 c	0,77 b
Veg. natural	13,38a	221,21a	8,16 a	86,17 a	239,19a	32,24 a	10,98 a
CV (%)	15,67	42,67	145,56	65,74	43,84	79,70	47,40

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

4- Concentração de nutrientes na serapilheira acumulada

As concentrações dos nutrientes nas serapilheiras acumuladas pelas diferentes espécies e na vegetação natural encontram-se na Tabela 4.

Dentre os nutrientes estudados, o N não apresentou diferença significativa entre os componentes do sistema agroflorestal e a vegetação natural, por outro lado Gama-Rodrigues e Barros (2002), em estudo com eucalipto, dandá e floresta natural no Sul da Bahia, obteve um maior teor deste nutriente na floresta natural.

Para o P as maiores concentrações ocorreram na serapilheira acumulada no renque da fruta-pão e mangueira. Para o K não houve diferença significativa nas concentrações na mangueira, abacateiro, bandarra e teca. No caso do Ca a maior concentração ocorreu na serapilheira acumulada pela fruta-pão. O Mg foi encontrado em maior quantidade na serapilheira acumulada pelo

cupuaçuzeiro, fruta-pão, abacateiro, cacaueiro/gliricídia. A maior concentração do S foi obtida na serapilheira acumulada pela fruta-pão, que foi a espécie que apresentou as maiores concentrações de nutrientes em comparação com as demais espécies consortes.

5- Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada

Na Tabela 5, encontram-se os estoques de macronutrientes da serapilheira acumulada das coletas do período chuvoso (inverno) e seco (verão). O estoque de N na serapilheira acumulada pela mangueira (301,21 kg. ha⁻¹) e da vegetação natural (297,54 kg. ha⁻¹) não diferiu significativamente. No caso do cacaueiro sombreado com gliricídia, obtiveram-se 210,76 kg. ha⁻¹, valor este superior aos obtidos por Santana et al. (1990) em diversos agrossistemas com cacaueiros na Bahia.

Os nutrientes estocados na serapilheira sobre os solos que mais diferiram entre as espécies foram o P, Ca, Mg e

Tabela 4 - Concentração de macronutrientes contidos na serapilheira acumulada nas espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural nos meses de dezembro/2002, março/2003, junho/2003 e setembro/2003. Ouro Preto do Oeste, RO. 2005.

Espécie	Nutrientes (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	20,23 a	1,16 a	8,73 a	22,05 b	2,30 b	1,23 d
Cupuaçuzeiro	19,48 a	1,31 c	6,11 b	12,15 e	2,12 a	1,38 c
Fruta-Pão	20,0 a	1,99 a	5,89 b	36,18 a	3,23 a	1,90 a
Abacateiro	21,38 a	1,66 b	9,24 a	15,88 d	3,05 a	1,59 b
Cacau/Gliricídia	21,59 a	1,11 c	6,99 b	18,40 c	3,39 a	1,47 c
Bandarra	20,27 a	1,08 c	9,43 a	11,01 e	2,19 b	1,12 d
Teca	18,77 a	0,82 d	8,94 a	11,75 e	1,36 b	1,12 d
Veg. natural	22,47 a	0,95 d	4,94 b	18,75 c	1,96 b	1,27 d
C.V. (%)	7,78	27,84	26,19	9,73	13,57	14,10

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Tabela 5. Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada das espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, média de quatro coletas, nos meses de dezembro/2002, março/2003, junho/2003 e setembro/2003. OuroPreto do Oeste, RO. 2005.

Espécie	Serapilheira (t ha ⁻¹)	Nutrientes (kg ha ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	14,61a	301,21a	16,49a	117,31a	306,6a	29,85b	18,16a
Cupuaçuzeiro	9,88b	178,53b	12,49b	59,15b	123,32c	20,82c	13,44b
Fruta-pão	9,05b	211,73b	18,83a	57,26b	352,04a	30,40b	17,86a
Abacateiro	12,04a	266,30b	19,06a	100,85a	193,29b	36,23a	18,95a
Cacaueiro/Gli.	9,87b	210,76b	10,93b	69,88b	180,71b	34,38a	14,46b
Bandarra	12,80a	236,11b	13,29b	105,60a	144,80c	27,40b	14,20b
Teca	7,39c	141,11b	6,05c	64,09b	88,88c	10,17d	8,43c
Vegetação Natural	12,74a	297,54a	13,04b	61,31b	236,95b	25,37b	16,70a
CV (%)	29,80	51,9	43,2	38,70	39,3	34,4	35,2

Letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

S. Para o P, as maiores quantidades foram obtidas para mangueira, fruta-pão e as menores quantidades estocadas foram na teca, com 6,05 kg. ha⁻¹. Para o Ca, as maiores quantidades foram obtidas na serapilheira da mangueira e fruta-pão. Os maiores estoques de Mg foram obtidos na serapilheira de abacateiro e no cacaueiro / gliricídia.

A menor variação na quantidade dos nutrientes estocados na serapilheira, foi observada para o K, onde as quantidades estocadas na serapilheira da mangueira, abacateiro e bandarra não apresentaram diferenças significativas (100,85 kg. ha⁻¹ a 117,31 kg. ha⁻¹). Resultado inferior ao desse estudo foi obtido por Andrade et al. (2000) com leguminosas arbóreas utilizadas para recuperação de área degradadas no Rio de Janeiro.

Os menores estoques de nutrientes foram obtidos na serapilheira acumulada sobre o solo no renque de teca, isto decorre da baixa concentração de N, P, Ca, Mg e S observado nas folhas em comparação com outras espécies. Quando comparada com a vegetação natural, a teca acumulou menor quantidade de nutrientes, a exceção do K, entretanto Gama-Rodrigues e Barros (2002) comparando a serapilheira acumulada pelo Eucalipto com a vegetação natural, observaram que a serapilheira do Eucalipto acumulou menor quantidade de N e que não houve diferença significativa para os demais nutrientes. Sendo que a quantidade de serapilheira acumulada pela teca foi significativamente inferior ao da mangueira, mas igual ao do cupuaçuzeiro, fruta-pão e gliricídia (Tabela 5). O maior acúmulo na mangueira deve-se a maior biomassa de serapilheira e a decomposição mais lenta, que favorece a imobilização de nutrientes. Em geral, os materiais lenhosos são mais resistentes à decomposição do que as folhas e ramos não lignificados (Swift et al., 1979).

A quantidade total de nutrientes armazenados na serapilheira acumulada sobre o solo foi de 650,91 kg. ha⁻¹

ano⁻¹ para vegetação natural e de 3.711 kg. ha⁻¹ ano⁻¹ para as demais espécies. Este resultado seguiu a tendência observada no acúmulo de nutrientes na serapilheira depositada.

Segundo Andrade et al. (2000) a formação e manutenção da camada de serapilheira têm função importante para conservação dos nutrientes, evitando que os mesmos sejam perdidos por lixiviação ou erosão e que possam ser mineralizados lentamente.

6- Ciclagem de Nutrientes

Ao comparar-se os resultados de concentração de nutrientes da serapilheira produzida com as das folhas das espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural (Tabelas 1 e 2), verifica-se ciclagem bioquímica de P, K e S para todos as espécies componentes do sistema agroflorestal e vegetação natural (Tabela 6).

A ciclagem do P foi maior na mangueira (-63,6%) e no cupuaçuzeiro (-63,4%), enquanto que a menor taxa foi verificada na teca (-7,6%). Zaia e Gama-Rodrigues (2004) avaliando a ciclagem bioquímica de 3 espécies de eucalipto, verificaram elevada intensidade de ciclagem bioquímica de P, em decorrência deste nutriente ser imóvel no solo e muito móvel no interior das plantas. A gliricídia mostrou maior retranslocação para o K em relação às outras espécies (-72%), porém, para esta, não ocorreu translocação para o Ca e Mg. A teca também apresentou menor retranslocação para o K (-11%), os valores negativos indicam ciclagem bioquímica. Segundo Gama-Rodrigues (2004) o ciclo bioquímico é importante para os nutrientes de maior mobilidade dentro da planta como o N, P, K e Mg, e de menor significado para Ca, S e micronutrientes de modo geral (Reis e Barros, 1990).

No S, a taxa de ciclagem foi maior na vegetação natural (-51%) e a menor no cacaueiro (-7%). No caso do Ca houve translocação na teca (-33%), fruta-pão (-22%),

Tabela 6- Variação percentual da concentração de macronutrientes entre a serapilheira depositada (SD) e as folhas da parte aérea (F) (ciclagem bioquímica) e entre a serapilheira acumulada e a serapilheira depositada (SD) (ciclagem biogeoquímica) em espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. Ouro Preto do Oeste. 2005.

Espécie	N	P	K	Ca %	Mg	S
Ciclagem bioquímica						
Mangueira	+7,3	-63,6	-50,7	+37,2	-24,0	-19,2
Cupuaçuzeiro	-36,5	-63,4	-47,4	-15,7	-14,4	-44,1
Fruta-pão	-28,2	-10,6	-35,3	-22,9	+16,3	-22,7
Abacateiro	-50,1	-23,1	-42,2	+15,9	+4,4	-20,4
Cacaueiro	-36,3	-44,3	-57,4	+24,0	-4,1	-7,1
Gliricídia	-46,9	-48,6	-72,4	+35,8	+4,7	-31,0
Bandarra	-36,8	-28,2	-23,7	-6,9	-16,5	-40,6
Teca	-29,9	-7,6	-11,0	-33,2	-11,4	-45,3
Vegetação Natural	-28,7	-44,5	-54,5	-0,9	-26,7	-51,5
Ciclagem biogeoquímica						
Mangueira	+37,62	+109,1	+61,97	-6,07	+45,57	+53,75
Cupuaçuzeiro	+49,39	+151,92	+23,43	-16,21	+2,91	+38,0
Fruta-pão	+25,23	+18,45	-39,28	+61,37	-23,09	+11,76
Abacateiro	+74,82	+50,91	+9,22	-21,96	-24,69	+35,90
Cacaueiro/Gliricídia	-37,85	-50,88	-47,76	-59,52	-64,69	-42,35
Bandarra	+22,77	-7,69	+14,86	-47,0	+23,73	+3,70
Teca	+52,97	-32,77	+17,48	-29,22	-12,82	+60,0
Vegetação Natural	+35,85	+55,74	-22,81	+5,28	-16,95	+56,79

bandarra (-6,9%) e na vegetação natural (-0,9%). A maior retranslocação de Mg ocorreu na vegetação natural (-26,7%), seguido da mangueira (-24%), bandarra (-16,5%), teca (-11,4%) e no cacaueiro (- 4,1%). Na mangueira, cupuaçuzeiro, abacateiro, cacaueiro e gliricídia não houve, aparentemente, retranslocação de Ca (+15,9% a +37,2%), estes dados estão de acordo com Gama-Rodrigues (2004) onde cita que a ciclagem bioquímica é de menor intensidade para o Ca; o mesmo ocorreu para o Mg na fruta-pão (+16,3%), cupuaçuzeiro (+14,4%), gliricídia (+4,7%) e no abacateiro (+4,4%), sendo estes nutrientes os de menor ciclagem bioquímica, e para o N na mangueira (+7,3%). Estes resultados para o P e K são corroborados por Gama-Rodrigues e Barros (2002) em estudo avaliando povoamentos de eucalipto, dandá e vegetação natural na Bahia, estes autores verificaram grande retranslocação de N, P e K. A de P foi de 49% na floresta nativa (valor próximo ao obtido pela vegetação natural neste estudo), 50% no dandá e 75% no eucalipto, e não verificou retranslocação para o Ca nos diferentes ecossistemas florestais.

Através da ciclagem bioquímica, infere-se que o cupuaçuzeiro, a bandarra, a teca e a vegetação natural, em termos práticos podem ter todos os macronutrientes a disposição das mesmas.

A diferença entre a concentração de nutrientes nas folhas e na serapilheira na mesma espécie indica que a absorção dos nutrientes fornecida pela ciclagem é uma alternativa estratégica para a conservação do nutriente pelas plantas. Este fenômeno deve ser considerado no balanço de nutrientes nos sistemas agroflorestais multiestratificados. Segundo Gama-Rodrigues (2004) a intensidade do ciclo bioquímico aumenta quando a demanda de nutrientes para a produção de biomassa é maior do que a capacidade de suprimento do solo.

Comparando os resultados de concentração de nutrientes da serapilheira produzida com os da serapilheira acumulada sobre o solo das espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural (Tabelas 2 e 4), obtém-se a taxa de intensidade da ciclagem biogeoquímica (Tabela 6).

Na determinação da translocação de nutrientes entre a serapilheira acumulada e a serapilheira depositada para cacaueiro sombreado com gliricídia, utilizou-se a soma da concentração dos nutrientes na serapilheira depositada (Tabela 2). Para essas espécies ocorreu alta taxa de ciclagem para todos os nutrientes (valores negativos).

O N e S foram os nutrientes onde ocorreram baixas taxas de ciclagens biogeoquímica para quase todas as espécies, mostrando que estes elementos tenderiam acumular-se na serapilheira (baixa ciclagem biogeoquímica

– valores positivos). Para o P ocorreu maior intensidade na serapilheira do cacaueiro/gliricídia, da teca e da bandarra, no caso da teca verifica-se que houve uma baixa ciclagem bioquímica e uma elevada ciclagem biogeoquímica (Tabela 6).

No caso do K, verificou-se baixa ciclagem biogeoquímica para quase todos os componentes avaliados, a exceção foi na serapilheira do cacaueiro/gliricídia (-47,76), da fruta-pão (-32,28) e na vegetação natural (-22,81), sendo que a menor intensidade na ciclagem foi observada na serapilheira da mangueira (+61,97). Zaia e Gama-Rodrigues avaliando a ciclagem biogeoquímica em três espécies de eucaliptos, observaram para o K intensa mineralização.

Quanto ao Ca, observou-se ciclagem biogeoquímica (valores negativos) para a maioria das espécies, a exceção ocorreu na fruta-pão e na vegetação natural, estas duas espécies apresentaram baixa intensidade de ciclagem bioquímica para este elemento mostrando que este elemento tenderia a acumular-se na serapilheira.

Para o Mg observou-se a maior intensidade na ciclagem, principalmente na serapilheira do cacaueiro/gliricídia, abacateiro e fruta-pão, por outro lado, estas espécies apresentaram baixa ciclagem bioquímica. Para a mangueira e bandarra ocorreu baixa intensidade de ciclagem biogeoquímica, porém verificou-se que houve maior intensidade na ciclagem bioquímica.

Os nutrientes estocados na serapilheira sobre o solo que mais diferiram entre as espécies foram o P, Ca e Mg. Para o P os maiores quantidades foram obtidas para mangueira com 16,49 kg. ha⁻¹ a fruta-pão com 18,83 kg. ha⁻¹ e as menores quantidades foram na teca com 6,05 kg. ha⁻¹. No Ca as maiores quantidades foram obtidas na serapilheira da mangueira e fruta-pão com 306,6 e 352,04 kg. ha⁻¹ respectivamente. Os maiores estoques de Mg foram obtidos na serapilheira de abacate com 36,23 kg. ha⁻¹ e no cacaueiro/gliricídia com 34,38 kg. ha⁻¹ (Tabela 5).

Dentre as espécies ou sistemas estudados, o cacaueiro/gliricídia foi o sistema que disponibilizou todos os macronutrientes, mostrando um sincronismo agroecológico. De acordo com Müller et al. (2002) e Dugma et al. (2001), o cultivo do cacaueiro com espécies lenhosas (eritrina e gliricídia) é uma excelente comprovação da compatibilidade e complementaridade de diferentes espécies e sustentabilidade em sistemas multiestrafificados.

7- Solo

Os estoques de nutrientes e da matéria orgânica no solo, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, variaram em função da espécie e do nutriente (Tabela 7).

Os maiores estoques de matéria orgânica ocorreram na camada mais superficial do solo. No total (0-40 cm) as

Tabela 7- Nutrientes estocados no solo sob espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. Ouro Preto do Oeste, RO. 2005.

Espécie	Profundidade (cm)	M.O. (t ha ⁻¹)	Nutrientes estocados no solo em kg ha ⁻¹					
			N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	0-20	24,9	2.867A	9,9B	132,9A	13,1A	1.210,7A	136,9B
	20-40	11,1	2.000a	5,2a	106,3a	17,9a	674,7a	152,3a
Cupuaçuzeiro	0-20	26,1	3.533A	10,0B	113,3B	13,1A	1.104,7A	221,1A
	20-40	11,4	2.000a	2,1a	104,4a	13,7b	550,7a	148,3a
Fruta-pão	0-20	27,1	3.533A	12,0B	145,5A	21,7A	1.294,7A	217,1A
	20-40	12,7	2.200a	4,4 a	81,2b	18,5a	741,3a	162,8a
Abacateiro	0-20	21,4	2.733A	18,4A	106,9B	14,5A	1.097,0A	128,0B
	20-40	10,7	2.200a	3,2a	72,9b	13,9b	652,7a	125,6b
Cacaueiro/Glir	0-20	28,4	3.933A	7,1C	123,9A	15,7A	1.097,0A	240,1A
	20-40	13,2	2.533a	2,1a	99,6c	12,3b	690,7a	179,0a
Bandarra	0-20	26,5	3.400A	5,0C	100,0B	15,7A	984,0A	186,3B
	20-40	11,3	2.200a	2,2a	49,2c	11,2b	594,7a	126,4b
Teca	0-20	21,0	3.067A	3,9C	70,5C	13,6A	1.084,0A	120,7B
	20-40	9,1	2.400a	1,8a	42,1a	11,3b	650,7a	137,7b
Veg. Natural	0-20	29,1	3.400A	7,3C	97,1B	16,8A	1.028,0A	218,7A
	20-40	13,1	2.200a	2,8a	77,0b	11,7b	560,0a	162,0a

Letras maiúsculas (prof. 0-20cm) e letras minúsculas (prof. 20-40cm) iguais na mesma coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott.

maiores quantidades foram encontradas no solo sob a vegetação natural ($42,2 \text{ t ha}^{-1}$), seguido pelo renque cacauceiro/gliricídia ($41,6 \text{ t ha}^{-1}$). Este resultado obtido em área de vegetação natural é inferior aos encontrados por Klinge (1976) e Fassbender e Grimm (1981), onde os estoques de matéria orgânica em florestas tropicais variaram de 114 t ha^{-1} , na camada de 0-30cm até 310 t ha^{-1} na camada de 0-40cm.

Nos demais renques com espécies frutíferas e florestais não se observou diferenças significativas entre as espécies, sendo que as menores quantidades estocadas ocorreram no solo sob plantio de teca, com $30,1 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabela 6). Em todas as áreas ocorreu redução superior a 50% no estoque de matéria orgânica em profundidade, isto em razão do maior acúmulo da serapilheira e da baixa taxa de decomposição apresentada neste estudo pelos diferentes tipos de cobertura. Este resultado está de acordo com Mafra et al., (1998) que em sistema agroflorestal em aléias no cerrado, e com Teixeira et al., (1994) que avaliando a matéria orgânica em solo sob consórcio seringueira e cacau no estado do Pará, constataram que o teor variou de 0,60% na camada mais profunda (5-100 cm) a 1,78% na camada superficial (0-10 cm) e que este solo apresentou 131 t ha^{-1} de matéria orgânica, sendo 63% na camada de 0-50cm e o restante na camada de 50-100 cm. Em agroecossistemas na Costa Rica, com cacauceiro-loureiro e cacauceiro-eritrina, na camada de 0-45 cm, estes valores ficaram entre 168 - 198 t ha^{-1} (Fassbender, 1985).

Para o N e S, não houve diferenças significativas entre as espécies nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, e os maiores estoques foram observados na camada superficial do solo. Este maior acúmulo na camada superior está relacionado ao maior teor de matéria orgânica, concordando com Jordan (1985) e Prinnett (1987) onde citam que a matéria orgânica é a principal reserva de nitrogênio e enxofre no solo.

Observou-se uma ligeira superioridade no estoque de nitrogênio no renque de cacauceiro/gliricídia com $6,467 \text{ kg ha}^{-1}$, até 40 cm de profundidade, provavelmente, pelo fato da gliricídia ser uma espécie leguminosa fixadora de N e ter contribuído expressivamente na produção de serapilheira no sistema. Os resultados no renque de cacauceiro/gliricídia (0-20cm) são superiores aos encontrados por Santana et al., (1990) em agrossistemas com cacaueiros na região cacauera da Bahia, onde as quantidades variaram entre $1900 \text{ kg N ha}^{-1}$ a $3400 \text{ kg N ha}^{-1}$.

Dentre os nutrientes analisados, o fósforo, o potássio e o magnésio apresentaram diferenças significativas, tanto nas espécies quanto nas profundidades. No caso do P, observou-se um estoque maior na profundidade de 0-20 cm; a maior quantidade ocorreu no renque sob abacateiro com $18,41 \text{ kg ha}^{-1}$, entretanto, na profundidade de 20-40

cm não houve diferenças entre as espécies. Este elemento foi o de menor estoque no solo sob todas as espécies avaliadas. O estoque de P variou de $5,70 \text{ kg ha}^{-1}$ a $21,60 \text{ kg ha}^{-1}$, valores que estão diretamente relacionados com a concentração deste elemento no solo, cujos níveis estão na faixa de baixa/média.

O K e o Mg seguiram a mesma tendência observada para o P, segundo a qual os maiores estoques foram observados na profundidade de 0-20 cm. No K, os maiores estoques na camada de 0-20 cm foram obtidos nos renques de mangueira, fruta-pão e cacauceiro/gliricídia e, na camada de 20-40 cm, os maiores estoques ocorreram nos renques de mangueira, cupuaçzeiro e cacauceiro/gliricídia. Para o S, na camada de 0-20 cm, o maior estoque deste elemento ocorreu no renque de fruta-pão, com $21,65 \text{ kg ha}^{-1}$, a exceção foi no renque da mangueira, em que o maior estoque de S foi obtido na profundidade de 20-40 cm, os maiores estoques foram na mangueira e fruta-pão com $17,89$ e $18,44 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente. Zaia e Gama-Rodrigues (2004) avaliando o comportamento entre três espécies de eucaliptos observaram que não houve diferenças significativas entre as espécies para o nível de fertilidade do solo.

Os baixos estoques de matéria orgânica e carbono indicam que o modelo de sistema agroflorestal adotado ainda não foi capaz de suprir quantidades significativas de matéria orgânica ao solo. Possivelmente, isto pode acontecer com o decorrer do tempo.

Conclusão

- O acúmulo de nutrientes na serapilheira da vegetação natural foi maior que na gliricídia e bandarra;
- A serapilheira acumulada no solo pelas espécies estudadas variou em função dos nutrientes;
- O cupuaçzeiro, a bandarra, a teca e a vegetação natural apresentaram melhor sistema para ciclagem bioquímica;
- O sistema cacauceiro / gliricídia apresentou melhor ciclagem biogeoquímico;
- Os maiores estoques de matéria orgânica e macronutrientes estão na camada superficial do solo (0-20cm). Os estoques de macronutrientes no solo seguiram, de modo geral, a seqüência N>Ca>Mg>K>S>P.

Agradecimentos

Aos técnicos Agrícolas Manoel José dos Santos e Antônio Almeida, CEPLAC/SUPOC/ESTEX-OP, pela ajuda na coleta dos dados desta pesquisa.

Literatura Citada

- ALMEIDA, C. M. C. V. et al. 1995. Sistemas agroflorestais como alternativa auto sustentável para o Estado de Rondônia: Histórico, aspectos agronômicos e perspectivas de mercado. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Porto Velho, PLANAFLORO/PNUD.
- ALVAREZ, I. A.; CASTRO, P. R. C. 1998. Mangueira. In: Castro, P. R. C.; Kluge, R. A. (Coord.) Ecofisiologia de fruteiras tropicais. São Paulo, Nobel. pp. 48-66.
- ANDRADE, A. G. et al. 2000. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniifolia*, *Acácia mangium* e *Acácia holoresica* com quatro anos de idade em planossolo. Revista Brasileira da Ciência do Solo 24 (4): 777-785.
- BARBOSA, R. C. M; NEVES, A. D. S. 1983. Levantamento semi detalhado dos solos da estação experimental de Ouro Preto, RO. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 105. 24p.
- BLANCHAR, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C.. 1965. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. Soil Science Society of America Proceedings 29 (1): 71-72.
- BREMNER, J. M.; EDWARDS, H. P. 1965. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soil. I. Aparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. Soil Science Society of America Proceeding 29 (5): 504-7.
- BURESH, R. J.; TIAN, G. 1997. Soil improvement by tree in sub-Saharan África. Agroforestry System 46 (1/3).
- CARVALHO FILHO, O. M. de; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P. H. 1997. Gliricidia sepium – leguminosa promissora para regiões semi-áridas. Petrolina, PE, EMBRAPA/CPATSA. Circular Técnica, 35. 17p.
- COSTA, G. S. et al. 2004. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. Revista Brasileira da Ciência do Solo 28 (5):919-927.
- DONÁDIO, L. C. 1985. Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção. 2 ed. Brasília, EMBRAPA-SPI. Série publicações técnicas Frupeix nº 2. 53p.
- DUGUMA, B.; GOCKOWSKI, J.; BAKALA, J. 2001. Smallholder cacao (*Theobroma cacao* Linn.) cultivation in agroforestry systems of west and central África: challenges and opportunities. Agroforestry systems 51: 177-188.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, EMBRAPA. 412p.
- FASSBENDER, H. W. 1985. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. 1985. In: Simpósio sobre reciclagem de nutrientes e agricultura de baixo insumo nos trópicos, 1984, Ilhéus, BA. Anais... Ilhéus, CEPLAC / SBCS. p. 203-230.
- FASSBENDER, H. W.; GRIMM, U. 1981. Ciclos bioquímicos en un ecossistema forestal de Los Andes Occidentales de Venezuela. IV. Modelos y conclusiones. Turrialba (Costa Rica) 31: 101-108.
- GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de. 2002. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e dandá no sudoeste da Bahia, Brasil. Revista Árvore (Brasil) 26 (2):193-207.
- GAMA-RODRIGUES, A. C. da. 2004. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: funcionalidade e sustentabilidade. In: Sistemas agroflorestais, tendências da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. Ilhéus, Bahia. p. 67-87p.
- HERNANDEZ, R.; TORRES, A.; MÁRQUEZ, O. 1993. Contenido foliar de nutrientes en plantaciones de teca en Ticoporú, Ven. Turrialba (Costa Rica) 43 (1).
- JAIMEZ, R. A.; FRANCO, W. 1999. Producción de hojarasca, aporte en nutrientes y decomposición en sistemas agroflorestales de cacao y frutales. Agrotrópica (Brasil) 11 (1): 1-8.
- JORDAN, C. F. 1985. Nutrientes cycling in tropical forest ecosystems. New York: John Wiley, 179p.
- KLING, H. 1976. Bilanzierung von hanptnhrstoffen in okosystemen tropiascher regenwald (Manaus) – vorlanfing date. 1976. Biogeographica 7 (1): 59-77.
- LIAO, C. F. H. 1981. Devard's alloy method for total nitrogen determination. Soil Science Society of America Journal 45 (5): 852-855.
- MACEDO, R. L. G. 2000. Fundamentos básicos para implantação e manejo de sistemas agroflorestais. In: MACEDO, R. L. G Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais. Lavras, UFLA/FAEPE. pp. 5-30.
- MAFRA, A. L. 1998. produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa e cerrado. Revista Brasileira de Ciência do solo 22 (1): 43-48.
- MARTINEZ, H. E. P; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R.

- B. de. 1999. Diagnose foliar. In: Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5^a Aproximação). Viçosa. pp.143-168.
- MÜLLER, M. W; SENA-GOMES, A. R.; ALMEIDA, C. M. V. C. 2002. Sistemas agroflorestais com o cacau. Congresso Brasileiro de sistemas agroflorestais, IV. 2002. Ilhéus, CEPLAC, Brasil, SBSAF. (CD-ROM).
- NAIR, P. K. R. 1993. An introduction to agroforestry. Dordrecht: Kluwer Academic. 499p.
- NAIR, P. K. R. 1999. Biogeochemical process in tropical agroforestry system. In: Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém. Anais... Belém, v.1. p. 81-89.
- NAKAYAMA, L. H. I. 2001. Manejo químico do solo para o cacau. IN: Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira. Belém, CEPLAC. 125p.
- PALM, C.A. 1995. Contribution of agroforestry tree to nutrients requirements of intercropped plants. Agroforestry Systems 30: 105-124.
- PALM, C. A. et al. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. Agriculture, Ecosystems and Environment, 83: 27-42.
- PRINCETT, W. L. 1987. Properties and management of soils. New York, John Wiley, 500p.
- REIS, M. G. F.; BARROS, N.F. 1990. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F. ed. Relação solo-eucalipto. Viçosa, Folha de Viçosa. p.265-301.
- SANCHES, P. A. 1995. Science in agroforestry. Agroforestry Systems 30: 5-55.
- SANTANA, M. B. M; CABALA-ROSSAND, P.; SERÔDIO, M. H. 1990. Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacau. Agrotrópica (Brasil) 2 (2): 68-74.
- SCERNE, R.M.C. et al. 2000. Aspectos Agroclimáticos do município de Ouro Preto D' Oeste – RO: Atualização Qüinquéenal. Belém, CEPLAC/SUPOR. Boletim Técnico n°17. 48p.
- SERRÃO, E. A. S.; HOMMA, A. K. O. 1991. Agriculture in the Amazon: the question of sustainability. Washington: Committee for Agriculture Sustainability and Environment in the Humid Tropic. 100p.
- SWIFT, M. J.; HEAL, A.; ANDERSON, J. M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Berkeley, University of California Press.
- TEIXEIRA, L. B.; BASTOS, J. B.; OLIVEIRA, R. F. de. 1994. Biomassa vegetal em agroecossistema de seringueira consorciada com cacau no nordeste paraense. Belém, EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa n° 153. 15p.
- VETORI, L. 1969. Método de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/Equipe de pedologia e fertilidade do solo. Boletim Técnico n° 7. 24p.
- VITOUSEK, P. M. 1984. Litterfall, nutrient limitation in tropical forest. Ecology 65 (1): 285-298.
- VITOUSEK, P. M.; STANFORD JR. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. Annual Review Ecology and Systematics 17: 137-167.
- ZAIA, F. C; GAMA-RODRIGUES, A . C. da. 2004. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. Revista Brasileira da Ciência do Solo 28 (5): 843-852.
- ZAROSKY, R. J.; BURAU, R. G. 1977. A rapid nitric perchloric acid digestion method for multi-element tissue analysis. Communications in Soil Science and Plant Analysis 8 (5): 425-36.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM NO NORDESTE BRASILEIRO, NO ANO AGRÍCOLA DE 2005

Hélio Wilson Lemos de Carvalho¹, Luis Cláudio de Faria², Dulce Regina Nunes Warwick¹, Marcondes Mauricio de Albuquerque¹, Maria José Del Peloso², Leonardo Cunha Melo², Agna Rita dos Santos Rodrigues³, Sandra Santos Ribeiro⁴, Vanice Dias de Oliveira³, Evanildes Menezes de Souza⁴

¹ Embrapa Tabuleiros Costeiros. Caixa Postal 44, 49001-970, Aracaju, Sergipe, Brasil. E-mail: helio@cpatc.embrapa.br. ² Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia Goiânia a Nova Veneza, Km 12 Fazenda Capivara, Caixa Postal 179, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil. ³ Bolsista DTI-G/CNPq/Embrapa Tabuleiros Costeiros, agnarodrigues@yahoo.com.br, vanice_dias@yahoo.com.br. ⁴ Estagiária Embrapa Tabuleiros Costeiros/UFS, sandra@cpatc.embrapa.br, evanildes@gmail.com

Diversos genótipos de feijoeiro comum, pertencentes aos grupos comerciais preto, carioca, mulatinho, jalo e rajado foram avaliados, em diversos experimentos, em vários ambientes da zona agreste dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, em blocos ao acaso, com três repetições, visando conhecer a adaptabilidade e a estabilidade desses materiais para fins de recomendação. Os genótipos mostraram comportamento diferenciado entre si, na média dos ambientes e inconsistência em seus desempenhos frente à oscilações ambientais. Os municípios de Paripiranga, BA, Frei Paulo, Nossa Senhora das Dores e Simão Dias, SE, destacaram-se como os mais favoráveis para exploração comercial de feijoeiro comum. São de grande importância para a agricultura regional, os genótipos de melhor adaptação ($b_0 >$ média geral) e com estimativas de b_1 semelhantes à unidade (adaptabilidade ampla).

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, previsibilidade, interação genótipo x ambiente, cultivares

Adaptability and stability of commum bean genotypes in Northeast Brazilian region, year 2005. Genotypes of commum beans, belonging to the preto, carioca and mulatinho commercial groups, were tested using different trials in several environments in the agreste regions of Bahia, Sergipe, and Alagoas states looking for theirs adaptability and stability for recommendation purpose. A randomized complete block design with three replications was used. In the environment means, the genotypes presented differentiated performance and also instability performance due to environment oscillations. Paripiranga (BA), Frei Paulo, Nossa Senhora das Dores and Simão Dias (SE), presented the best conditions for commercial commum bean exploration. Therefore, the genotypes presenting estimates for adaptation ($b_0 >$ general mean) and stability ($b_1=1$) are the best for growing in the studied regions.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, prediction, genotype x environment interaction, cultivars

Introdução

Encontra-se em desenvolvimento nos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas um programa de melhoramento voltado para a avaliação de variedades e linhagens finais de feijoeiro comum, pertencentes aos grupos carioca, mulatinho, preto, jalo e rajado com o propósito de subsidiar os agricultores na escolha de materiais de melhor adaptação. Nessas áreas, o cultivo do feijoeiro é submetido a diferentes condições ambientais e explorado por agricultores com diferentes níveis de tecnologia; devido a isso é de se esperar que haja interação entre cultivares e ambientes. Rosse & Vencovsky (2000) ressaltam que o feijão, por ser uma cultura anual, é mais sensível às condições ambientais. Assim, alterações nas condições climáticas podem provocar mudanças acentuadas na produtividade.

No entanto, estudos da interação entre genótipos e ambientes não proporcionaram informações pormenorizadas sobre o comportamento de cultivares frente às variações ambientais (Hoogerheide, 2004). Faz-se necessário realizar estudos da adaptabilidade e estabilidade, pelos quais se torna possível a identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas, e assim fazer recomendações de cultivares com bastante critério (Cruz & Regazzi, 2001). Inúmeros trabalhos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade foram realizados considerando-se os rendimentos de grãos (Elias et al. 1999; Warwick et al. 2004 e Ribeiro et al. 2004).

A recomendação de genótipos de melhor adaptabilidade e maior estabilidade de produção é a única forma de aumentar a produtividade de uma cultura numa dada região sem implicar ônus adicional para os agricultores (Del Peloso, et al; 2002). Sabe-se ainda que a recomendação de genótipos com base unicamente em suas produtividades médias em ensaios finais de rendimento pode contribuir para indicação de cultivares com adaptação específica, que acabam se comportando mal na amplitude das condições em que o cultivo se verifica (Duarte & Zimmermann, 1994).

Portanto, as análises de adaptabilidade e estabilidade, para identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, são os meios mais utilizados para amenizar as consequências de interação entre cultivar e ambiente e de obter informações para fazer a recomendação de cultivares com maior critério (Ramalho et al. 1993).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e a estabilidade de genótipos de feijoeiro comum quando submetidos a diferentes condições ambientais do Nordeste brasileiro, para fins de recomendação.

Material e Métodos

Diversos genótipos de feijoeiro comum foram agrupadas em dois tipos de ensaios e avaliadas nos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, no ano agrícola de 2005.

Um desses ensaios, denominado de teste de adaptação local, foi constituído por vinte e seis genótipos e avaliado em cinco ambientes do estado de Sergipe, dois ambientes do estado da Bahia e outros dois em Alagoas. O outro grupo de ensaios, denominado de Valor de Cultivo e Uso foi constituído por 12 genótipos de diferentes grupos e avaliados em três ambientes de Sergipe, dois ambientes da Bahia e outros dois em Alagoas. Esses ambientes estão compreendidos entre as latitudes 9° 26', no município de Arapiraca/AL e 10° 55', em Porto da Folha/SE (Tabela 1).

Nesses ensaios utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de 4,0 m de comprimento, espaçados de 0,50 m, mantendo-se, após o desbaste, 15 plantas/m, correspondendo a uma densidade populacional de 300.000 plantas/ha.

Os dados de peso de grãos de cada tratamento em cada ambiente, foram submetidos a análise de variância obedecendo ao modelo em blocos ao acaso. A análise de variância conjunta dentro de cada grupo, obedeceu ao critério de homogeneidade dos quadrados médios residuais (Gomes, 1990), e foram realizadas conforme Vencovsky & Barriga (1992), considerando-se aleatórios os efeitos de blocos e ambientes e, fixo, o efeito de cultivares. As referidas análises foram efetuadas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, Institute, 1996), para dados balanceados (PROCANOVA).

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados pelo método de Cruz et al., (1989), o qual baseia-se na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade a média (b_0), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (b_1) e aos

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos municípios. Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, 2005.

Municípios	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
Adustina/BA	10° 32'	38° 07'	250
Paripiranga/BA	10° 14'	37° 51'	430
Simão Dias/SE	10°44'	37° 48'	283
Frei Paulo/SE	10° 55'	37° 53'	272
N. Sra. das Dores/SE	10° 30'	37° 13'	200
Carira/SE	10° 18'	37° 41'	351
Porto da Folha/SE	09° 56'	37° 18'	434
Arapiraca/AL	09° 45'	36° 33'	248
Santana do Ipanema/AL	09° 26'	37° 11'	250

ambientes favoráveis ($b_1 + b_2$). Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i}I_j + b_{2i}T(I_j) + \sigma_{ij} + e_{ij} \text{ onde}$$

Y_{ij} : média da cultivar i no ambiente j ; I_j : índice ambiental; $T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos; b_{0i} : média geral da cultivar i ; b_{1i} : coeficiente de regressão linear associado à variável I_j ; b_{2i} : coeficiente de regressão linear associado à variável $T(I_j)$; σ_{ij} : desvio da regressão linear; e_{ij} : erro médio experimental.

Resultados e Discussão

Em relação ao peso de grãos, considerando-se os ensaios componentes do teste de adaptação local, houve diferenças significativas a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, o que indica comportamento diferenciado entre os genótipos avaliados, dentro de cada local (Tabela 2). Os coeficientes de variação oscilaram de 10,4% a 20,8%, conferindo boa precisão aos ensaios (Lúcio, 1997). A média de rendimento de grãos nesses ensaios variou de 938 kg/ha, em Arapiraca/AL a 2.698 kg/ha, em Paripiranga/BA, o que revela uma ampla faixa de variação nas condições ambientais em que foram realizados os ensaios. Variação semelhante foi observada para o outro grupo de ensaios. Os municípios de Paripiranga, na Bahia

Tabela 2. Resumo das análises de variância de rendimento de grão (Kg/ha) de cada ensaio. Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, 2005.

Local	Valores de F	Média	C.V. (%)
Teste de Adaptação Local			
Frei Paulo/SE	5,9**	2317	14,3
Nossa Senhora das Dores/SE	5,3**	2014	14
Porto da Folha/SE	3,00**	1372	20,2
Simão Dias/SE	3,9**	2076	18,4
Carira/SE	3,5**	1544	20,2
Adustina/BA	3,9**	1731	17,1
Paripiranga/BA	2,1**	2698	14,2
Arapiraca/AL	11,9**	938	13,7
Santana do Ipanema/AL	4,3**	1115	20,8
Valor de Cultivo e Uso Sergipe			
Simão Dias/SE	4,8**	1981	16,3
Carira/SE	5,6**	1737	15,8
Porto da Folha/SE	10,5**	1225	14
Paripiranga/BA	5,2**	2722	10,4
Adustina/BA	5,0**	1782	13,9
Arapiraca/AL	1,8*	1398	20,7
Santana do Ipanema/AL	11,4**	1445	14,6

**e* significativos a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

e Frei Paulo, Nossa Senhora das Dores e Simão Dias, em Sergipe mostraram produtividades médias superiores a 2.000 kg/ha; esses ambientes apresentaram melhores potencialidades para o desenvolvimento do milho (Carvalho et al 2004 e 2005 e Souza et al 2004 a e 2004 b), destacando-se, também, como favoráveis para exploração comercial do feijoeiro comum.

Houve diferenças significativas ($p < 0,01$) quanto aos ambientes, cultivares e interação culturais x ambientes, o que evidencia comportamento diferenciado entre os ambientes e as cultivares e o comportamento inconsistente dessas cultivares por causa das variações ambientais, nas duas redes experimentais. Interações significativas têm sido destacadas em trabalhos de competição de cultivares de feijoeiro conforme Duarte e Zimmerman (1991 e 1994), Coimbra et al. (1999), Piana et al. (1999) e Vieira et al. (2001 e 2002).

Constatada a presença da interação genótipos x ambientes, procurou-se verificar as respostas de cada uma delas nos ambientes considerados. Pelo método proposto, busca-se como cultivar ideal aquela que apresenta alta produtividade média de grão ($b_0 >$ média geral), adaptabilidade em ambientes desfavoráveis (b_1 o menor possível), capacidade de responder à melhoria ambiental ($b_1 + b_2$ o maior possível) e, finalmente, variância dos desvios da regressão igual a zero.

No que se refere aos genótipos que formaram os ensaios de teste de adaptação local, nota-se que os rendimentos médios de grãos (b_0) oscilaram de 1.313 Kg/ha a 2.212 Kg/

ha, com média geral de 1.756 kg/ha, o que revela o bom desempenho produtivo do conjunto avaliado (Tabela 3). Os genótipos de rendimentos médios superiores a média geral ($b_0 >$ média geral) mostraram melhor adaptação (Vencovsky e Barriga, 1992), destacando-se o genótipo BRS Campeiro com rendimento de 2.212 Kg/ha.

Verificando-se os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade desses genótipos (Tabela 3), as estimativas de b_1 , que avalia os desempenhos nas condições desfavoráveis, variaram de 0,72 a 1,24, respectivamente, em relação aos genótipos BRS Requinte e BRS Pontal, sendo ambos estatisticamente diferentes da unidade. Considerando os treze genótipos que apresentaram melhor adaptação ($b_0 >$ média geral), apenas o BRS Pontal mostrou-se exigente nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$). Verificou-se também que nenhum desses materiais pertencentes ao grupo de melhor adaptação, respondeu à melhoria ambiental

$(b_1 + b_2 > 1)$. Quinze genótipos dos vinte e seis avaliados mostraram baixa estabilidade nos ambientes considerados ($s^2_d \neq 0$). Apesar disso, Cruz et al. (1989) consideram que aqueles materiais que apresentaram valores de $R^2 > 80\%$ não devem ter seus graus de previsibilidade comprometidos.

Os genótipos que apresentaram melhor adaptação ($b_0 >$ média geral), (Tabela 2) e que mostraram estimativas de b_1 semelhantes à unidade, evidenciaram adaptabilidade ampla, consubstanciando-se em alternativas importantes para a agricultura regional, a exemplo dos BRS Valente, BRS Marfim, BRS Vereda, IPA 6, dentre outras.

Na Tabela 4 estão as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade do grupo de genótipos que formaram o ensaio de Valor de Cultivo e Uso de Sergipe, verificando-se que o rendimento médio de grãos desse conjunto foi de 1.756 kg/ha, na média dos sete ambientes, destacando-se com melhor adaptação os genótipos CNFC 8075, BRS Marfim e Corrente. As estimativas de b_1 oscilaram de 0,36 a 1,38, respectivamente, nos genótipos

CNFM 7119 e Corrente, sendo ambos estatisticamente diferentes da unidade, evidenciando que os genótipos componentes desse conjunto diferiam nos ambientes desfavoráveis. Verificando-se o comportamento dos genótipos que apresentaram melhor adaptação ($b_0 >$ média geral), infere-se que os CNFC 8075 e CNFM 7875 mostraram-se pouco exigentes nas condições desfavoráveis ($b_1 < 1$), justificando sua recomendação para essa classe de ambientes, enquanto que, o Corrente mostrou-se bastante exigente nessa condição de ambiente. O genótipo BRS Marfim, com estimativa de $b_0 >$ média geral e de b_1 semelhante à unidade, revelou adaptabilidade ampla, sendo de relevante importância para os diferentes sistemas de produção da agricultura regional. No tocante à estabilidade de produção, dentro do grupo de genótipos de melhor adaptação, os CNFC 8075 e Corrente apresentaram baixa previsibilidade nos ambientes estudados ($s^2_d \neq 0$); por outro lado, o BRS Marfim evidenciou alta estabilidade de produção nesses ambientes.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 26 variedades de feijoeiro comum em nove ambientes dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, no ano agrícola de 2005.

Cultivares	Médias de grãos (kg/ha)			b_1	b_2	$b_1 + b_2$	s^2_d	R^2 (%)
	Geral	Desfavorável	Favorável					
BRS Campeiro	2212 a	1732	2812	1,16 ns	-0,22 ns	0,94 ns	64758,9 ns	96
BRS Valente	2009 b	1598	2423	1,01 ns	0,10 ns	1,11 ns	451177,2 **	75
BRS Marfim	1981 b	1486	2599	1,19 ns	0,06 ns	1,25 ns	158689,7 ns	92
BRS Vereda	1969 b	1531	2516	0,95 ns	-0,16 ns	0,79 ns	483581,0 **	70
IPA 6	1957 b	1599	2405	0,92 ns	-0,12 ns	0,79 ns	205185,7 *	84
Diamante Negro	1947 b	1585	2401	0,85 ns	0,41 ns	1,27 ns	138202,1 ns	88
BRS Supremo	1914 b	1385	2575	1,10 ns	-0,15 ns	0,94 ns	315257,4 **	83
Princesa	1898 b	1415	2503	1,16 ns	-0,71 *	0,45 ns	95160,3 ns	94
Roxo 90	1888 b	1481	2396	0,96 ns	-0,54 ns	0,42 ns	99362,5 ns	91
BRS Pontal	1860 c	1357	2490	1,24 *	0,09 ns	1,34 ns	291191,9 **	87
Corrente	1853 c	1413	2402	0,99 ns	-0,68 *	0,31 *	345647,2 **	77
Vermelho 2157	1811 c	1463	2246	0,91 ns	-0,60 ns	0,31 *	126392,7 ns	88
Carioca	1765 c	1376	2252	0,93 ns	0,17 ns	1,11 ns	881054,2 **	58
Rudá	1749 c	1200	2434	1,16 ns	-0,09 ns	1,06 ns	597102,1 **	74
BRS MGTalismã	1744 c	1304	2293	1,10 ns	-0,76 *	0,33 *	76941,4 ns	94
BRS Pioneiro	1743 c	1313	2281	0,99 ns	-0,23 ns	0,75 ns	127475,6 ns	90
BRS Requinte	1717 c	1442	2061	0,72 *	0,12 ns	0,84 ns	332658,8 **	68
BRS Grafite	1706 c	1334	2171	0,85 ns	-0,02 ns	0,83 ns	275951,9 **	77
BRSHorizonte	1642 d	1300	2069	0,90 ns	0,61 ns	1,51 ns	190872,9 ns	87
Pérola	1589 d	1138	2154	1,03 ns	1,60 **	2,63 **	330631,2 **	87
Jalo EEP 558	1567 d	1045	2220	1,23 *	-0,66 ns	0,57 ns	106773,9 ns	94
Bambuí	1512 d	1061	2076	0,89 ns	0,10 ns	0,99 ns	460230,0 **	70
Irai	1486 d	1088	1985	1,10 ns	0,43 ns	1,53 ns	535376,0 **	76
BRS Timbó	1471 d	1133	1893	0,90 ns	0,02 ns	0,93 ns	272726,6 **	79
BRS Radiante	1357 e	1014	1785	0,88 ns	0,32 ns	1,21 ns	108077,2 ns	91
Jalo Precoce	1313 f	1046	1648	0,74 *	0,91 **	1,65 *	233434,0 *	81

* e ** significativamente diferente da unidade, para b_1 e $b_1 + b_2$, e de zero, para b_2 a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste t de Student, respectivamente. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 12 genótipos de feijão em 7 ambientes do nordeste brasileiro, no ano agrícola de 2005.

Cultivares	Médias de grãos (kg/ha)			b_1	b_2	b_1+b_2	s^2_d	R^2 (%)
	Geral	Desfavorável	Favorável					
CNFC 8075	2026 a	1860	2248	0,65 *	0,60 *	1,25 ns	425181,5 **	69
BRS Marfim	2003 a	1752	2338	0,93ns	-0,02 ns	0,90 ns	155566,2 ns	86
Corrente	1674 a	1139	2388	1,38 *	-0,83 **	0,54 *	1656922,4 **	47
CNFM 8116	1868 b	1526	2323	1,21 ns	-0,75 **	0,45 *	176289,3 ns	86
Ete	1848 b	1491	2325	1,16 ns	0,01 ns	1,18 ns	133855,6 ns	92
CNFM 7875	1839 b	1638	2107	0,62 *	0,35 ns	0,98 ns	121339,9 ns	84
CNFM 7886	1752 b	1440	2168	0,79 ns	0,35 ns	1,14 ns	507257,8 **	65
Pérola	1750 b	1419	2192	1,14 ns	1,18 **	2,32 **	44408,8 ns	98
CNFC 8065	1720 b	1326	2247	1,28 ns	-0,93 **	0,34 **	472334,7 **	72
CNFM 8109	1603 c	1279	2036	1,15 ns	-0,43 ns	0,65 ns	139151,9 ns	89
Horizonte	1458 c	1093	1944	1,27 ns	0,13 ns	1,14 ns	408719,9 **	82
CNFM 7119	1279 d	1155	1444	0,36 **	0,39 ns	0,76 ns	244487,9 *	57

* e ** significativamente diferente da unidade, para b_1 e b_1+b_2 , e de zero, para b_2 a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste t de Student, respectivamente. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Scott-Knott.

Conclusões

1. Os diferentes genótipos avaliados diferem quanto à adaptabilidade e à estabilidade.
2. Os genótipos de feijoeiro comum de melhor adaptação ($b_0 >$ média geral), com estimativas de b_1 semelhantes à unidade, têm importância expressiva nos diferentes sistemas de produção regionais.

Literatura Citada

- COIMBRA, J. L. M.. et al.1999. Reflexos da interação genótipos x ambiente e suas implicações nos ganhos de seleção em genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*). Ciência Rural (Brasil) 29 (3): 433-439.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de.; VENCOVSKY,R. 1989. An alternative approach to the stability analisis by Silva and Barreto. Revista Brasileira de Genética 12: 567-580.
- CRUZ, C.D; REGAZZI, A J. 2001. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, UFV. 390p.
- DEL PELOSO, M.J. et al. 2002. BRS Marfim: Nova cultivar de feijoeiro comum com tipo de grão mulatinho. Goiânia, Embrapa Arroz e feijão,Comunicado Técnico, 48.1p
- DUARTE, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. 1991.Selection of location for common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) germoplasm evalution. Revista Brasileira de Genética 14 (3).765-770.
- DUARTE, J. B.; ZIMMERMANN, M.J.1994.
- Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de genótipos de feijoeiro comum. Pesquisa Agropecuária Brasileira 29 (1): 25-32.
- ELIAS, H. T.; HEMP, S.; CANTON, T. 1999. Análise da interação genótipo x ambiente na avaliação de cultivares de feijão em Santa Catarina. Pesquisa Agropecuária Gaúcha 3 (2): 271-275.
- GOMES, F. P. 1990. Curso de estatística experimental. São Paulo, Nobel. 450p.
- HOOGERHEIDE, E. S. S.2004. Estabilidade fenotípica de cultivares de algodoeiro herbáceo em diferentes sistemas de produção no estado de Mato Grosso. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ.87p.
- PIANA, C. F. B. et al. 1999. Adaptabilidade e estabilidade de grãos de genótipos de feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34 (4): 553-564.
- RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; RIGHETTO, GU. 1993. Interação de cultivares de feijão por épocas de semeadura em diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília. 28 (10):1183-1189.
- RIBEIRO, M. D.; JOST, E.; CARGNELUTTI FILHO, A.2004. Efeitos da interação genótipos x ambiente no ciclo e na coloração do tegumento dos grãos de feijoeiro comum. Bragantia (Brasil) 63 (3): 373-380.
- SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos).1996. SAS/STAT user's Guide : version 6. 4, ed. Cary, v.1.
- VENCOVSKY. R.; BARRIGA, P. 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética. 496p.

- VIEIRA, R. F. et al. 2001. Comportamento de cultivares do tipo manteigão em Minas Gerais – II. Revista Ceres (Brasil) 48: 263-275.
- VIEIRA, F. V. et al. 2002. Comportamento de cultivares de feijão do tipo manteigão em Minas Gerais-III. Viçosa. Revista Ceres 49: 29-39.
- WARWICK, D. R. N. et al. 2004. Comportamento de linhagens avançadas de variedades de feijoeiro comum em monocultivo e em consorciação com o milho. Agrotrópica (Brasil) 16(2):39-46.



PODRIDÃO-NEGRA DA RAIZ DA NOZ-MOSCADADEIRA CAUSADA POR *Rosellinia pepo*

**Marival Lopes de Oliveira¹, Célio Kersul Sacramento², José Luiz Bezerra¹, Ana Rosa R. N. Cerqueira¹,
Valdívnia Reis da Silva¹**

¹CEPLAC, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22, Caixa Postal 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil;

²UESC, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, 45662-000, Ilhéus, Bahia, Brasil.

A noz-moscadadeira (*Myristica fragrans*) é uma planta originária da Indonésia, possuindo porte elevado, podendo atingir entre 15-20 metros de altura. Introduzida no Brasil, vem sendo cultivada, comercialmente, em alguns municípios da região cacaueira da Bahia como Una, Taperoá e Tancredo Neves. Embora o sul do estado seja de grande potencialidade para a expansão da cultura, em função das excelentes condições de clima e solo, a noz-moscada ainda é pouco explorada na região. Durante visitas de inspeção fitossanitária realizadas em fazendas dos municípios de Una e Taperoá, no ano de 2005, foram observadas plantas, contíguas a plantações de cacau, apresentando sintomas de murchura e amarelecimento da folhagem que ao secar ainda permanecia adherida à planta por algum tempo. Outras vezes, apenas parte das plantas exibia tais sintomas, com as folhas caindo e deixando as plantas emponteiradas e desfolhadas. O sistema radicular exibia sintomas e sinais característicos, representados pela presença de rizomorfos associados ao apodrecimento das raízes, até ao nível do coletor. Sob a casca, eram observadas, sobre o lenho, rizomorfos em forma de leques ou de estrelas, com coloração esbranquiçada, típicas do fungo *Rosellinia pepo*. O fungo, em sua fase anamórfica, foi isolado em meio de batata-dextrose-agar e inoculado em plântulas de noz-moscada, com dez meses de idade, após ser cultivado durante vinte dias em meio de fubá-secções de folhas secas de cacau (1:1). Dois meses após a inoculação, começaram a aparecer as primeiras plantas mortas exibindo os mesmos sintomas e sinais observados em campo. O fungo foi re-isolado em todas as oportunidades.

Palavras-chave: *Myristica fragans*, noz-moscada, podridão de raiz

Black root rot of nutmeg tree caused by *Rosellinia pepo* in southern of Bahia, Brazil. The nutmeg tree (*Myristica fragrans*) is originated from Indonesia, reaching sometimes 15 to 20 meters of height. Introduced in Brazil, it has been cultivated, commercially, in some municipalities of the cacao-growing region of Bahia, Brazil, such as Una, Taperoa and Tancredo Neves. Although the southern region of the state of Bahia has great potentiality for the expansion of the crop in function of the excellent climate and soil conditions, the nutmeg is still little explored, commercially, in the area. In phytosanitary inspections carried out in some farms of the municipalities of Una and Taperoa, in 2005, were observed some nutmeg plants, next to cacao plantations, showing symptoms of wilting, chlorosis of leaves and death of the whole plant, with the leaves remaining held to the trees for some time. Occasionally, depending on the age of the plant, only part of the tree exhibited such symptoms, with the leaves falling and leaving the tree completely defoliated. Up to the collar level, characteristic symptoms of the disease and signs of the pathogen were observed on the root system, showing the presence of rhizomorphs associated to the root rot. Beneath the bark, white mycelial fans or star-like mycelium, typical of the fungus *Rosellinia pepo*, were observed on the wood surface. The fungus in its anamorphic phase was isolated in potato-dextrose-agar medium and inoculated on ten month-old nutmeg plants, after being cultivated for twenty days in a medium prepared with maize flour and sections of dry cacao leaves (1:1w/w). The first dead plants showing all the disease symptoms and the signs of the pathogen were observed two months after inoculations. The fungus was re-isolated from all the artificially infected nutmeg plants.

Key words: *Myristica fragans*, nutmeg, root rot

Introdução

A noz-moscadeira (*Myristica fragrans* Houtt.), planta que produz a noz-moscada, é uma árvore de porte relativamente elevado, atingindo entre 15-20 metros de altura, pertencente à família Myristicaceae. A planta é única entre as especiarias uma vez que produz dois produtos distintos, a noz-moscada propriamente dita, e a maça ou macis que se constitui do arilo seco que reveste as sementes no interior dos frutos (Purseglove *et al.*, 1981). A planta é originária das Ilhas Molucas, na Indonésia, tendo sido introduzida no Brasil, por volta de 1790 (Mendes Ferrão, 1993). De acordo com Mendes Ferrão (1993) cerca de 75% da produção mundial concentra-se na Indonésia, 20 % em Granada, e os restantes 5% pulverizados entre diversos países produtores. No Brasil, houve uma tentativa, feita pela CEPLAC, em explorá-la comercialmente na região cacaueira da Bahia, entretanto, a cultura ainda não apresenta expressão econômica, sendo cultivada, principalmente, nos municípios de Una, Taperoá e Tancredo Neves. Embora o sul do estado seja de grande potencialidade para a sua expansão, em função das excelentes condições de clima e solo, a noz-moscada ainda é pouco explorada na região.

A noz-moscadeira é uma planta pouco estudada, principalmente no Brasil, a julgar pela pequena disponibilidade de informações na literatura, notadamente, no que se refere às doenças que ocorrem na cultura. Existem informações apenas esparsas sobre algumas doenças em determinados países, mas quase nenhuma ocorrência registrada no Brasil. Na Indonésia foi relatada uma doença causando queda prematura de frutos, associada ao fungo *Coryneum myristicae*, e na Índia uma podridão de frutos causada pelo fungo *Diplodia natalensis* Pole & Evans, que é a forma picnidial de *Physalospora rhodina* (Berk e Cust.) Cooke (Chattopadhyay, 1967). Outra doença, a queima do fio causada por *Corticium stevensii*, foi registrada em Granada e Trinidad. De acordo com Purseglove *et al.* (1981) doenças de raízes causadas por *Fomes* (=*Phellinus*) e *Rosellinia*, que atacam a maior parte das plantas tropicais, são comumente patogênicos à noz-moscada. De acordo com os autores, *Fomes noxius* Corner e *Fomes camaoensis* foram também assinalados na Indonésia causando apodrecimento do sistema radicular da noz-moscadeira. *Rosellinia pepo* Pat. é o agente causal de uma doença de raiz de noz-moscada em Granada, como também em outros países, embora outra importante espécie, *R. bunodes* (Berk.e Br.) Sacc. possa também ocorrer na mesma área (Waterston, 1941), sendo a doença, normalmente, conhecida como murcha da noz-moscada.

Espécies de *Rosellinia* são agentes causais de doenças radiculares denominadas, normalmente, de podridão-negra em uma série de hospedeiros lenhosos tropicais e subtropicais. Entre elas, duas espécies apresentam maior

destaque: *R. pepo* e *R. bunodes* (Waterston, 1941). Segundo Waterston (1941), *R. bunodes* é aquela com distribuição geográfica mais generalizada, podendo ocorrer em países da América e África, além de Índia, Indonésia, Filipinas, Sri Lanka, Malásia e Papua-Nova Guiné, na Ásia.

Além de apresentar importância econômica no cacaueiro, espécies de *Rosellinia* também podem assumir algum destaque nas culturas do café (*Coffea* spp.), seringueira (*Hevea* spp.), citros (lima) (*Citrus aurantifolia* (L.) Swingle), abacate (*Persea americana* Miller), banana (*Musa sapientum* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth, cânfora (*Cinnamomum comphora* (L.) J. Presl, mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), taimba (*Xanthosoma* sp.), pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), chá (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), entre outras (Waterston, 1941; Thorold, 1975; Kranz *et al.*, 1978; Holliday, 1980).

Na região sul da Bahia, a espécie *R. pepo* além de ter sido assinalada no cacaueiro, foi encontrada também em eritrina (*Erythrina* spp.) (Oliveira e Lellis, 1985a; Oliveira, 1992), cravo-da-índia, seringueira e cupuaçuzeiro (M. L. Oliveira, dados não publicados), além de pinha-do-sertão (*Annona squamosa* L.) (J. L. Bezerra, comunicação pessoal).

Espécies de *Rosellinia* são capazes de sobreviver no solo e em matéria orgânica na sua superfície, disseminando-se, normalmente, através do crescimento micelial e pelo contato entre tecidos doentes e saudáveis (Holliday, 1980). A importância da disseminação por meio de ascósporos, nas condições estudadas é desconhecida, mesmo porque a ocorrência de peritécios do fungo é raramente observada em condições de campo.

Em inspeções fitossanitárias realizadas no ano de 2005 em algumas fazendas dos municípios de Una e Taperoá com objetivo de diagnosticar possíveis causas para a mortalidade de plantas de noz-moscada, foram observadas algumas árvores, contíguas a plantios de cacau, apresentando sintomas e sinais típicos semelhantes àqueles induzidos por *R. pepo* em cacaueiro.

O presente trabalho apresenta os resultados de observações efetuadas em campo e casa-de-vegetação envolvendo a sintomatologia da doença e os estudos visando à definição da sua etiologia. Um resumo deste trabalho foi publicado previamente (Oliveira *et al.*, 2006).

Material e Métodos

Visitas de inspeção fitossanitária foram realizadas em fazendas dos municípios de Una e Taperoá, durante o ano de 2005, para averiguar as causas da mortalidade de plantas de noz-moscada, tendo sido efetuadas observações detalhadas sobre a sintomatologia da doença tanto sobre a parte aérea quanto no sistema radicular. Amostras de

material infectado foram coletadas e trazidas para a Clínica Fitopatológica do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), em Ilhéus, BA, para que fossem procedidos os isolamentos e a identificação do patógeno.

Nos isolamentos, após a lavagem do sistema radicular em água corrente, as raízes foram desinfetadas superficialmente com uma solução de hipoclorito de sódio a 1%, e com o auxílio de um canivete esterilizado foram obtidas secções de tecidos das regiões de transição entre tecidos doentes e saudáveis. As secções foram transferidas para uma placa de petri contendo solução de hipoclorito de sódio a 1%, lavadas com água esterilizada, secas em papel de filtro, inseridas em placas de petri contendo meio de batata-dextrose-agar (BDA) e estas então incubadas a 25°C até o completo desenvolvimento e esporulação do fungo.

O fungo predominantemente isolado em sua fase anamórfica foi identificado, repicado para meio de BDA e transferido para placas de petri de 15 centímetros de diâmetro contendo um meio especialmente preparado com fubá-de-milho e secções de folhas secas de cacau, na proporção de 1:1 (p/p). Após ser cultivado por 20 dias no meio, 20 gramas do inóculo do fungo (meio e micélio do fungo) foram utilizadas para inocular cada uma de dez plântulas de noz-moscada, com 10 meses de idade, crescidas em sacos de polietileno contendo dois quilogramas de solo esterilizado, mantendo-se idêntico número de plantas, sem inocular, como testemunhas.

A inoculação foi efetuada removendo-se a camada superficial do solo (aproximadamente sete centímetros de profundidade), depositando-se o inóculo em contato com as raízes e repondo em seguida o solo ao local de origem. As plantas foram mantidas em casa-de-vegetação, sem controle de temperatura e umidade, e inspecionadas, periodicamente, até o aparecimento dos sintomas e a sua morte. Plantas mortas foram examinadas para a detecção de rizomorfias e outros sintomas e sinais do fungo, para em seguida se proceder ao re-isolamento do patógeno em meio de BDA.

Resultados e Discussão

Em fazendas dos municípios de Una e Taperoá, no sul da Bahia, em 2005, foram observadas plantas de noz-moscada, muitas vezes, contíguas a plantios de cacau, apresentando sintomas de murcha e amarelecimento da folhagem que ao secar ainda permanecia aderida às árvores por algum tempo (Figuras 1 a, b). Outras vezes, tais sintomas manifestavam-se apenas de forma parcial, com as folhas caindo e deixando as plantas emponteiradas e desfolhadas (Figura 1a). Ao se inspecionar o sistema radicular, notava-se os sintomas e sinais característicos da doença, representados pela presença de rizomorfias associadas ao apodrecimento das raízes, até ao nível do

coleto. Internamente, após a remoção da casca, era observada, sobre o lenho, a presença de rizomorfias em forma de leques ou de estrelas, com a coloração esbranquiçada, típicas do fungo *Rosellinia pepo* Pat. (Figura 1 c), responsável também pela podridão-negra das raízes do cacau (Oliveira, 1992; Oliveira e Luz, 2005).

Das amostras coletadas em plantas apresentando sintomas e sinais característicos da doença, notadamente, daqueles observados sobre o sistema radicular, foi isolada, predominantemente, a fase anamórfica do fungo *R. pepo*, referida na literatura como *Dematophora* sp., responsável pela doença conhecida como podridão-negra da raiz de uma série de plantas lenhosas em países tropicais e subtropicais (Both e Holliday, 1972; Gibson, 1978; Sivanesan e Holliday, 1972). A identificação do fungo se baseou em estruturas típicas da fase anamórfica produzidas em meio de cultura preparado com fubá de milho/serragem (pó-de-serra), na proporção 1:1 (p/p).

Embora *R. bunodes* seja, normalmente, considerada a espécie mais agressiva e mais freqüentemente assinalada em outros hospedeiros e países (Waterston, 1941; Both e Holliday, 1972; Sivanesan e Holliday, 1972, Gibson, 1978), ela só foi encontrada em uma única oportunidade, sobre o cacau (Oliveira e Lellis, 1985b; Oliveira, 1992). Havendo, portanto, um claro predomínio da espécie *R. pepo* não só em cacau como também sobre as demais plantas hospedeiras já assinaladas na região.

O fungo, cultivado em meio de fubá/secções de folhas secas de cacau, quando inoculado em plântulas de noz-moscada, com dez meses de idade, foi capaz de reproduzir os mesmos sintomas e sinais observados sob condições de campo. Dois meses após a inoculação, começaram a aparecer as primeiras plantas mortas apresentando o mesmo quadro sintomatológico registrado em condições naturais (Figura 1d). O fungo foi re-isolado em todas as oportunidades.

A doença ocorre, normalmente, em reboleiras e sua incidência é mais ou menos elevada em função da disponibilidade de humos e restos vegetais sobre a superfície do solo. Tal disponibilidade de material orgânico poderia explicar a maior ou menor importância da doença sobre determinadas culturas que em outras, uma vez que o fungo além de se disseminar pelo contato entre tecidos doentes e saudáveis, também pode ser disseminado pelo seu próprio crescimento sobre a matéria orgânica no solo (Gibson, 1978). Em cacau, tal disponibilidade é relativamente grande em comparação com outros hospedeiros, o que poderia explicar uma incidência aparentemente maior da doença nesta cultura do que em noz-moscada, por exemplo (Oliveira, 1992).

Na cultura do cacau, em áreas com baixa freqüência de chuvas, pouco acúmulo de humos e de restos vegetais, com sombreamento deficitário, ou em relevo pouco acidentado, pode-se observar que a incidência da doença



Figura 1. Sintomas da podridão-negra em plantas de noz-moscada: murcha, amarelecimento, seca da folhagem (a, b), planta morta com folhas aderidas (b), sinais típicos do fungo *Rosellinia pepo* sobre o sistema radicular (c). Plântulas de noz-moscada inoculadas exibindo sintomas da doença (d).

chega a ser insignificante. Em tais situações, a sua disseminação é normalmente mais lenta, restringindo-se a pequenos focos e ocorrendo, principalmente, pelo contato entre tecidos doentes e saudáveis (Oliveira, 1992).

Esta é a primeira constatação do fungo *R. pepo* como agente causal da doença denominada podridão-negra, em raízes de noz-moscadeira no Brasil.

Literatura Citada

BOOTH, C.; HOLLIDAY, P. 1972. *Rosellinia pepo*. CMI Description of Pathogenic Fungi and Bacteria 351:1.

CHATTOPADHYAYA, S. B. 1967. Diseases of plants yielding drugs, dyes and spices. New Delhi. Indian Council of Agricultural Research.

GIBSON, I. A. S. 1978. *Rosellinia bunodes* (Berk. & Br.) Sacc. In Kranz, J.; Schmutterer, H.; Koch, W. eds. Diseases, pests and weeds in tropical crops. New York, John Wiley & Sons. pp. 135-136.

HOLLIDAY, P. 1980. Fungus diseases of tropical crops. Cambridge, Cambridge University Press. 607.

KRANZ, J. ; SCHUMTTERER, H.; KOCH, W. 1978. Diseases, pests and weeds in tropical crops. New York, John Wiley & Sons. 666 p.

MENDES FERRÃO, J. E. 1993. Espaciarias – cultura, tecnologia, comércio. Lisboa, Instituto de Investigação Científica Tropical. 413 p.

OLIVEIRA, M. L.; LELLIS, W. T. 1985 a. Ocorrência de *Rosellinia pepo* causando podridão em raízes de *Erythrina*. In Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Informe de Pesquisa 1983. pp. 53.

OLIVEIRA, M. L.; LELLIS, W. T. 1985 b. *Rosellinia bunodes* (Berk. & Br.) Sacc. causando podridão-negra nas raízes do cacau. In Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Informe de Pesquisa 1983. pp. 55-56.

OLIVEIRA, M. L. 1992. Podridão negra da raiz do cacau causada por *Rosellinia* spp. no Brasil. Agrotrópica (Brasil) 4: 21-26.

OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. 2005. Identificação e manejo das principais doenças do cacau no Brasil. In Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 132 p.

OLIVEIRA, M. L. et al. 2006. Podridão-negra da raiz da noz-moscada causada por *Rosellinia pepo* no estado da Bahia. Fitopatologia Brasileira 31 (Suplemento), agosto 2006. S 136-137.

PURSEGLOVE, J. W. et al. Spices. London, Longman. 439 p.

SIVANESAN, A.; HOLLIDAY, P. 1972. *Rosellinia bunodes* (Berk. & Br.) Sacc. Kew, CMI. Descriptions of Pathogenic fungi and Bacteria n° 351. 2p.

THOROLD, C. A. 1975. Diseases of cocoa. Oxford, Clarendon Press. 423p.

WATERSTON, J. M. 1941. Observations on the parasitism of *Rosellinia pepo* Pat. Tropical Agriculture (Turrialba) 18: 174-184. ●

SUBSTRATOS DE SERRAGEM NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CACAUEROS

George Andrade Sodré¹, José Eduardo Corá², André Barreto Pereira³

¹ CEPLAC/CEPEC, Caixa Postal 07 , 45600-970, Itabuna-Bahia - Brasil. sodre@cepec.gov.br. Universidade Estadual de Santa Cruz -UESC - DCA

² Departamento de Solos da Unesp/ FCAV. 14.484-900, Jaboticabal -São Paulo, Brasil

³ Superintendência Federal de Agricultura SFA-BA 45.600-770, Itabuna -Bahia., Brasil.

Este trabalho avaliou o crescimento de mudas de cacaueros em substratos à base de serragem com e sem aplicação de nitrogênio (N) via uréia e ferro via solução de sulfato ferroso (SF). As serragens foram inicialmente misturadas com a areia, na proporção 9:1 (v:v) e depois umedecidas. Em seguida, foram aplicados 10 g de uréia e 20 mL de SF 5% para cada dm³ de substrato. O delineamento foi em blocos casualizados com oito tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: 1) Serragem originada do município de Una sem adição de N e SF (SU-P); 2) Serragem originada do município de Camacan sem adição de N e SF (SC-P), 3) SU com adição de N (SUN); 4) SC com adição de N (SCN); 5) SU com adição de SF (SUF_e); 6) SC com adição de SF (SCF_e); 7) SU com adição de N e SF (SUNF_e) e 8) SC com adição de N e SF (SCNF_e). Esses substratos foram usados para enchimento de sacos de polietileno de 3,4 dm³ e cultivo de mudas de cacauero (clone CCN 51 com 110 dias de idade). Após quatro meses de crescimento, as plantas foram avaliadas em altura, área foliar, diâmetro do caule, matéria seca da parte aérea, matéria seca das raízes principais, secundárias e totais. A relação C/N foi alterada pela adição de N que também aumentou o teor foliar do elemento, reduziu a matéria seca de raízes principais e totais e não influenciou a altura das plantas, o diâmetro do caule, a matéria seca da parte aérea e a área foliar. A dose de Fe aplicada via SF não foi suficiente para alterar significativamente o teor do elemento nas folhas e nos substratos.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, estaqueia, cultivo sem solo

Substrates of sawdust in production of cocoa cutting. This work aimed to evaluate the growth of cocoa seedling cultivated in substrates of sawdust with and without application of urea and solution of iron sulfate (SF). The sawdust initially had been mixed with the sand, in the ratio 9:1 (v: v) and later humidified. After that, had been applied 10 g of urea and 20 mL of SF 5% in solution for each dm³ of substrate. The experiment was carried in a completely randomized design with eight treatments and three repetitions. The treatments had been: 1) sawdust originating from Una district without addition of N or SF (SU-P); 2) sawdust originating from Camacan district without addition of N or SF (SC-P), 3) SU with urea addition of N(SUN); 4) SC with addition of N (SCN); 5) SU with iron sulfate addition (SUF_e); 6) SC with iron sulfate addition (SCF_e); 7) SU with addition of N and iron sulfate (SUNF_e) and 8) SC with addition of N and iron sulfate (SCNF_e). These substrates had been used for to filling polyethylene bags of 3,4 dm³ and growing cacao cuttings (clone CCN 51 with 110 days of age). After four months the following parameters were evaluated: plant height, leaf area, diameter of stem, aboveground biomass and roots biomass. Relation C/N was modified by the N addition that also increased the foliar content, reduced the aboveground biomass of the roots but did not influence the growth of the seedling. The concentration of iron sulfate applied was not enough to change significantly the levels of iron in leaves and substrates.

Key words: *Theobroma cacao*, cutting, soilless growth.

Introdução

A cultura do cacaueiro configura-se como um dos raros casos entre espécies perenes cultivadas em que a propagação seminal superou a vegetativa. No Brasil a técnica de enraizamento de estacas do cacaueiro foi substituída por plantios direcionados para sementes melhoradas. Isso ocorreu porque o material híbrido seminal apresentava boas respostas no campo e reduzidas taxas de segregação na F1 (Dias, 1993). Com o surgimento da doença vassoura-de-bruxa (Pereira et al. 1989) e das variedades clonais tolerantes, houve necessidade de se recorrer novamente às técnicas de enraizamento.

Para obtenção de mudas que atendam às exigências da legislação brasileira é necessário usar substratos que apresentem características físicas e químicas adequadas. Nesse contexto, desde o ano de 1999, várias pesquisas foram realizadas no sul do estado da Bahia com objetivo de produzir substratos comerciais e usá-los na produção de mudas clonais de cacaueiros (Marrocos e Sodré, 2004).

Vários materiais regionais foram usados e testados, contudo, dependendo do tipo e origem da matéria prima, podem-se encontrar substratos com alta relação carbono nitrogênio (C/N) e elevados teores de tanino.

A serragem de madeira é um exemplo de material bastante disponível na região cacaueira do estado da Bahia. Entretanto, mesmo apresentando boas características físicas, estabilidade química e custo reduzido, o uso da serragem como substrato pode ser limitado devido aos elevados níveis de tanino solúvel e da alta relação C/N. De acordo com Burés (1997), compostos tânicos presentes na serragem diminuem a atividade microbiana e reduzem o crescimento das raízes.

Booman (2000), aponta como solução para o problema do tanino em serragens o uso de solução de sulfato ferroso (SF) 0,5%, aplicada via solução, sobre a serragem em estado úmido. O SF tem a propriedade de reagir com o tanino livre precipitando-o e, segundo esse autor não traz problemas de fitotoxicidade e acrescenta dose extra de ferro e enxofre para as plantas.

A alta relação C/N promove imobilização do N com danos ao crescimento da planta. Entretanto, a aplicação de altas doses de nitrogênio (nitrolização) visando reduzir a relação C/N em substratos aumenta a possibilidade de usar produtos regionais que apresentem essa limitação.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de cacaueiros em substratos à base de serragem, com e sem aplicação de uréia e solução de sulfato ferroso.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Ceplac situada no município de Ilhéus - BA.

O delineamento adotado foi em blocos ao acaso com oito tratamentos (substratos), três repetições e parcela experimental composta por seis plantas. Os tratamentos constituíram-se de: 1) Serragem originada do município de Una - BA (SU) sem adição de Nitrogênio (N) e Sulfato ferroso (SF) (SU-P); 2) Serragem originada do município de Camacan - BA (SC) sem adição de N e SF (SC-P), 3) SU com adição de N (SUN); 4) SC com adição de N (SCN); 5) SU com adição SF (SUFe); 6) SC com adição de SF (SCFe); 7) SU com adição de N e SF (SUNFe) e 8) SC com adição de N e SF (SCNFe).

As serragens foram inicialmente padronizadas quanto ao tamanho de partículas com peneiramento em malha de 6 mm. Em seguida, foram misturadas com a areia na proporção 9:1 (v:v) e depois umedecidas. A areia foi coletada em fundo de rio e na análise física apresentou 86% de areia grossa; 10% de areia fina e 4% de argila.

Parte da serragem foi reservada para aplicação de N, SF e N+SF. Nessa aplicação, para cada dm³ de substrato foram misturadas 10 g de uréia e 20 ml de solução de SF 5%. Esses valores correspondem a doses de 4500 e 120 mg dm⁻³ de N e Fe respectivamente. Após a aplicação, os substratos foram homogeneizados usando misturador manual e cobertos com lona plástica para incubação.

Passadas duas semanas de incubação os substratos foram usados para enchimento de sacos de polietileno de 3,4 dm³. Após o enchimento cada saco recebeu uma muda do clone CCN-51, com 110 dias de idade, produzidas em tubetes numa mistura de substrato comercial Plantmax® e fibra de coco na proporção 1:1 (v:v). As mudas foram produzidas por estação segundo protocolo de rotina da empresa Instituto Biofábrica de Cacau (IBC), especializada na produção de mudas clonais de cacaueiros.

Na primeira semana do período de crescimento, foi adicionado à superfície dos sacos 2,0 g L⁻¹ do fertilizante de liberação lenta (3-5 meses) Osmocote® (22 N - 04 P₂O₅ - 08 K₂O) e 1,0 g L⁻¹ do fertilizante solúvel PG Mix (14 N - 18 P₂O₅ - 18 K₂O + micronutrientes).

Após quatro meses em casa de vegetação, as mudas foram cortadas e avaliadas quanto à altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), área foliar (AF), matéria seca das raízes principais (MSRP), secundárias (MSRS) e totais (MSRT). As raízes principais foram aquelas que apresentavam diâmetro superior a 8,25 mm após secagem em estufa a 65°C por 48 horas.

Para análise dos teores totais de nutrientes nas folhas, estas foram inicialmente lavadas em água deionizada e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante. O material seco foi mineralizado para o N via digestão sulfúrica e para os demais elementos, pela mistura

nítrico-perclórica. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl (Jackson, 1958); o P foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, descrito por Braga e Defelipo (1974); o K, por fotometria de emissão de chama; o Ca, Mg e Fe, por espectrofotometria de absorção atômica.

Amostras dos substratos foram coletadas no final do experimento para análise dos teores totais de C, N e Fe. O carbono foi determinado por combustão, o N após mineralizado via digestão sulfúrica foi determinado pelo método Kjeldahl (Jackson, 1958) e o Fe foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica após digestão em ácido sulfúrico.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott Knott (Skott-Knot, 1974) a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Características químicas dos substratos

A aplicação de uréia aumentou significativamente o teor total de N nos substratos SUN, SCN, SUFe, SUNFe e SCNFe em relação aos substratos puros (Tabela 1). O teor de carbono não foi alterado nas serragens pela adição de N, Fe e N+Fe.

A relação C/N variou nos substratos entre 189 e 460:1. Esses valores são considerados elevados e 4 a 11 respectivamente superiores ao valor médio adequado para substratos que é de (40:1) (Burés, 1997). Verificou-se também que a relação C/N foi significativamente reduzida na SC, pela adição de N, Fe e N+Fe (Tabela 1).

Análise das folhas

Os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg apresentados na Tabela 2, encontram-se na faixa média para o cacaueiro

Tabela 1. Teores totais de N, C e Fe e relação C/N encontrados em substratos à base de serragem: puros (P) e com aplicação de Uréia (N) e Sulfato ferroso (Fe) após 4 meses de cultivo de mudas do clone CCN-51 em casa de vegetação.

Substratos ¹	N	C	Relação C/N	Fe
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
SU-P	1,15 b	300,5 a	270,3 b	4801,0 a
SC-P	0,70 b	320,2 a	460,0 a	3711,0 a
SUN	1,60 a	300,9 a	196,0 b	3760,0 a
SCN	1,60 a	300,2 a	189,8 b	3487,5 a
SUFe	1,30 a	290,3 a	231,4 b	6076,0 a
SCFe	1,00 b	280,8 a	288,3 b	3348,5 a
SUNFe	1,50 a	310,9 a	212,9 b	4043,5 a
SCNFe	1,40 a	310,5 a	226,1 b	3320,0 a
CV (%)	13,6	3,7	11,7	28,6

¹SU e SC, Serragens das regiões de Una e Camacan-BA.

Nitrogênio e Ferro nas doses de 4500 e 120 mg dm⁻³ de substrato.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

segundo Sodré et al. (2001). Entretanto, o teor de Fe foi considerado elevado para o cacaueiro e superior ao limite máximo dos valores de referência segundo Martinez et al. (1999) que é de 150 mg kg⁻¹.

Mesmo com altos valores de relação C/N verificada nos substratos Tabela 1, não foi observado sintoma de deficiência de N nas folhas durante o período experimental. Contudo, destaca-se que os teores finais de N na folha foram maiores e diferiram significativamente sendo superiores nos tratamentos com aplicação de N e N + Fe (Tabela 2). Esse resultado pode ser atribuído ao efeito da aplicação de N nos tratamentos, somado ao N aplicado na adubação de plantio e também ao uso de fertilizantes de liberação lenta que possivelmente elevou o teor disponível desse elemento nos substratos.

Tabela 2. Teores de N, P, K, Ca, Mg e Fe em mudas de cacaueiros (clone CCN 51) cultivadas em substratos à base de serragem, puros (P) e com aplicação de Uréia (N) e Sulfato ferroso (Fe) quatro meses após o transplante para os sacos de polietileno em casa de vegetação.

Substratos ¹	N	P	K	Ca	Mg	Fe
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
SU-P	20,5 b	2,7 c	23,3 a	16,4 a	9,4 a	282,6 a
SC-P	20,4 b	2,7 c	20,8 a	14,0 a	10,5 a	272,9 a
SUN	25,9 a	4,0 a	20,1 a	16,9 a	9,4 a	197,7 a
SCN	29,1 a	3,3 b	19,0 a	16,0 a	10,3 a	233,5 a
SUFe	20,9 b	2,6 c	21,2 a	16,6 a	11,2 a	221,4 a
SCFe	21,8 b	2,8 c	21,1 a	17,1 a	11,4 a	231,5 a
SUNFe	27,4 a	4,2 a	20,1 a	18,1 a	10,0 a	245,5 a
SCNFe	27,7 a	3,3 b	19,6 a	16,2 a	9,7 a	234,7 a
CV (%)	6,6	8,4	8,8	11,4	13,1	15,7

¹SU e SC, Serragens das regiões de Una e Camacan-BA.

Nitrogênio e Ferro nas doses de 4500 e 120 mg dm⁻³ de substrato.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Crescimento das mudas

Foram verificadas diferenças significativas para a MSRP e MSRT entre os tratamentos SUN, SCN e SUNFe que foram significativamente inferiores em relação aos outros substratos (Tabela 3). Esse resultado indica efeito negativo da uréia sobre o crescimento das raízes primárias e totais e pode ter ocorrido devido às reações químicas que

envolvem a hidrólise da uréia e promovem elevação do pH.

Outra explicação para a redução da MSRP e MSRT nos tratamentos com aplicação de uréia, seria devido ao aumento na volatilização da amônia. Contudo, ressalta-se que mesmo que o excesso de amônia livre tenha dificultado o crescimento normal das raízes, não afetou o crescimento da MSPA, AP, AF e DC (Tabela 3).

Tabela 3. Características do crescimento de mudas de cacaueiros (clone CCN 51) cultivadas em substratos à base de serragem, puros (P) e com aplicação de Uréia (N) e Sulfato ferroso (Fe) quatro meses após o transplante para os sacos de polietileno em casa de vegetação.

Substratos ¹	Altura da planta (cm)	Diâmetro do caule (cm)	MSPA	MSRP*	MSRS	MSRT	Área foliar cm ²
			g	g	g	g	g
SU-P	32,7 a	0,62 a	5,44 a	1,10 a	0,31 a	1,42 a	795,4 a
SC-P	33,2 a	0,59 a	6,06 a	1,07 a	0,33 a	1,39 a	855,5 a
SUN	32,0 a	0,54 a	5,29 a	0,71 b	0,26 a	0,90 b	819,9 a
SCN	34,5 a	0,57 a	5,99 a	0,80 b	0,33 a	1,13 b	898,2 a
SUFe	37,5 a	0,61 a	6,99 a	1,13 a	0,30 a	1,43 a	901,2 a
SCFe	33,0 a	0,55 a	6,44 a	1,10 a	0,35 a	1,46 a	769,7 a
SUNFe	37,2 a	0,57 a	5,76 a	0,78 b	0,33 a	1,10 b	898,6 a
SCNFe	35,3 a	0,59 a	5,99 a	0,93 b	0,35 a	1,28 a	933,4 a
CV(%)	12,9	7,6	18,4	18,2	15,8	15,6	26,9

¹ SU e SC, Serragens das regiões de Una e Camaçan-BA. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Nitrogênio e Ferro nas doses de 4500 e 120 mg dm⁻³ de substrato.

Matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz principal (MSRP), secundária (MSRS) e total (MSRT). * Raízes com diâmetro superior a 0,25 mm depois de secas a 65 °C durante 48 h.

Conclusões

A aplicação de uréia aumentou o teor foliar de nitrogênio, reduziu a matéria seca das raízes principais e totais e não influenciou a altura, o diâmetro do caule, a matéria seca da parte aérea e a área foliar das mudas do clone CCN 51.

A dose de Ferro aplicada não foi suficiente para alterar o teor total do elemento nas folhas e nos substratos.

Literatura Citada

- BOOMAN, J. 2000. Evolution of California substrates used in ornamental horticulture. In: Kämpf, A.N.; Fermino, M.H. (ed.). Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Genesis (Brasil). 23-42.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B. 1974. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. Revista Ceres (Brasil) 21: 73-85.
- BURÉS, S. 1997. Sustratos. Madri, Agrotécnicas.
- DIAS, L.A.S. 1993. Propagação vegetativa vs reprodução seminal em cacau. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 45, Recife. Anais. (comunicações) v.1.
- JACKSON, M.L. (1958). Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: _____. Soil chemical analysis. Englewood Chiffis, Prentice-Hall. pp.183-204.
- MARROCOS, P.C.L.; SODRÉ, G. A. 2004. Sistema de Produção de mudas de cacaueiros. In: Barbosa, J.G.; Prieto Martinez, H, E; Pedrosa, M.W.; Sediyama, M.A.N. eds. Nutrição e Adubação de Plantas Cultivadas em Substrato. Viçosa, UFV. pp. 283-311.
- MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA,R.B. 1999. Diagnose foliar. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais. 5^a aproximação, Viçosa. pp 143-174.
- PEREIRA, J.L. et al. 1989. First Record of the presence of witche's broom disease in the principal cocoa - producing area of Brazil. Turrialba (Costa Rica) 39: 459-461.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics 30: 507-512.
- SODRÉ, G.A. et al. 2001. Uso do desvio padrão para estimativa do tamanho da amostra de plantas de cacau (*Theobroma cacao* L.) em estudos de nutrição. Agrotrópica (Brasil) 13 (3): 145-150.

ANÁLISE-DIAGNÓSTICO DO PLANTIO CLONAL DE CACAUEIROS NA REGIÃO SUL DA BAHIA

Paulo Cesar Lima Marrocos, George Andrade Sodré, José Luis Pires

CEPLAC/CEPEC, Km 22, Rod. Ilhéus/Itabuna, Caixa Postal 7, 45600-970, Itabuna, Bahia

A produção de mudas de *Theobroma cacao* L. propagadas por estacaia foi utilizada em escala comercial, inicialmente, em Trinidad, nas décadas de 1930 e 40. Na Bahia, essa técnica foi descrita na década de 1950, contudo, por diferentes motivos, a propagação vegetativa do cacauéiro havia sido abandonada nos últimos 40 anos. Com o surgimento da doença vassoura-de-bruxa no final da década de 1980, e a consequente seleção de variedades clonais tolerantes, houve necessidade de se recorrer novamente às técnicas de enraizamento. Entretanto, a mudança de *paradigma* em relação à produção e plantio de mudas propagadas por estacaia resultou em inúmeros erros e acertos, colocando em risco a viabilidade técnica-econômica desta tecnologia. Procurando entender esse processo, este estudo objetivou realizar uma análise-diagnóstico do plantio clonal de cacauéiros na região Sul da Bahia. Para tanto, foi obtida uma amostra proporcional estratificada (137 fazendas), de um total de 531 que plantaram mudas clonais durante o período de outubro a dezembro de 2003. Os resultados mostraram que 60% dos proprietários têm a fazenda como principal fonte de renda, evidenciando o grau de dependência econômica centrada na agricultura cacauíra, assim como tradição nessa atividade. Verificou-se que 54% dos produtores rurais administram suas fazendas, 42% delegam essa tarefa a trabalhadores e, apenas 4% contratam técnicos agrícolas. Esse resultado é atribuído ao processo de decapitalização dos fazendeiros e consequente baixo grau tecnológico adotado. Foi observado, também, que aproximadamente 40% dos produtores transportaram as mudas da unidade produtora (Instituto Biofábrica de Cacau – IBC) até as fazendas nos horários mais quentes do dia, contribuindo, dessa forma, para aumentar o índice de mortalidade. Foi verificada correlação negativa entre relevo e tombamento, e isso ocorreu em função de áreas plantadas em baixadas próximas aos rios e sujeitas a encharcamento por ocasião de enchentes. Esse fato é corroborado pela correlação negativa entre relevo e mortalidade, ou seja, houve maior mortalidade nas baixadas. Houve correlação negativa entre tamanho da cova e tombamento e mortalidade, e positiva em relação à satisfação do produtor, significando que quanto maior o tamanho da cova, menor foi o tombamento e a mortalidade das mudas e, consequentemente, maior a satisfação do produtor. O uso do adubo mineral contribuiu para redução do tombamento e da mortalidade de mudas. Pôde-se verificar, também, a influência da repicagem na redução do tombamento. A correlação negativa existente entre sombra e mortalidade indica que plantações melhores sombreadas sofreram menores perdas de mudas. A adoção da tecnologia disponível contribuiu para redução da mortalidade de mudas clonais de cacauéiros. Quanto maior o grau tecnológico adotado, menores foram as perdas de mudas.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, propagação vegetativa, vassoura-de-bruxa, enraizamento.

Diagnostic analysis of cacao clonal planting in the South Region of Bahia. Production of *Theobroma cacao* L. seedlings propagated by rooted-cuttings was used in commercial scale in Trinidad, in the 1930's and 1940's. In Bahia, that technique was described in the decade of 1950, however, for different reasons, the vegetative propagation of the cocoa tree had been abandoned in the last 40 years. With the appearance of the witches' broom disease at the end of the 1980-decade and the consequent selection of tolerant clonal varieties, there was a need to appeal again to rooting techniques. However, the paradigm change in relation to the production and planting of seedlings propagated by rooted-cuttings resulted in countless errors and successes, putting in risk the technical and economical viability of this technology. Trying to understand that process, this study aimed to perform an analysis-diagnosis of the cocoa trees clonal planting in the South area of Bahia. In order to do this, it was obtained a stratified proportional sample (137 farms), of a total of 531 that planted clonal seedlings. The results showed that 60% of the owners have the farm as main source of income, evidencing the degree of economical dependence just centered in the agriculture of cocoa, as well as tradition in that activity. It was verified that 54% of the rural producers administer their farms, 42% delegate that task to workers and, only 4% hire agricultural technicians. That result is attributed to the process of the farmers' decapitalization and consequent low level of technology adopted. Also, it was observed that approximately 40% of the farmers transported the seedlings from the producing unit (Instituto Biofábrica de Cacau - IBC) to the farms in the hottest hours of the day, contributing, in that way, to increase the mortality rate. Negative correlation was verified between relief and tree fall, that happened due to areas planted in slopes close to the rivers and subject to flood for occasion of inundations. That fact is corroborated by the negative correlation between relief and mortality, in other words, there was larger mortality in the slopes. There was a negative correlation between size of the hole and tree fall and mortality, and positive in relation to the satisfaction of the producer, meaning that the larger the size of the hole, the lower the tree fall and seedlings mortality and therefore, larger satisfaction of the farmer. The use of mineral fertilizer contributed to reduction of tree fall and seedling mortality. It was also verified the influence of seedling transplanting to plastic bags in the reduction of tree fall. The existent negative correlation between shade and mortality indicates that better shaded plantations suffered lower seedlings losses. The adoption of the available technology contributed to reduce the mortality of cocoa trees clonal seedlings. The larger the adopted technological level, the lower the losses of seedlings.

Key words: *Theobroma cacao*, vegetative propagation, witches'broom, rooting.

Introdução

O cultivo do cacaueiro constituiu-se num dos raros casos entre as espécies perenes cultivadas em que a reprodução seminal superou a propagação vegetativa (Dias, 1993). Nos primeiros plantios de cacaueiros realizados na região Sul da Bahia, no final do século XIX, foram utilizadas sementes vindas do estado do Pará. Como o facão era o instrumento utilizado na abertura de covas para disposição das sementes direto no campo os plantios eram denominados: *a bico de facão*. Somente na década de 70 a produção de mudas passou a ser realizada em viveiros com utilização de sacos plásticos (Marrocos e Sodré, 2004).

A produção de mudas de *Theobroma cacao* L. por estquia foi, inicialmente, testada na década de 30 (Pyke, 1933) e utilizada em escala comercial em Trinidad nas décadas de 30 e 40. Entretanto, algum tempo depois, muitas das áreas plantadas com clones foram substituídas por híbridos multiplicados por sementes (Purseglove, 1968).

A produção de mudas de cacaueiros por estquia foi descrita e testada na Bahia por Fowler (1955). Contudo, os estudos de Pyke (1933) em Trinidad e de Alvim (1953) foram, também, importantes para a compreensão dos mecanismos fisiológicos que envolvem o enraizamento de estacas.

No Brasil, por diferentes motivos, o uso da técnica de enraizamento do cacaueiro foi abandonado nos últimos 40 anos. Um deles foi o advento do material híbrido, na década de 70, que redirecionou os plantios para sementes melhoradas (Sena-Gomes *et al.*, 2000). Com o surgimento da vassoura-de-bruxa e a seleção de variedades clonais tolerantes à doença, houve necessidade de se recorrer, novamente, às técnicas de enraizamento.

Entretanto, a propagação vegetativa com uso de estquia, em grande escala, somente foi iniciada em 1999 pelo Instituto Biofábrica de Cacau (IBC), utilizando protocolo de produção de mudas de eucalipto das empresas florestais, com adaptações às condições morfofisiológicas do cacaueiro. O Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), da CEPLAC, tem dado suporte técnico-científico ao IBC desde sua implantação (Marrocos e Sodré, 2004).

Entretanto, a mudança de *paradigma* em relação à produção e plantio de mudas propagadas por estquia resultou em inúmeros erros e acertos, colocando em risco a viabilidade técnica-econômica desta tecnologia. Procurando entender esse processo, esse estudo objetivou realizar uma análise-diagnóstico do plantio clonal de cacaueiros na região Sul da Bahia.

Material e Métodos

A área de estudo foi definida como a Mesorregião Geográfica Sul Baiano, limitada pelas latitudes $13^{\circ} 00'$ e

$18^{\circ} 15'$ S, pela costa atlântica e pelo meridiano de $40^{\circ} 30'$ WG (Figura 1), que constitui uma região tropical do Nordeste Brasileiro. Abrange 70 municípios, numa superfície de 54.642 km², e uma população de aproximadamente 1.970.451 habitantes (IBGE, 2006); e é área de atuação da Comissão Executiva do Plano da lavoura Cacaueira (CEPLAC), envolvendo as Bacias: do Recôncavo Sul; do Rio das Contas; do Leste e do Extremo Sul.

A partir das informações fornecidas pelo Centro de Extensão (CENEX), da CEPLAC, sobre as fazendas que utilizaram mudas clonais produzidas pelo IBC, foram consideradas as áreas de influência dos Escritórios Regionais de Extensão (ERE), abrangendo 30 municípios da Mesorregião Geográfica Sul Baiano.

Do universo de 531 propriedades que usaram mudas clonais provenientes do IBC, no período de outubro a dezembro de 2003, foi realizada uma amostragem probabilística proporcional estratificada conforme esquema mostrado na Tabela 1.

Para obtenção das respostas foi adotado como critério a documentação direta, sendo utilizada a observação direta extensiva com uso da técnica de formulário (Marconi e Lakatos, 2001). Foi elaborado um roteiro de perguntas enunciadas pelo entrevistador e preenchidas por ele com as respostas do pesquisado. Os extensionistas dos escritórios locais da CEPLAC/CENEX aplicaram os formulários nas fazendas selecionadas. Entretanto, retornaram para análise apenas 137 formulários dos 147 planejados.

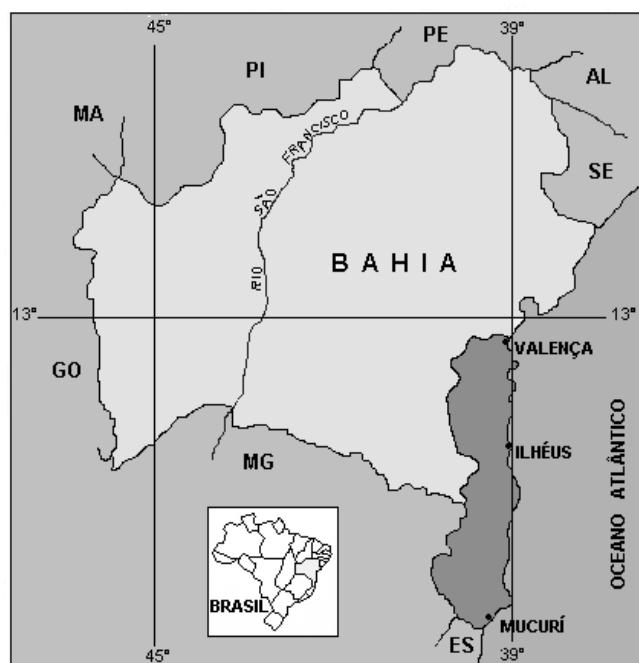


Figura 1 - Localização da Mesorregião Geográfica Sul Baiano.
Fonte: Adaptado de IBGE (2006)

Tabela 1 - Esquema da amostragem proporcional estratificada utilizada na análise-diagnóstico do plantio clonal de cacaueiros na região Sul da Bahia.

ERE	População	Valores Relativos (%)	Amostra
Valença	147	27,7	41
Teixeira de Freitas	26	4,9	07
Itabuna	81	15,3	22
Ipiáú	47	8,9	13
Ilhéus	81	15,3	22
Eunápolis	84	15,8	23
Camaçan	65	12,2	18
Total	531	100,0	147

Os dados obtidos foram tabulados com auxílio da planilha eletrônica Microsoft Excel®, sendo, em seguida, analisados por intermédio de estatísticas descritivas e correlação de Pearson, com uso do Pacote Estatístico SAS®.

Resultados e Discussão

Ocupação dos Produtores

Pode-se observar na Tabela 2 que 60% dos proprietários têm a fazenda como principal fonte de renda, evidenciando o grau de dependência econômica centrada no agronegócio do cacau e, além disso, revelando, também, a forte tradição nessa atividade.

Modelo de Administração

A Tabela 3 mostra que 54% dos produtores rurais administram suas fazendas, 42% delegam essa tarefa a trabalhadores e apenas 4% contratam técnicos agrícolas. Esse resultado é atribuído ao processo de descapitalização dos fazendeiros e consequente baixo grau tecnológico adotado.

Transporte das Mudas

A pesquisa revelou que 43% dos produtores utilizaram carro próprio para o transporte das mudas. Entretanto, 40% do transporte das mudas do IBC para as propriedades

Tabela 2 - Ocupação principal dos proprietários das fazendas de cacau utilizadas para análise-diagnóstico do plantio clonal de cacaueiros na região Sul da Bahia.

Ocupação	Freqüência Absoluta	Freqüência Relativa (%)
Fazendeiro	79	59,0
Comerciante	22	16,4
Profissional Liberal	10	7,5
Funcionário Público	12	9,0
Outros	11	8,2
Total	134	100,0

Tabela 3 - Modelo de administração das fazendas de cacau utilizadas para análise-diagnóstico do plantio clonal de cacaueiros na região Sul da Bahia.

Administração da Fazenda	Freqüência Absoluta	Freqüência Relativa (%)
Administrador	34	24,8
Trabalhador	23	16,8
Família	18	13,1
Proprietário	56	40,9
Técnico Agrícola	06	4,4
Total	137	100,0

rurais foi realizado em horário inadequado, evidenciando necessidade de orientação técnica (Tabela 4). Durante o dia, os períodos recomendados para transporte são definidos até às 9h e a partir das 16 h (Marrocos *et al.*, 2003). O transporte feito entre as 10h e 16h em dias quentes aumenta a transpiração das plantas e a perda de água do substrato, reduzindo a porcentagem de sobrevivência, principalmente quando se faz plantio direto. Assim, dias mais úmidos, com temperaturas entre 22°C e 25°C, e chuvas de pequena intensidade são desejáveis durante o transporte. Em distâncias superiores a 100 km, recomenda-se irrigar as mudas a cada 2 horas.

Correlações entre as variáveis estudadas

Foi verificada correlação negativa entre relevo e tombamento (Tabela 5) Isso ocorreu em função de áreas plantadas em baixadas próximas aos rios e sujeitas a encharcamento por ocasião de enchentes. Esse fato é corroborado pela correlação negativa entre relevo e mortalidade, ou seja, houve maior mortalidade nas baixadas.

Houve correlação negativa entre o tamanho da cova e tombamento e mortalidade, e positiva em relação à satisfação do produtor (Tabela 5), significando que quanto maior o tamanho da cova, menor foi o tombamento e a mortalidade das mudas e, consequentemente, maior a satisfação do produtor. O uso do adubo mineral contribuiu para redução do tombamento e da mortalidade de mudas (Tabela 5). Pode-se verificar, também, a influência da repicagem na redução do tombamento. A correlação negativa existente entre sombra e mortalidade indica que plantações melhores sombreadas sofreram menores perdas de mudas.

Não se pretendeu nesse trabalho esgotar o conhecimento sobre o plantio clonal de mudas de cacaueiros, mas, espera-se ter levantado o *estado da arte* do tema e contribuído para o fortalecimento da cultura na Região Cacaueira do estado da Bahia.

Tabela 4 - Tipo e horário de transporte de mudas de cacaueiros produzidas por estaqueira no Instituto Biofábrica de Cacau.

		Frequência	
		Absoluta	Relativa (%)
Tipo Transporte	Carro Próprio	59	43,1
	Caminhão Terceirizado	63	46,0
	Outros*	15	10,9
	Total	137	100,0
Hora Transporte	06:00 às 10:00 h	66	48,2
	10:00 às 16:00 h	54	39,4
	Após as 16:00 h	17	12,4
	Total	137	100,0

*Carros alugados por prefeituras.

Tabela 5 - Correlações de Pearson encontradas entre as variáveis em estudo, utilizadas para análise-diagnóstico do plantio clonal de cacaueiros na região Sul da Bahia.

Variável	T	M	SP
Relevo	-0,26**	-0,19*	ns
Cova	-0,21*	-0,19*	0,20*
Adubo Mineral	-0,36**	-0,24**	ns
Repicagem	-0,37**	ns	ns
Sombra	ns	-0,14°	0,19*

*; **; °; significativo a 5%, 1%, e 10% de probabilidade respectivamente; ns não significativo

T: tombamento; M: mortalidade; SP: satisfação do produtor.

Conclusões

A adoção da tecnologia disponível contribuiu para redução da mortalidade de mudas clonais de cacaueiros. Quanto maior o grau tecnológico adotado, menores foram as perdas de mudas.

Literatura Citada

- ALVIM, P. de T. 1953. Nuevos propagadores para el enraizamiento de estacas de cacao. Centro Interamericano del Cacao, Turrialba (Costa Rica) 2: 47-48.
- DIAS, L.A.S. 1993. Propagação vegetativa vs reprodução seminal em cacau. In Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 45, 1993. Anais. Recife, SBPC. p.19.
- FOWLER, R.L. 1955. Propagação de cacau por meio de estacas. Rio de Janeiro. Escritório técnico de agricultura. (Avulso IL, n° 3).
- IBGE. 2006. Nível territorial: mesoregião geográfica. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. 2001. Metodologia do trabalho científico. 6. ed. São Paulo, Atlas. 219p.
- MARROCOS, P.C.L.; SODRÉ, G. A. 2004. Sistema de produção de mudas de cacaueiros. In Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas, 4, 2004. Viçosa, MG, UFV. p.283-311.
- MARROCOS, P.C.L. et al. 2003. Normas para plantio de mudas de cacaueiros propagadas por estaqueira: atualização. Ilhéus, CEPLAC. 28p.
- PYKE, E.E. 1933. The vegetative propagation of cacao. II. Softwood cuttings. Annual Report on Cacao Research (2): 3-9.
- PURSEGLOVE, J.W. 1968. Tropical crops. Dicotyledons 2. London, Longman.
- SENA-GOMES, A.R. et al. 2000. Avanços na propagação clonal do cacaueiro no Sudoeste da Bahia. In Atualização sobre produção massal de propágulos de cacau geneticamente melhorado, 2000. Atas. Ilhéus. pp. 85-89.

NOTA CIENTÍFICA

DIAGNÓSTICO DA MURCHA-DE-PHYTOMONAS EM PALMEIRA IMPERIAL EM ESTÁGIO FINAL DE INFECÇÃO

**Armínio Santos¹, José Luiz Bezerra², A.C. Oliveira¹, Maria Lourdes Nascimento¹, Thiago Pereira Souza¹,
A. L. M. Silva¹**

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Estrada do Bem Querer, km 04, CEP: 45.083-900, Vitória da Conquista/Bahia,
Brasil, arminioo@gmail.com;

²CEPLAC/CEPEC/SEFIT, Km 22 Rod. Ilhéus/Itabuna, C.P. 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil

Ocorrência de murcha-de-Phytomonas causada por *Phytomonas staheli* foi observada pela primeira vez no Planalto de Vitória da Conquista, em duas plantas de palmeira imperial [*Roystonea oleracea* (Jacq.) Cook], num total de catorze, empregadas em arranjo paisagístico no jardim da praça Tancredo Neves em Vitória da Conquista, Bahia. A diagnose da doença foi feita a partir de amostras da raiz, em estágio final de infecção, submetidas a alta pressão para extração de seiva. Este método de detecção é utilizado pela primeira vez na diagnose da doença em fase terminal.

Palavras-chave: doença, protozoário, raízes, seiva, Arecaceae.

Diagnosis of Phytomonas wilt in royal palm in the final stage of infection. The occurrence of *Phytomonas staheli* was observed in two plants among fourteen royal palm trees [*Roystonea oleracea* (Jacq.) Cook], used in an ornamental arrangement in the garden of the Tancredo Neves square, in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. The diagnosis of disease was made from roots samples taken from plants in the final period of infection, submitted to high pressure for sap extraction. This method is used for the first time to detected plants in the terminal stage of the disease.

Key words: disease, protozoan, roots, sap, Arecaceae.

Os protozoários do gênero *Phytomonas*, família Trypanosomatidae, causadores de infecções em plantas, têm distribuição cosmopolita. São parasitas que se multiplicam no floema e que são transmitidos principalmente por hemípteros fitófagos. Suas plantas hospedeiras incluem membros da família Rubiaceae, Moraceae, Apocynaceae, Sapotaceae, Urticaceae e Arecaceae (Solarte et al., 1995).

Em palmeiras estes protozoários causam elevadas perdas de plantas sendo a doença também conhecida em coqueiro pelo nome de "hartrot" (Parthasarathy et al., 1976). Os sintomas da murcha-de-Phytomonas consistem, inicialmente, na murcha das folhas mais baixas, a qual ascende gradativamente, rodeando o espique até causar a morte da flecha. Ao murchar, as folhas adquirem uma tonalidade amarelo-bronzeada, começando das extremidades para a base, e os folíolos muitas vezes ficam com os ápices escurecidos. Em seguida as folhas murchas tornam-se marrons, dobram-se ao encontro do caule, permanecendo penduradas por algum tempo. Algumas vezes, antes das folhas se dobrarem, o raque pode quebrar-se e a

folha pode também apresentar-se pendurada na planta. As inflorescências também são afetadas por uma necrose seca que começa pela extremidade das raques florais. Os botões florais tornam-se necróticos e morrem. Nas inflorescências não abertas a necrose inicia-se na porção distal e é amarelada a princípio, passando a castanha com o tempo. As raízes das plantas afetadas mostram-se parcialmente necrosadas e ressecadas. No estádio final da doença, há uma podridão fétida apical, que causa a morte da flecha (Bezerra e Figueiredo, 1982).

A associação do protozoário tripanosomatídeo *Phytomonas staheli* McGhee & McGhee com plantas doentes é frequente, podendo o mesmo ser isolado e cultivado in vitro para efeito de comprovação de sua patogenicidade (Dollet et al., 1997). Em secções longitudinais de tecidos infectados do caule, raízes e inflorescência observam-se grandes quantidades de protozoários provocando a obstrução dos vasos do floema. *Phytomonas staheli* é um protozoário filiforme, com um flagelo anterior e quinetoplasto situado entre o núcleo e o flagelo (Bezerra e Figueiredo, 1982).

Existe uma série de insetos, em adição aos hemípteros, suspeitos de estarem envolvidos na transmissão do protozoário para palmáceas. A maioria pertence à família Pentatomidae, gênero *Lincus*. No Brasil, o percevejo *Lincus lobuliger* é o único vetor relatado até o momento (Ferreira, 1989).

Duas palmeiras imperiais [*Roystonea oleracea* (Jacq.) Cook.], num total de 14 plantas localizadas na praça Tancredo Neves, em Vitória da Conquista, Bahia, com idade variando entre 33 e 60 anos, apresentaram a partir de julho de 2005 sintomas de seca abrupta de folhas e inflorescências, com morte da flecha (Figura 1). Os tecidos do caule e inflorescências mostravam-se completamente secos e desprovidos de seiva, em função do quadro avançado de morte das plantas. Devido à impossibilidade de se obter seiva do caule e da inflorescência para efeito de diagnose, tendo em vista o grau de deterioração dos tecidos, optou-se, prioritariamente, pela coleta de material do sistema radicular (Figura 2). Algumas raízes que ainda não se apresentavam totalmente secas foram coletadas, e a parte interna correspondente ao floema, utilizada na extração da seiva. Secções de raízes foram submetidas à uma pressão de aproximadamente 49×10^6 Pa mediante emprego de uma prensa hidráulica, que permitiu a obtenção de algumas gotas de seiva que foram colocadas numa lâmina e recobertas com uma lamínula, para observação ao microscópio ótico. A observação microscópica do material coletado, às magnificações de 40 x 10 e de imersão (100 x 10), mostrou a presença de protozoários filiformes, hialinos, sempre presos aos tecidos e apresentando um leve movimento oscilatório, característicos de *Phytomonas staheli* (Figura 3), conforme descrição feita por Bezerra & Figueiredo, 1982.

Embora a doença tenha sido relatada em palmeira imperial por Attias et al. 1989, no município de Itabuna, este é o primeiro relato de diagnóstico de *Phytomonas*, em palmeira imperial, utilizando-se secções de raízes em estágios finais de deterioração da planta, como também da sua ocorrência na região do Planalto de Vitória da Conquista, Bahia.



Figura 1 - Plantas de Palmeira Imperial com Murcha-de-Phytomonas.



Figura 2- Estado das raízes onde foi coletado material para análise.



Figure 3 - *Phytomonas staheli* McGhee & McGhee, oriundo da raiz em estágios finais de decomposição, preso a tecido do floema.

Literatura Citada

- BEZERRA, J. L.; J.M. FIGUEIREDO. 1982. Ocorrência de *Phytomonas staheli* McGhee & McGhee em coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no Estado da Bahia, Brasil. Fitopatologia Brasileira 7(1): 139-143.
- DOLLET, M.; GARGANI, D., MULLER, E.; VEZIAN, K. Development of an acquisition method of in vitro cultured plant trypanosomes (*Phytomonas* spp.) by *Lincus croupius* (Pentatomidae), Fourth international conference on pests in agriculture. Montpellier (France). 13p.
- FERREIRA, F.A. Patologia Florestal. In: Bezerra, J.L. 1989. Doenças em Palmáceas. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, pp. 487-488.
- PARTHASARATHY, M. V., Van SLOBBE, W. G; SOUDANT, C. 1976. Trypanosomatid flagellate in the phloem of diseased coconut palms. Science.192:1346-1348.
- SOLARTE, R.Y.; MORENO, E. A. 1995. Flagelasis de Plantas: Comentários sobre uma Revision bibliográfica. Revista de Ecología Latino Americana 3 (1-3): 57-68.

AGRADECIMENTOS AOS CONSULTORES CIENTÍFICOS

Em 2006, a Comissão de Editoração do CEPEC contou com a colaboração de especialistas, pertencentes ou não ao quadro da CEPLAC, que, como consultores científicos, revisaram os trabalhos recebidos para publicação, contribuindo, dessa maneira, para melhorar o seu conteúdo e apresentação.

A todos eles, essa Comissão expressa os seus mais sinceros agradecimentos, esperando continuar recebendo deles a sua valiosa colaboração.

- Antônio F. de S. Leão Veiga (1) UFRPE/Recife - PE
- Antônio Figueira (2) CENA/USP
- Alfredo Kingo O. Homma (1) EMBRAPA Amazônia Oriental
- Caio Marcio V. C. de Almeida (1) CEPLAC/SUPOC
- Cleber Novaes Bastos (1) CEPLAC/SUPOR
- Edna Dora M. N. Luz (2) CEPLAC/CEPEC
- Edson Lopes Lima (1) CEPLAC/SUPOR
- Fábio Gelape Faleiro (1) EMBRAPA CERRADOS
- George Andrade Sodré (2) CEPLAC/CEPEC
- João Rodrigues de Paiva (1) EMBRAPA Agroindústria Tropical
- Luiz Carlos Cordeiro de Almeida (1) CEPLAC/CEPEC
- Luiza Nakayama (4) CEPLAC/SUPOR
- Kazuiyuki Nakayama (1) CEPLAC/CEPEC
- Mario Lúcio V. Resende (1) UFLA/Lavras - MG
- Marival Lopes de Oliveira (1) CEPLAC/CEPEC
- Messias Gonzaga Pereira (3) UENF/ CCTA/ RJ
- Olzeno Trevizan (1) CEPLAC/SUPOC
- Paulo Cesar Lima Marrocos (2) CEPLAC/CEPEC
- Paulo Terra (1) UESC - BA
- Paulo Sergio B. de Albuquerque (1) CEPLAC/SUPOR
- Rita Bordignon (1) IAC/Genética - Campinas - SP

*Os números entre parênteses, após os consultores, indicam o número de trabalhos revisados.



COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAU-EIRA
Orgão Vinculado ao Ministério da Agricultura