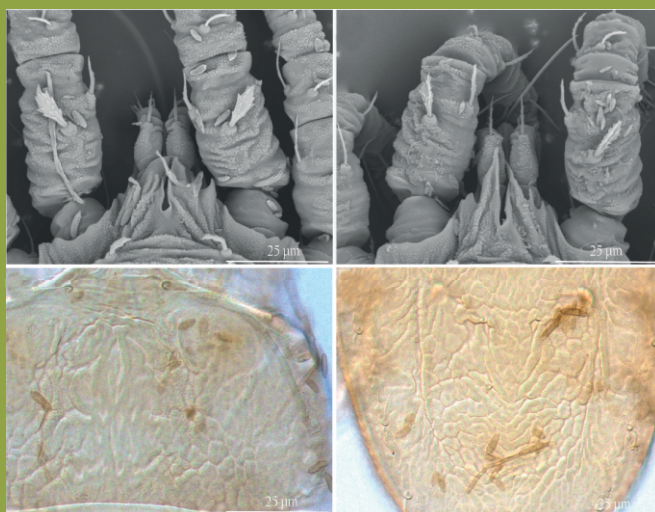
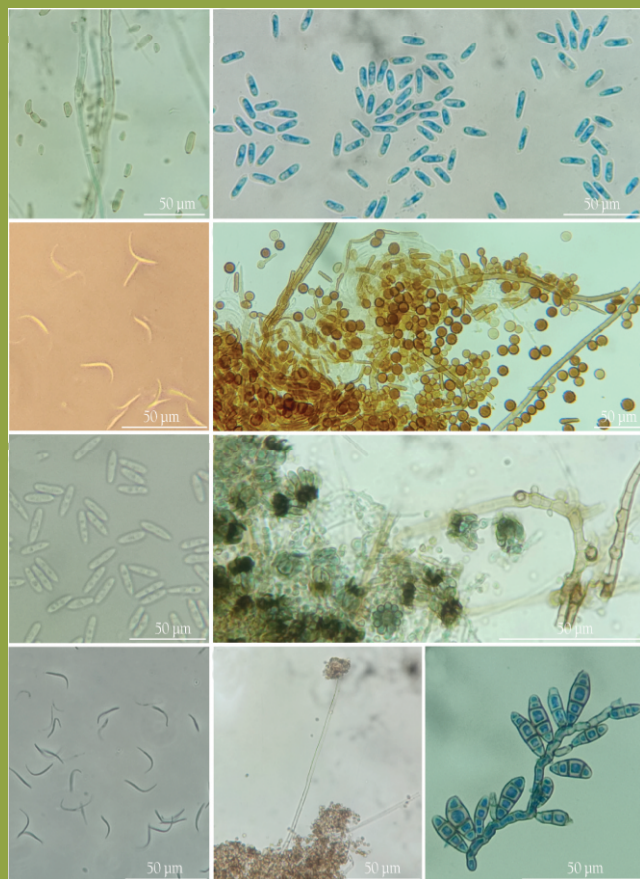


# Agrotrópica

Volume 36, número 3, setembro a dezembro de 2024



Centro de Pesquisas do Cacau  
Ilhéus - Bahia

---

© 2024 Ministério da Agricultura e Pecuária.

Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do(s) autor(es).

Ano 2024.

**Elaboração, distribuição, informações:**

Ministério da Agricultura e Pecuária

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

Superintendência Regional no Estado da Bahia

Centro de Pesquisas do Cacau

---

Editor: Jacques Hubert Charles Delabie.

Coeditora: Karina Peres Gramacho

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

Capa: Gildefran Alves Dimpino de Assis.

Agrotrópica, v. 1, nº1 (1989)  
Ilhéus, BA, Brasil, CEPLAC/CEPEC, 1989

v.

Quadrimestral

Substitui "Revista Theobroma"

1. Agropecuária - Periódico.

CDD 630.5

**INFORMAÇÕES SOBRE A CAPA:** Fotos da capa extraídas dos artigos: "*Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) como disseminador de vírus e fungos em plantas cultivadas na Bahia, Brasil" de R. S. Nascimento, L. R. Pereira, N. de S. S. Laurindo, J. Freitas-Astúa, E. W. Kitajima, A. D. Tassi, J. Pereira, A. R. Oliveira; "Primeiros registros de *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) em açaizeiros nos estados do Amapá e Amazonas, Brasil" de R. S. Santos, N. J. Melém Júnior, A. L. Lima, A. N. S. Acioli, N. M. da Silva, R. Adaime; "Novo registro de planta hospedeira de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) no Brasil" de A. R. Ayres, M. F. de Souza-Filho, R. Adaime.

**INFORMATION ON THE COVER:** Cover pictures taken from the papers: "*Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) as viruses and fungi disseminator to cultivated plants in Bahia, Brazil" by R. S. Nascimento, L. R. Pereira, N. de S. S. Laurindo, J. Freitas-Astúa, E. W. Kitajima, A. D. Tassi, J. Pereira, A. R. Oliveira; "First records of *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) in açai palms in the states of Amapá and Amazonas, Brazil" by R. S. Santos, N. J. Melém Júnior, A. L. Lima, A. N. S. Acioli, N. M. da Silva, R. Adaime; "New host plant record for *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) in Brazil" by A. R. Ayres, M. F. de Souza-Filho, R. Adaime.

**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, Exerp 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).



## MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA

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

#### AGROTRÓPICA:

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

#### Comitê Editorial:

CEPLAC: Paulo César Lima Marrocos;  
Uilson Vanderlei Lopes, Karina Peres Gramacho.

UESC: George Andrade Sodré; Quintino Reis de Araújo, Raúl René Valle Melendez

UEFS: Evandro do Nascimento Silva;  
Elmo Borges Azevedo Koch.

UFSB: Andrei Caique Pires Nunes; Luiz Fernando Silva Magnago.

**Editor:** Jacques Hubert Charles Delabie.

**Coeditora:** Karina Peres Gramacho.

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

**Capa:** Gildefran Alves Dimpino de Assis.

#### Endereço para correspondência:

**AGROTRÓPICA** - CEPLAC/Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

**E-mail:** r-agrotropica.ceplac@agro.gov.br

# AGROTRÓPICA

V. 36

Setembro - Dezembro

2024

N.3

## CONTEÚDO

85 Instruções aos autores (Versão 2023/24).

### ARTIGOS

89 *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) como disseminador de vírus e fungos em plantas cultivadas na Bahia, Brasil (em inglês). **R. S. Nascimento, L. R. Pereira, N. de S. S. Laurindo, J. Freitas-Astúa, E. W. Kitajima, A. D. Tassi, J. Pereira, A. R. Oliveira.**

97 Escala de notas para quantificação de peritécios de *Ceratocystis cacaofunesta* em disco de folhas de cacaueiro. **L. A. Magalhães, A. S. da Conceição, D. M. A. Magalhães, W. W. Lopes, G. A. Sodré, E. D. M. N. Luz.**

109 Diversidade genética da composição e dureza de manteiga de genótipos de *Theobroma cacao*, herança e efeito do pólen. **J. L. Pires, J. C. de M. Cascardo, C. Nascimento, R. Delmondes, E. M. C. Aboboreira, S. V. Lambert, A. Figueira.**

123 Diversidade genética e herança de características físicas de frutos e sementes do cacaueiro. **J. L. Pires, W. R. Monteiro.**

143 Avaliação genética e fenotípica do desempenho produtivo de cultivares de seringueira na Região Noroeste Paulista. **L. R. L. Gouvêa, E. C. P. Gonçalves, I. M. Bárbaro, A. L. M. Martins, J. A. A. da Silva.**

149 Caracterização anatômica das madeiras de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) e *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (Fabaceae). **M. P. da Silva, M. L. A. Valle.**

### NOTAS CIENTÍFICAS

157 Primeiros registros de *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) em açazeiros nos estados do Amapá e Amazonas, Brasil. **R. S. Santos, N. J. Melém Júnior, A. L. Lima, A. N. S. Acioli, N. M. da Silva, R. Adaime.**

163 Novo registro de planta hospedeira de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) no Brasil. **A. R. Ayres, M. F. de Souza-Filho, R. Adaime.**

167 Agradecimentos aos Consultores Científicos





## MINISTRY OF AGRICULTURE AND LIVESTOCK

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

#### AGROTRÓPICA:

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

#### Editorial Committee:

CEPLAC: Paulo César Lima Marrocos;  
Uilson Vanderlei Lopes, Karina Peres  
Gramacho.

UESC: George Andrade Sodré; Quintino  
Reis de Araújo; Raúl René Valle Melendez

UEFS: Evandro do Nascimento Silva; Elmo  
Borges Azevedo Koch.

UFSB: Andrei Caique Pires Nunes; Luiz  
Fernando Silva Magnago.

**Editors:** Jacques Hubert Charles Delabie.

**Coeditor:** Karina Peres Gramacho.

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

**Cover:** Gildefran Alves Dimpino de Assis.

#### Address for correspondence:

**AGROTRÓPICA** - Cocoa Research  
Center (CEPEC), 45600-970, Itabuna,  
Bahia, Brazil.

**E-mail:** r-agrotropica.ceplac@agro.gov.br

# AGROTRÓPICA

V.36

September - December

2024

N.3

## CONTENTS

85 Guidelines to authors (Version 2023/24).

### ARTICLES

89 *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) as viruses and fungi disseminator to cultivated plants in Bahia, Brazil. **R. S. Nascimento, L. R. Pereira, N. de S. S. Laurindo, J. Freitas-Astúa, E. W. Kitajima, A. D. Tassi, J. Pereira, A. R. Oliveira.**

97 A grading scale for counting the number of *Ceratocystis cacaofunesta* perithecia in cacao leaf discs (in Portuguese). **L. A. Magalhães, A. S. da Conceição, D. M. A. Magalhães, W. W. Lopes, G. A. Sodré, E. D. M. N. Luz.**

109 Genetic diversity of butter composition and hardness of *Theobroma cacao* genotypes, inheritance and pollen effect (in Portuguese). **J. L. Pires, J. C. de M. Cascardo, C. Nascimento, R. Delmondes, E. M. C. Aboboreira, S. V. Lambert, A. Figueira.**

123 Genetic diversity and inheritance of physical characteristics of fruits and seeds of the cocoa tree (in Portuguese). **J. L. Pires, W. R. Monteiro.**

143 Genetic and phenotypic evaluation of the productive performance of rubber tree cultivars in the Northwest Region of São Paulo (in Portuguese). **L. R. L. Gouvêa, E. C. P. Gonçalves, I. M. Bárbaro, A. L. M. Martins, J. A. A. da Silva.**

149 Anatomical characterization of wood from *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) and *Erythrina poeppigiana* (walp.) o.f. Cook (Fabaceae) (in Portuguese). **M. P. da Silva, M. L. A. Valle.**

### SCIENTIFIC NOTES

157 First records of *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) in açai palms in the states of Amapá and Amazonas, Brazil (in Portuguese). **R. S. Santos, N. J. Melém Júnior, A. L. Lima, A. N. S. Acioli, N. M. da Silva, R. Adaime.**

163 New host plant record for *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) in Brazil (in Portuguese). **A. R. Ayres, M. F. de Souza-Filho, R. Adaime.**

167 Thanks to Scientific Consultants.

Volume 36, pages 83 - 168, published May, 2025



# INSTRUÇÕES AOS AUTORES (Versão 2023/24)

## 1. CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade de sua submissão com todos os itens a seguir. Submissões que não seguem essas diretrizes serão devolvidas aos autores.

- A submissão é original e não foi submetida a outro periódico (em caso contrário, uma justificativa deve ser enviada ao Editor).
- Toda a pesquisa atende às diretrizes éticas, incluindo a adesão aos requisitos legais do país onde a pesquisa foi realizada.
- O arquivo está em formato editável de arquivo de documento Microsoft Word, LibreOffice ou RTF (.doc ou .docx).
- Figuras e tabelas devem ser inseridas no final do manuscrito, ou podem ser enviadas em arquivos em separado. Para a edição definitiva, as imagens deverão ser enviadas com uma resolução mínima de 300 dpi. Eventualmente, os autores podem ser solicitados a enviar o arquivo com uma figura de melhor qualidade.
- O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores.
- A submissão deve ser acompanhada por uma lista de quatro pareceristas potenciais cujos nomes serão informados em “Comentários ao Editor”, como segue: nomes completos, afiliação institucional, país, endereço de e-mail e três palavras-chave que melhor descrevem suas áreas de atuação. Pelo menos dois destes devem estar atuando em instituições e/ou estados diferentes do país de origem do autor da submissão.

## 2. DIRETRIZES PARA AUTORES

Agrotropica é uma publicação gratuita para os autores e de acesso aberto para leitores. A revista aceita colaborações em português, espanhol e inglês para as seguintes seções: Artigos Científicos, Notas Científicas, Revisões Bibliográficas, Artigos de opinião, Fichas de Atualização em Fitopatologia e Entomologia.

### 2.1. Categorias dos Trabalhos

#### Artigos Científicos

Artigos originais e relevantes, escrito em português, inglês ou espanhol. A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

- Artigos em português - Título, Autoria, Endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Resumo em inglês, Palavras-chave em inglês, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos, Referências, Tabelas, Figuras.
- Papers in English - Title, authorship, institutional and electronic addresses, Abstract, Keywords, Title in Portuguese, Abstract in Portuguese, Keywords in Portuguese, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References, Tables, Figures.
- Artículos en español - Título, Autoría, Direcciones institucionales y electrónicas, Resumen, Palabras clave; Título en inglés, Resumen en inglés, Palabras clave en inglés, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Referencias, Cuadros, Figuras.
- **O título, o resumo e os termos para indexação** devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês;
- **Resultados e Discussão** podem ser fundidos numa única seção, caso necessário (Resultados e Discussão). No entanto, a forma separada é recomendada.

### **Notas Científicas**

As notas têm o mesmo rigor dos trabalhos científicos e o mesmo valor como publicação:

- Notas científicas são comunicações breves, cuja publicação imediata é justificada por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo;
- As normas de submissão da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:
  - Resumo com 200 palavras, no máximo.
  - Deve ter oito páginas, no máximo, incluindo-se tabelas e figuras.

### **Revisões Bibliográficas**

Artigos relevantes e de interesse da revista ou a convite do Editor. Os artigos de revisão compilam, analisam e discutem informações já publicadas. As normas de submissão de uma revisão bibliográfica são as mesmas do Artigo Científico, sem a necessidade que seja estruturada em Material e Métodos, Resultados ou Discussão. A organização e eventuais subtítulos do texto principal com eventuais subtítulos ficam a cargo do(s) autor(es).

### **Artigos de opinião**

O texto deve apresentar pesquisas e ou controvérsias em Agricultura tropical e/ou discorrer sobre reflexões, polêmicas e temas relevantes e atuais apresentando pesquisas sobre o tema tratado. O conteúdo deve apresentar uma perspectiva pessoal e original sobre tópicos em Agricultura Tropical. A iniciativa pode ser dos autores ou a convite do Editor da Revista Agrotrópica.

### **Fichas de Atualização em Fitopatologia e Entomologia**

Fichas a serem inseridas na parte final de cada volume, no formato de duas páginas da revista. Devem incluir título, autor(es) e texto, apresentando, de forma concisa o estado da arte e os avanços (ou publicações) recentes sobre o organismo em pauta, com um curto resumo em inglês e, na segunda página, ilustrações, tais como fotografias da doença ou do inseto, mapa de distribuição e outras informações convenientes, referências bibliográficas.

## **3. INSTRUÇÕES GERAIS AOS AUTORES**

**3.1.** O original da submissão deve ser apresentado em português, inglês ou espanhol, 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/Windows. O artigo editável deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da revista por meio eletrônico ([agrotrop.agrotrop@gmail.com](mailto:agrotrop.agrotrop@gmail.com)). Na primeira página deverão constar o endereço postal completo e o endereço eletrônico do(s) autores(s). As figuras e tabelas podem ser inseridas no final do manuscrito, ou podem ser enviadas em arquivos em separado.

**3.2.** 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 devem-se descrever os materiais e métodos usados, incluindo informações sobre localização, época, clima, solo etc., bem como nomes científicos se possível completo de plantas, animais, patógenos etc., o desenho experimental e recursos de análise estatística empregada. Os resultados e discussão poderão ser escritos juntos ou separados e devem incluir tabelas com suas respectivas análises estatísticas e figuras com suas respectivas análises estatísticas (se pertinente). Na parte final da Discussão deve apresentar as conclusões do trabalho através de frases curtas, com o verbo no presente do indicativo, sem comentários adicionais e derivados dos objetivos do artigo.

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

**3.4. Resumo e Abstract** - Devem conter no máximo 300 palavras;

O Abstract deve ser a tradução fiel do resumo em inglês.

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

**3.6.** Os nomes científicos devem ser apresentados em itálico e ter o autor citado na primeira vez que forem citados. O nome de gênero será abreviado a partir da segunda chamada.

**3.9.** Recomenda-se que a licença de coleta (ou outra licença exigida durante o estudo) seja citada na metodologia, assim como deve-se declarar onde o material de estudo encontra-se tombado, quando for o caso.

**3.10. Introdução** - Deverá ser concisa e conter revisão estritamente necessária à introdução do tema e suporte para a metodologia e discussão. A introdução deve ser finalizada informando com clareza os objetivos do trabalho.

**3.11. Material e Métodos** - Poderá ser apresentado de forma descritiva contínua ou com subitens, de forma a permitir ao leitor a compreensão e reprodução da metodologia citada com auxílio ou não de citações bibliográficas.

**3.12. Resultados, Discussão** - De acordo com o formato escolhido, estas partes devem ser apresentadas de forma clara, com auxílio de tabelas, gráficos e figuras, de modo a não deixar dúvidas ao leitor, quanto à autenticidade dos resultados, pontos de vistas discutidos e conclusões sugeridas.

**3.13. Agradecimentos** - As pessoas, instituições e empresas que contribuíram na realização do trabalho deverão ser mencionadas no final do texto, antes do item Referências Bibliográficas.

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

**3.15. 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 ou similares. As figuras podem ser apresentadas ao final do manuscrito ou separadas do texto.

**3.16. As tabelas** - devem ser apresentadas em Word ou Excel e os dados digitados em Times New Roman.

**3.17.** Ao longo do texto, as figuras e tabelas devem ser citadas das seguintes formas: “Fig. 1” e “Tabela 1”

**3.18. Citações:** No texto as referências devem ser citadas da seguinte forma: Silva (1990) ou (Silva, 1990).

**3.19.** Quando for o caso, abreviaturas não usuais serão apresentadas como nota de rodapé. As citações bibliográficas do texto devem ser pelo sobrenome do(s) autor(es) seguido do ano. Quando houver mais de três autores, somente o sobrenome do primeiro será citado, seguido da expressão “et al.”

**3.20.** Todas as ilustrações devem ser preferencialmente originais. Em caso da reutilização de um figura já publicada, o(s) autor(es) deve(m) se assegurar da autorização de uso pelo proprietário dos direitos autorais da publicação original ou de uma licença “Creative Commons”.

## **A NORMALIZAÇÃO DAS REFERÊNCIAS DEVE SEGUIR OS EXEMPLOS ABAIXO:**

### **Artigo científico:**

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

MEBS, D., POGODA, W., TOENNES, S.W. 2018. Loss of skin alkaloids in poison toads, *Melanophryniscus klappenbachii* (Anura: Bufonidae) when fed alkaloid-free diet. *Toxicon* 150: 267–269.



### **Artigo científico com DOI:**

RAHARDJO, Y. P. et al., 2022. Impact of controlled fermentation on the volatile aroma of roasted cocoa. Brazilian Journal of Food Technology. 25: e2020270. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.27020>

### **Livro completo:**

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

### **Capítulo 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 de mestrado, Tese de doutorado e Monografia Seriada** (a revista não encoraja o uso desse tipo de referência. No entanto, será aceita quando o documento for a única fonte de informação disponível sobre determinado assunto):

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

ROHDE, G. M. 2003. Economia ecológica da emissão antropogênica de CO<sub>2</sub> - uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoiética da terra em escala planetária. Tese de Doutorado. Porto Alegre, UFRGS/IB. 235p.

TREVIZAN, S. D. P.; ELOY, A. L. S. 1995. Nível alimentar da população rural da Região Cacaueira da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 180. 19p.

## **4. OUTRAS INFORMAÇÕES IMPORTANTES**

**4.1** A publicação dos trabalhos depende de pareceres favoráveis da assessoria científica “Ad hoc” e da aprovação do Comitê Editorial da Agrotrópica.

**4.2.** Os autores receberão cópias do seu trabalho publicado, por e-mail.

**4.3.** Os trabalhos não aprovados para publicação serão devolvidos ao autor.

**4.4.** Transferência de direitos autorais: Os autores concordam com a transferência dos direitos de publicação do referido artigo para a revista. A reprodução de artigos somente é permitida com a citação da fonte e é proibido o uso comercial das informações.

**4.5.** As questões e problemas não previstos na presente norma serão dirimidos pelo Comitê Editorial.

**4.6.** Solicitações de informações complementares devem ser dirigidas a:

Email: [agrotrop.agrotrop@gmail.com](mailto:agrotrop.agrotrop@gmail.com)

## ***Brevipalpus yothersi* (ACARI: TENUIPALPIDAE) AS VIRUSES AND FUNGI DISSEMINATOR TO CULTIVATED PLANTS IN BAHIA, BRAZIL**

***Renata Santos Nascimento*<sup>1\*</sup>, *Laura Rossetto Pereira*<sup>2</sup>, *Nicolly de Sousa Silva Laurindo*<sup>2</sup>,  
*Juliana Freitas-Astúa*<sup>2,3</sup>, *Elliot Watanabe Kitajima*<sup>4</sup>, *Aline Daniele Tassi*<sup>5</sup>,  
*Jadergudson Pereira*<sup>1,6</sup>, *Anibal Ramadan Oliveira*<sup>1,7</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Rodovia Jorge Amado km 16, 45662-900, Ilhéus, BA, Brazil-[renatanascimento@hotmail.com](mailto:renatanascimento@hotmail.com); <sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio, Instituto Biológico (IB), Avenida Conselheiro Rodrigues Alves, 04014-0025, São Paulo, SP, Brazil-[laur.rossetto@hotmail.com](mailto:laur.rossetto@hotmail.com)/[nicollysousa9@gmail.com](mailto:nicollysousa9@gmail.com); <sup>3</sup>Embrapa Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA), Rua Embrapa, 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brazil-[juliana.astua@embrapa.br](mailto:juliana.astua@embrapa.br); <sup>4</sup>Laboratório de Fitopatologia e Nematologia, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), 13418-900, Piracicaba, SP, Brazil-[ewkitaji@usp.br](mailto:ewkitaji@usp.br); <sup>5</sup>Tropical Research and Education Center, University of Florida, Homestead, FL, USA-[alinetassi@gmail.com](mailto:alinetassi@gmail.com); <sup>6</sup>Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais/UESC - [jader@uesc.br](mailto:jader@uesc.br); <sup>7</sup>Departamento de Ciências Biológicas/UESC - [aoliveira@uesc.br](mailto:aoliveira@uesc.br).

**\*Corresponding Author:** [renatanascimento@hotmail.com](mailto:renatanascimento@hotmail.com)

*Brevipalpus yothersi* has received attention worldwide as a vector of *Brevipalpus*-transmitted viruses (BTVs) to plants. However, there are still few studies on it as a putative fungal disperser. Considering the limited knowledge on this mite as viruses and fungi disseminator in Bahia, this study aimed to identify possible associations of these organisms with the mite on four plant species cultivated regionally. BTVs from vegetal parts containing chlorosis and/or leprosis were identified by transmission electron microscopy and RT-PCR. Fungi isolated from individual mites in culture mediums were identified by microscopy. Two BTVs and seven of the fungi taxa were identified: the citrus leprosis virus C (CiLV-C, *Cilevirus leprosis*) in *Citrus sinensis*, the clerodendrum chlorotic spot virus (CICSV, *Dichorhavirus clerodendri*) in *Clerodendrum x speciosum*, *Aspergillus* sp. in *C. x speciosum*, *Cladosporium cladosporioides* in *C. sinensis*, *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. in *C. sinensis* and *Theobroma cacao*, *Curvularia lunata* in *C. x speciosum*, *Diaporthe* sp. in *C. sinensis* and *Passiflora edulis*, *Gilmaniella* sp. in *C. sinensis*, and a possible new taxon of Hyphomycetes. Considering the potential of *B. yothersi* as a disseminator of phytopathogenic viruses and fungi, further studies are needed for management/control of plant diseases in Bahia.

**Key words:** Flat mites, plant protection, BTVs, spores, dispersion.

### ***Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) como disseminador de vírus e fungos em plantas cultivadas na Bahia, Brasil.**

*Brevipalpus yothersi* tem recebido atenção mundial como vetor de vírus transmitidos por *Brevipalpus* (VTBs) em plantas. No entanto, ainda existem poucos estudos sobre ele como suposto dispersor de fungos. Considerando o conhecimento limitado sobre este ácaro como disseminador de vírus e fungos na Bahia, este estudo objetivou identificar possíveis associações desses organismos com o ácaro em quatro espécies de plantas cultivadas regionalmente. Os VTBs de partes vegetais contendo clorose e/ou leprose foram identificados por microscopia eletrônica de transmissão e RT-PCR. Os fungos isolados de indivíduos de ácaros em meios de cultura foram identificados por microscopia. Dois VTBs e sete táxons de fungos foram identificados: o vírus C da leprose dos citros (CiLV-C, *Cilevirus leprosis*) em *Citrus sinensis*, o vírus da mancha clorótica de clerodendrum (CICSV, *Dichorhavirus clerodendri*) em *Clerodendrum x speciosum*, *Aspergillus* sp. em *C. x speciosum*, *Cladosporium cladosporioides* em *C. sinensis*, *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. em *C. sinensis* e *Theobroma cacao*, *Curvularia lunata* em *C. x speciosum*, *Diaporthe* sp. em *C. sinensis* e *Passiflora edulis*, *Gilmaniella* sp. em *C. sinensis*, e um possível novo táxon de Hyphomycetes. Considerando o potencial de *B. yothersi* como disseminador de vírus e fungos fitopatogênicos, futuros estudos são necessários para o manejo/controle de doenças de plantas na Bahia.

**Palavras-chave:** Ácaros planos, proteção de plantas, VTBs, esporos, dispersão.

## Introduction

Some *Brevipalpus* species (Acari: Tenuipalpidae), especially those belonging to the *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex, have received significant attention worldwide as vectors of *Brevipalpus*-transmitted viruses (BTVs) (Beard et al., 2015; Kitajima et al., 2020; Ramos-González et al., 2023). *Brevipalpus yothersi* Baker, also identified as *B. phoenicis* before Beard et al. (2015), is the most important BTV vector in Brazil (Kitajima, 2020). In the state of Bahia, there are reports of *B. yothersi* transmitting citrus leprosis virus C (CiLV-C, *Cilevirus leprosis*) (Bastianel et al., 2010; Ramos-González et al., 2016), and passion fruit green spot virus (PfGSV, *Cilevirus passiflorae*) (Santos Filho et al., 1999; Ramos-González et al., 2020).

About 40 species of fungi in 25 genera, including several belonging to phytoparasitic and saprophytic groups, have been identified either internally or externally from species of the *B. phoenicis* complex (Evans, Cromroy & Ochoa, 1993, 1998; Quirós et al., 2014; Rodrigues et al., 2019). Although it is expected that these mites may play a relevant role in the dispersion of fungi to plants while carrying spores adhered to their cuticle (Evans, Cromroy & Ochoa, 1998), little attention has been given to them as potential fungi disseminators, with no records of the association of *Brevipalpus* species with fungi in Bahia.

Considering that a large number of unidentified fungal structures have been found on individuals of *B. yothersi* (Figure 1) in previous studies conducted in Bahia (Souza, 2019; Nascimento et al., 2023), and the limited knowledge on the role of these mites as disseminators of viruses and fungi locally, the aim of this study was to identify potential associations of those microorganisms with *B. yothersi* in four cultivated plants in the region.

## Materials and Methods

Leaves, branches and/or fruits of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae), *Clerodendrum x speciosum* (Lamiaceae), *Passiflora edulis* Sims (Passifloraceae), and *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) were collected once with a pruning shear from July 2022 to March 2023 from three localities (Table 1) in the municipality

of Ilhéus, BA, Brazil (coordinates ranging from 14°47'53" to 14°78'75" S and 39°05'00" to 39°21'97" W). The samples from each plant were labeled, packaged in polyethylene bags and taken to laboratory, after a maximum of one hour, where processing took place. Samples were analyzed under a stereomicroscope for the collection of *B. yothersi*, with at least 10 adult mites from each plant mounted in slides with Hoyer's medium (Moraes, Castilho & Flechtmann, 2024). Species identification was possible with a phase contrast microscope following the parameters described by Beard et al. (2015). Voucher specimens were deposited in the scientific collections of UESC.

Plant material (leaves, branches and/or fruits) exhibiting localized chlorotic or necrotic lesions, resembling symptoms induced by BTVs, were investigated under Transmission Electronic Microscopy (TEM) and RT-PCR. For microscopic analysis, small fragments of leaf tissue containing lesions were fixed in an aldehyde mixture (formaldehyde and glutaraldehyde) and post-fixed in OsO<sub>4</sub>. After dehydration, fragments were embedded in epoxy resin, sectioned on an ultra-microtome, and examined under TEM for ultrastructural detection of BTVs (Alberti; Kitajima, 2014). RT-PCR assays were carried out for the molecular identification of BTVs with ca. 100 mg per plant of fresh leaf and/or fruit tissues containing lesions treated with Trizol for total RNA extraction. About 500 ng of RNA was used for cDNA production, with random hexamer primers and GoScript™ Reverse Transcriptase Kit. For PCR assays of citrus samples, 1 µL of cDNA was tested using primer pairs that specifically detect the two prevalent strains of CiLV-C, SJP and CRD. The primer pairs amplify regions within the ORFs p29 (RNA1, 456 bp and 330 bp for SJP and CRD, respectively) and p24 (RNA2, 393 bp and 522 bp for SJP and CRD, respectively) of CiLV-C (Ramos-González et al., 2016; Chabi-Jesus et al., 2021). For the PCR assays of clerodendrum samples, a primer pair that specifically amplifies a 577 bp region within the *G* gene of ClCSV was used (Ramos González et al., 2018). Amplicons of the expected sizes were visualized in 1% agarose gels, sequenced, and the sequences were compared with those available at the GenBank.



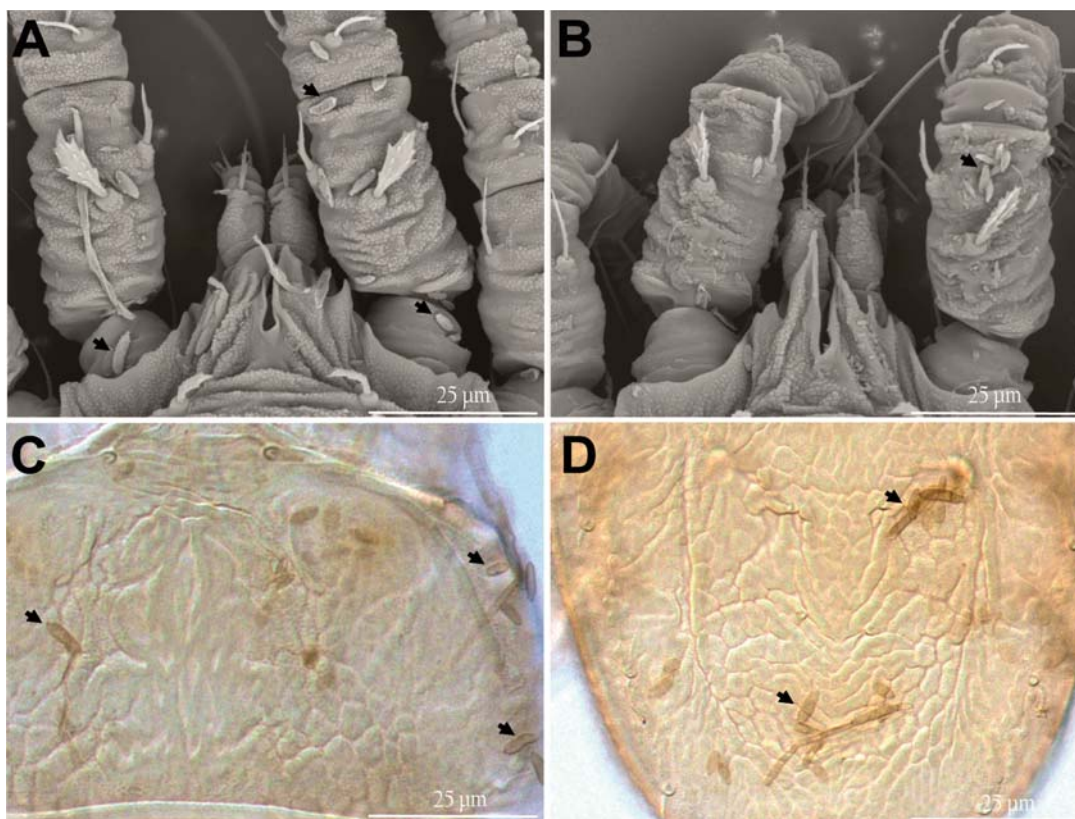


Figure 1. Unidentified fungal structures (black arrows) attached to the cuticle of *Brevipalpus yothersi* collected from A. *Passiflora edulis* and B–D. *Citrus* sp. during the studies conducted by Souza (2019) and Nascimento et al. (2023) in the municipalities of Ibirapitanga and Uruçuca, Bahia, Brazil.

Table 1- Fungi isolates identified from *Brevipalpus yothersi* (12 mites/plant) collected from leaves and/or branches of cultivated plants in the municipality of Ilhéus, Bahia, Brazil, from July 2022 to March 2023.

Original host plant	Fungal isolate	N. of mites	Locality	Coordinates
<i>Citrus sinensis</i> (Rutaceae)	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	1	Rodovia BR-415	14°78'75" S 39°21'97" W
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> s.l.	2		
	<i>Diaporthe</i> sp.	2		
	<i>Gilmaniella</i> sp.	1		
	Unidentified	4		
	No fungal growth	2		
<i>Clerodendrum x speciosum</i> (Lamiaceae)	<i>Aspergillus</i> sp.	3	Sapetinga (urban area)	14°49'33" S 39°05'00" W
	<i>Curvularia lunata</i>	3		
	Unidentified	4		
	No fungal growth	2		
<i>Passiflora edulis</i> (Passifloraceae)	<i>Diaporthe</i> sp.	5	Campus of UESC	14°47'53" S 39°10'20" W
	Unidentified	3		
	No fungal growth	4		
<i>Theobroma cacao</i> (Malvaceae)	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> s.l.	1		
	Hyphomycetes sp.	1		
	Unidentified	7		
	No fungal growth	3		

For the isolation of fungi associated with *B. yothersi*, 12 adult mites collected from the leaves and/or branches of each plant species in the same locality were placed in a disinfected leaf using a fine, sterilized needle. The same transference procedure was used to stick each mite alive in the center of a 90 mm diameter sterilized Petri dish containing a 2% Agar-Agar (AA) substrate. The Petri dishes were kept at about 25 °C and 12/12 light cycle for eight days before inspections for the presence of mycelial growth from the mites. Each group of mycelia produced was transferred to a Petri dish containing Potato-Dextrose-Agar (PDA) supplemented with the antibiotic chloramphenicol for sporulation. Dishes incubated at the same conditions above were analyzed for the presence of spores after eight to fifteen days. In the absence of sporulation, an additional plating of the inoculum on corn meal agar or mineral liquid culture meal with agar to induce spore growth was provided. Fungal isolates were identified with the help of taxonomic keys and specific descriptions (Ellis, 1971; Seifert et al., 2011), based on macro and microscopic characteristics of the colonies, hyphae and spores slide-mounted on a drop of lactophenol (Dhingra; Sinclair, 1995).

## Results

Two BTVs were identified in the samples: citrus leprosis virus C, CiLV-C, in *C. sinensis* (Figure 2), and clerodendrum chlorotic spot virus (CICSV) in *C. x speciosum* (Figure 3). Typical symptoms of localized infection caused by BTVs were observed in sweet orange leaves, fruits, and branches, such as ringspots, chlorotic and necrotic lesions (Figures 2A, B). The presence of short bacilliform particles, characteristic of CiLV-C, and electron-dense, vacuolated inclusions (viroplasm) were visualized by TEM in the cytoplasm of infected cells (Figure 2C). The presence of CiLV-C (strain CRD) was confirmed in symptomatic samples of *C. sinensis*, whereas viruses of the CiLV-C\_SJP strain were not detected (Figure 2D). Leaves of *C. x speciosum* affected by CICSV exhibited chlorotic spots that sometimes showed necrotic central areas (Figure 3A). The presence of CICSV was confirmed by primers that amplified a 577-bp fragment of the *G* gene (RNA1) of the virus (Figure 3B).

Approximately 80% of the Petri dishes displayed any mycelial growth from their mites (Table 1, Figure 4), with reproductive structures obtained from about half of them, allowing the identification of the following fungal isolates: *Aspergillus* sp. (3 mites in *C. x speciosum*), *Cladosporium cladosporioides* (Fresen) G.A. de Vries (1 in *C. sinensis*), *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. (Penzig) Saccardo (2 in *C. sinensis* and 1 in *T. cacao*), *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn (3 in *C. x speciosum*), *Diaporthe* sp. (2 in *C. sinensis* and 5 in *P. edulis*), *Gilmaniella* sp. (1 in *C. sinensis*), and an unidentified Hyphomycetes (1 in *T. cacao*). The fungi most commonly found in the samples were *C. gloeosporioides* s.l. from *C. sinensis* and *T. cacao*, and *Diaporthe* sp. from *C. sinensis* and *P. edulis*.

## Discussion

Although some reports of *B. yothersi* as vectors of BTVs to citrus and passion fruit plants have been published in Bahia (Santos Filho et al., 1999; Bastianel et al., 2010; Ramos-González et al., 2016, 2020; Kitajima, 2020), this is the first record of the dichorhavirus CICSV in *C. x speciosum* in the state. On the other hand, the detection of viruses solely of the CRD strain of CiLV-C in *C. sinensis* was expected, since they are found endemically in citrus orchards throughout Brazil and other American countries, whereas those of the SJP strain have never been detected outside the citrus belt of São Paulo and Minas Gerais (Ramos-González et al., 2016; Chabi-Jesus et al., 2021). Although all the fungal taxa identified, except *Gilmaniella* sp., have already been reported in Bahia (Rubini et al., 2005; Hanada et al., 2010; Oliveira et al., 2012; Cerqueira et al., 2013; Mattos Sobrinho et al., 2015; Santos et al., 2018; Oliveira et al., 2020) and/or previously isolated from *B. yothersi* (Quirós et al., 2014; Rodrigues et al., 2019), this study presented the first local records of their association to the mite. Another interesting finding of this study was the unidentified Hyphomycetes isolated from *B. yothersi* collected in *T. cacao*, which is possibly an undescribed taxon, with brown, septate, branched, smooth-walled hyphae, conidiomata consisting of a dark stromal base that serves as support for unicellular, subcylindrical, parallel, smooth-walled

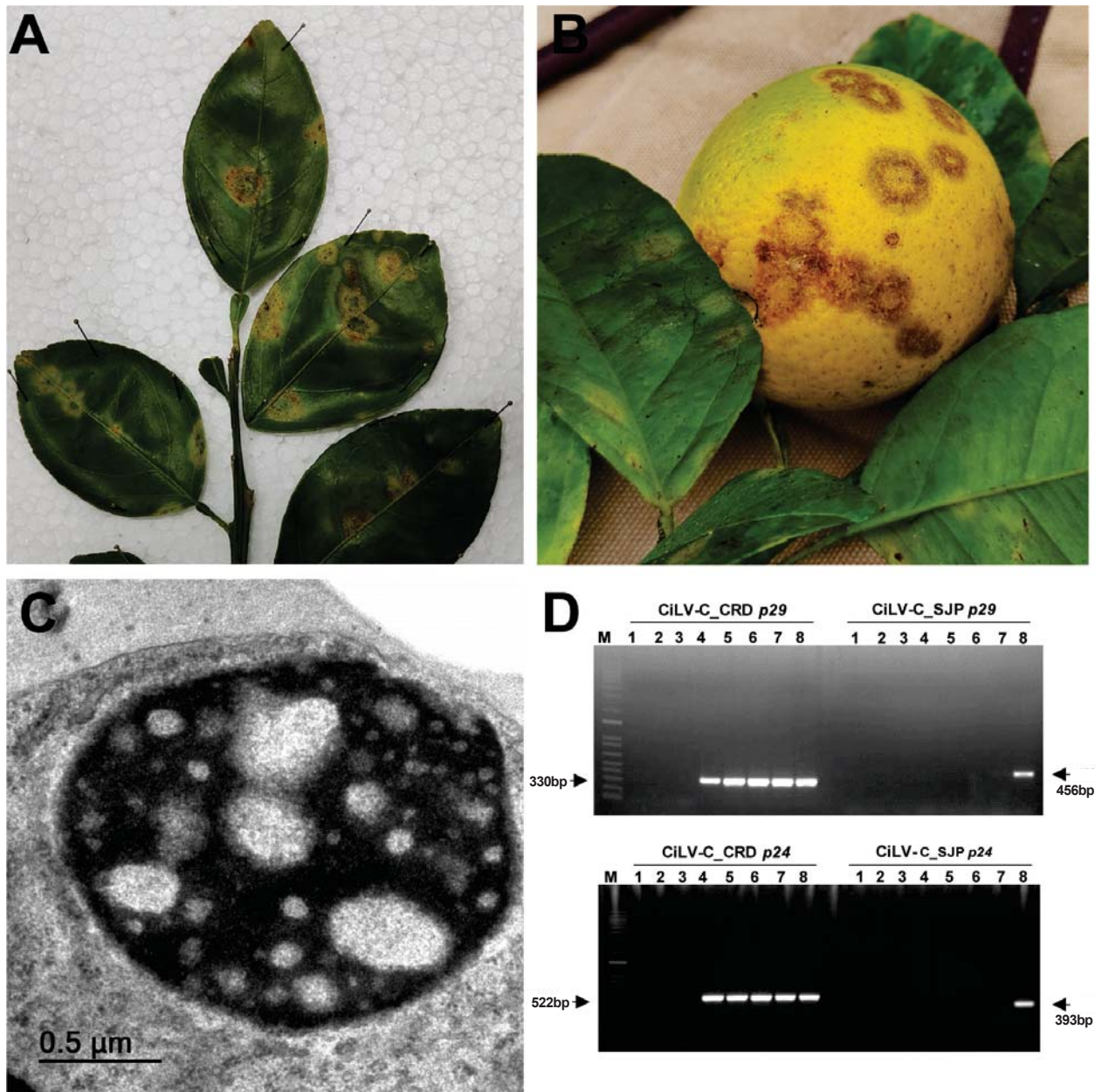


Figure 2. Detection of the cilevirus CiLV-C (*Cilevirus leprosis*) in *Citrus x sinensis* samples from Ilhéus, Bahia, Brazil. A and B. Chlorotic and necrotic lesions typical of citrus leprosis in citrus leaves and fruit, respectively; C. Micrograph of cytoplasm inclusion (viroplasm) typical of CiLV-C infection; D. 1% agarose gel electrophoresis of RT-PCR products obtained with primers that amplify fragments of the genes *p29* (RNA1) or *p24* (RNA2) from the CRD and SJP strains of CiLV-C, respectively: M- Molecular marker 1 Kb Plus DNA Ladder Invitrogen (Thermo Fisher Scientific); 1- Blank; 2- Negative control (healthy orange fruit); 3- Negative control (healthy orange leaf); 4 to 7- Samples with typical citrus leprosis symptoms (A and B); 4 and 5- Isolated lesions collected from sweet orange fruit (B); 6 and 7- Isolated lesions collected from sweet orange leaves (A); 8- Positive controls consisting of samples of sweet orange tissues infected with CiLV-C\_CRD or SJP.



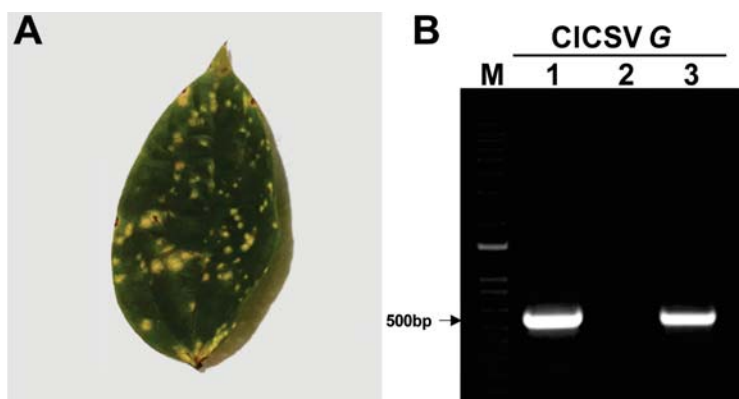


Figure 3. Detection of the dichorhavirus CICSV (*Dichorhavirus clerodendri*) in *Clerodendrum x speciosum* samples from Ilhéus, Bahia, Brazil. A. Leaf with typical chlorotic spots associated with CICSV; B. 1% agarose gel electrophoresis of RT-PCR products obtained with primers that amplify a fragment of the gene G (RNA1) of CICSV: M- Molecular marker 1 Kb Plus DNA Ladder Invitrogen (Thermo Fisher Scientific); 1- Sample collected from the symptomatic clerodendrum leaf (A); 2- Negative control (blank); 3- Positive control consisting of a sample of *Clerodendrum* sp. infected with CICSV.

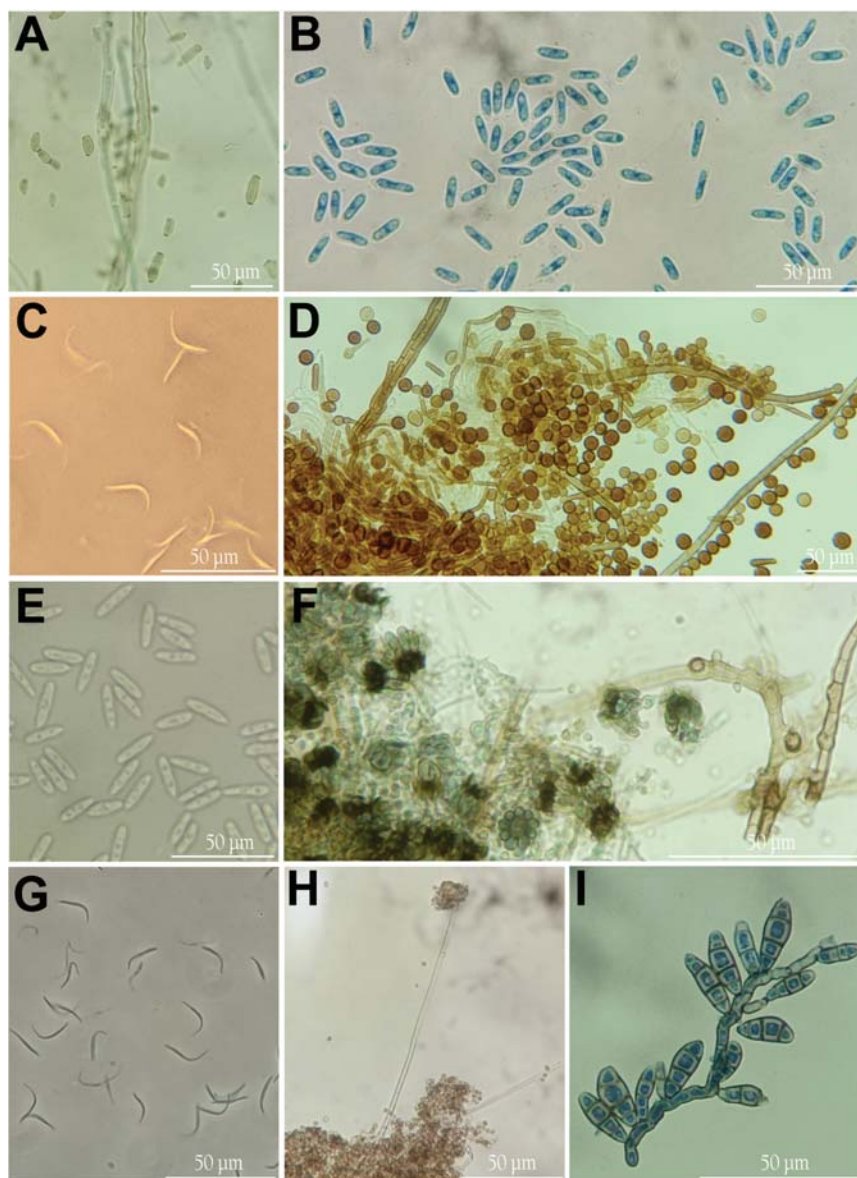


Figure 4. Micrographs of fungi isolated from *Brevipalpus yothersi* in cultivated plants from Ilhéus, Bahia, Brazil. A. *Cladosporium cladosporioides*, B. *Cladosporium cladosporioides*, C. *Colletotrichum gloeosporioides* s.l., C. *Diaporthe* sp. and D. *Gilmaniella* sp. in *Citrus sinensis*; E. *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. and F. *Hyphomycetes* sp. in *Theobroma cacao*; G. *Diaporthe* sp. in *Passiflora edulis*; H. *Aspergillus* sp. and I. *Curvularia lunata* in *Clerodendrum x speciosum*.

phialides, with subglobose to angular, olivaceous, unicellular and smooth conidia formed at the ends (Figure 4F). Molecular analyses are yet necessary to confirm its status as a new taxon.

Isolates of all the fungi found in this study have been previously reported as endophytes, saprobes or pathogens depending on the host plant (Hyde et al., 2009; Aly, Debbab & Proksch, 2011; Gomes et al., 2013; Yuan et al., 2019; Wang et al., 2022). Species of *Colletotrichum*, for example, have already been found causing diseases such as anthracnose in citrus (Phoulivong, McKenzie & Hyde, 2012; Wang et al., 2021), and cacao (Rojas et al., 2010; Nascimento et al., 2019; Mohali-Castillo & Stewart, 2022), while *Diaporthe* spp. was reported causing rot in different plant parts of passion fruit (Moreira et al., 2020) and melanosis in citrus (Melo; Andrade, 2006; Chaisiri et al., 2020). Considering that *B. yothersi* is a possible disseminator of pathogenic fungi to crops, further studies are needed to investigate the importance of such associations for the management/control of plant diseases in Bahia.

### Conclusion

The following BTVs and fungi were found or isolated from *B. yothersi* in the present study: citrus leprosis virus C (CiLV-C) in *C. sinensis*, clerodendrum chlorotic spot virus (ClCSV) in *C. x speciosum*, *Aspergillus* sp. in *C. x speciosum*, *C. cladosporioides* in *C. sinensis*, *C. gloeosporioides* s.l. in *C. sinensis* and *T. cacao*, *C. lunata* in *C. x speciosum*, *Diaporthe* sp. in *C. sinensis* and *P. edulis*, *Gilmaniella* sp. in *C. sinensis*, and a possible new genus and/or species of Hyphomycetes in *T. cacao*. Considering that *B. yothersi* is a possible disseminator of pathogenic viruses and fungi to crops in Bahia, further studies are needed to support management/control of plant diseases locally.

### Acknowledgments

To Luiz Alberto M. Silva (UESC) for the identification of the plant hosts, Thaís Marcelo Souza (UESC) for her help on the identification of the fungi, 'Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior' (CAPES) for the fellowship to RSN (Finance Code 001), and to UESC for laboratory support.

### Literature Cited

- ALBERTI, G.; KITAJIMA, E. W. 2014. Anatomy and fine structure of *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae) - Economically important plant - virus vector. *Zoologica* 160:1-192.
- ALY, A. H.; DEBBAB, A.; PROKSCH, P. 2011. Fungal endophytes: unique plant inhabitants with great promises. *Applied microbiology and biotechnology* 90(6): 1829-1845.
- BASTIANEL, M. et al. 2010. Citrus Leprosis: centennial of an unusual mite-virus pathosystem. *Plant Disease* 94(3): 284-292.
- BEARD, J. J. et al. 2015. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae) - a closer look. *Zootaxa* 3944(1):1-67.
- CERQUEIRA, K. S. et al. 2013. Fungos endófitos em plantas ornamentais tropicais na Bahia. *Agrotrópica (Brasil)* 25(3): 223-232.
- CHABI-JESUS, C. et al. 2021. Molecular epidemiology of citrus leprosis virus C: a new viral lineage and phylodynamic of the main viral subpopulations in the Americas. *Frontiers in Microbiology* 12:1-18.
- CHAISIRI, C. et al. 2020. Phylogenetic analysis and development of molecular tool for detection of *Diaporthe citri* causing Melanose disease of citrus. *Plants* 9(329):1-22.
- DHINGRA, O. D.; SINCLAIR, J. B. 1995. Basic plant pathology methods. 2<sup>th</sup> ed. Boca Raton: CRC/Lewis Publishers. 434p.
- ELLIS, M. B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Kew: Commonwealth Mycological Institute. 608p.
- EVANS, G. A.; CROMROY, H. L.; OCHOA, R. 1993. The Tenuipalpidae of Honduras (Tenuipalpidae: Acari). *Florida Entomologist* 76:126-155.
- EVANS, G. A.; CROMROY, H. L.; OCHOA, R. 1998. The Family Tenuipalpidae in Bermuda (Prostigmata: Acari). *Florida Entomologist* 1(2):167-170.
- GOMES, R. R. et al. 2013. *Diaporthe*: a genus of endophytic, saprobic and plant pathogenic fungi. *Persoonia* 31:1-41.
- HANADA, R. E. et al. 2010. Endophytic fungal diversity in *Theobroma cacao* (cacao) and *T. grandiflorum* (cupuaçu) trees and their potential for growth promotion and biocontrol of black-pod disease. *Fungal Biology* 901-910.
- HYDE, K. D. et al. 2009. *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. *Fungal Diversity* 1-17.
- KITAJIMA, E. W. 2020. An annotated list of plant viruses and viroids described in Brazil (1926-2018). *Biota Neotropica (Brasil)* 20(2):1-101.

- KITAJIMA, E. W. et al. 2020. A brief history of diseases associated with *Brevipalpus*-transmitted viruses. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia* 183-188.
- MATTOS SOBRINHO, C. C. et al. 2015. Fitopatógenos associados às doenças de *Heliconia* spp., em cultivos comerciais no litoral sul da Bahia. *Agrotrópica* 27(1):25-32.
- MELO, M. B.; ANDRADE, L. N. T. 2006. Principais doenças da citricultura em Sergipe e seu controle. pp. 71-86. In: MELO, M. B.; SILVA, L. M. S. (Eds.). *Aspectos técnicos dos citros em Sergipe*. Aracaju, SE, Embrapa Tabuleiros Costeiros. 86p.
- MOHALI-CASTILLO, S. M.; STEWART, J. E. 2022. First report of *Colletotrichum siamense* associated with anthracnose on *Theobroma cacao* fruits in Venezuela. *New Disease Report* 46:1-3.
- MORAES, G. J.; CASTILHO, R. C.; FLECHTMANN, C. H. W. 2024. *Manual de Acarologia: Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*. 2ª ed. Piracicaba, SP, FEALQ. 485p.
- MOREIRA, R. R. et al. 2020. Phomopsis rot caused by *Diaporthe infecunda* on fruit and flowers of *Passiflora edulis* in Brazil. *Australasian Plant Pathology* 49:141-145.
- NASCIMENTO, A. D. et al. 2019. First report of *Colletotrichum aeshynomenes* causing anthracnose in cacao (*Theobroma cacao* L.) in Brazil. *Plant disease* 103(12):3284-3284.
- NASCIMENTO, R. S. et al. 2023. Flat mites (Tenuipalpidae) from Bahia state, Northeastern Brazil - a checklist including new records and an illustrated key to species. *Acarologia* 63(3):619-636.
- OLIVEIRA, C. S. L. et al. 2012. *Colletotrichum gloeosporioides* causing leaf spot on *Erythrina indica* var. *picta* in the State of Bahia, Brazil. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4(6):261-263.
- OLIVEIRA, S. A. S. et al. 2020. *Colletotrichum* species causing cassava (*Manihot esculenta* Crantz) anthracnose in different eco zones within the Recôncavo Region of Bahia, Brazil. *Journal of Plant Diseases and Protection* 127:411-416.
- PHOULIVONG, S.; MCKENZIE, E. H. C.; HYDE, K. D. 2012. Cross infection of *Colletotrichum* species; a case study with tropical fruits. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*, 2(2):99-111.
- QUIRÓS, M. et al. 2014. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) como disseminador de hongos en guayaba, *Psidium guajava* L. bajo condiciones de laboratorio. *Entomotropica* 29(2): 63-67.
- RAMOS-GONZÁLEZ, P. L. et al. 2016. Phylogenetic and molecular variability studies reveal a new genetic clade of *Citrus leprosis virus C*. *Viruses*, 8(6), 1-25.
- RAMOS-GONZÁLEZ, P. L. et al. 2018. Unveiling the complete genome sequence of Clerodendrum chlorotic spot virus, a putative dichorhavirus infecting ornamental plants. *Archives of Virology* 163:2519-2514.
- RAMOS-GONZÁLEZ, P. L. et al. 2020. *Passion fruit green spot virus* genome harbors a new orphan ORF and highlights the flexibility of the 5' end of the RNA2 segment across cileviruses. *Frontiers in Microbiology* 11(206):1-16.
- RAMOS-GONZÁLEZ, P. L. et al. 2023. Kitaviruses: a window to atypical plant viruses causing non-systemic diseases. *Annual Review of Phytopathology* 61:97-118.
- RODRIGUES, J. C. V.; OSPINA, O. E.; MASSEY, S. E. 2019. Mycobiome of *Brevipalpus* mite strains and insights on metabolic function in the bacteriome of the Tetranychidae mites. *Contemporary Acarology* 79-91.
- ROJAS, E. I. et al. 2010. *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. associated with *Theobroma cacao* and other plants in Panamá: multilocus phylogenies distinguish host-associated pathogens from asymptomatic endophytes. *Mycologia* 102(6):1318-1338.
- RUBINI, M. R. et al. 2005. Diversity of endophytic fungal community of cacao (*Theobroma cacao* L.) and biological control of *Crinipellis perniciosus*, causal agent of Witches' Broom Disease. *International Journal of Biological Sciences* 1:24-33.
- SANTOS, C. D. et al. 2018. Diversidade de fungos em espécies nativas e cultivadas de orquídeas no sul da Bahia. *Agrotrópica (Brasil)* 30(2):101-108.
- SANTOS FILHO, H. P. et al. 1999. *Definhamento precoce do maracujazeiro*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 5p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado técnico, 60).
- SEIFERT, K. A. et al. 2011. *The Genera of Hyphomycetes*. Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. 997p.
- SOUZA, K. S. 2019. *Taxonomia integrativa de Tenuipalpidae associados a plantas cultivadas e nativas da Bahia*. Dissertação Mestrado. Ilhéus, BA, UESC. 95p.
- WANG, S. et al. 2022. *Curvularia lunata* and *Curvularia* Leaf Spot of Maize in China. *ACS Omega* 7: 47462-47470.
- WANG, W. et al. 2021. *Colletotrichum* species causing anthracnose of citrus in Australia. *Journal of Fungi* 7(47):1-24.
- YUAN, J. et al. 2019. Comparative transcriptomics and proteomics of *Atractylodes lancea* in response to endophytic fungus *Gilmaniella* sp. AL12 Reveals Regulation in Plant Metabolism. *Frontiers in Microbiology* 10:1208.



## ESCALA DE NOTAS PARA QUANTIFICAÇÃO DE PERITÉCIOS DE *Ceratocystis cacaofunesta* EM DISCO DE FOLHAS DE CACAUEIRO

*Larissa Argôlo Magalhães<sup>2</sup>, Alessandro Santos da Conceição<sup>2</sup>,  
Dilze Maria Argôlo Magalhães<sup>1</sup>, Wilson Wanderley Lopes<sup>1</sup>, George Andrade Sodré<sup>1,2</sup>,  
Edna Dora Martins Newman Luz<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>CEPLAC - km 22, Rod. Ilhéus-Itabuna. 45600-970, Itabuna-Bahia. <sup>2</sup>UESC - Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16 - Salobrinho. Ilhéus- Bahia. E-mails: lariargolo@yahoo.com.br; alessandro-sc@hotmail.com; dilze.argolo@yahoo.com.br; uvlopesbr@gmail.com; gasodre@hotmail.com; ednadora@yahoo.com.br

O melhoramento genético do cacaueiro é uma alternativa promissora para o controle da murcha-de-*Ceratocystis*. Este estudo teve como objetivos: i) elaborar e validar uma escala de notas para estimar o número de peritécios de *Ceratocystis cacaofunesta* em discos de folhas de cacaueiros, aprimorando o método Leaf Disc (LD); ii) avaliar clones quanto à severidade da doença usando a escala. A escala possui cinco notas: 0 (sem peritécios), 1 (1 a 10), 2 (11 a 30), 3 (31 a 60) e 4 (acima de 60). Ela foi testada em três experimentos: I- Testaram-se quatro clones (CACAU JACA e TSH 1188 - resistentes; CCN 51 e SJ 02 - suscetíveis), inoculados com suspensões (3x10<sup>6</sup> e 10<sup>6</sup> UFC/ml) em 40 discos/clone, avaliados por duas pessoas experientes no método LD. A escala diferenciou os clones com alta precisão e acurácia ( $R^2 = 0,968$  e  $0,9443$ ). II- Clones CCN 51 e CACAU JACA foram inoculados (10<sup>6</sup> UFC/ml) em 40 discos/clone, avaliados por cinco pessoas (duas experientes e três inexperientes). O  $R^2$  médio foi 0,9327 (experientes) e 0,8077 (inexperientes). III- Testaram-se 27 clones, além de CACAU JACA e CCN 51, quanto à severidade, inoculando 35 discos/clone (3x10<sup>6</sup> UFC/ml). As notas foram usadas para calcular o índice de McKinney. SIAL 505 e CACAU JACA apresentaram menor severidade, enquanto CCN 51 e ICS 40 mostraram maior severidade. A escala foi eficiente na avaliação da severidade da murcha-de-*Ceratocystis*.

**Palavras-chave:** Murcha-de-*Ceratocystis*, severidade da doença, avaliação de resistência, aprimoramento de metodologia.

**A grading scale for counting the number of *Ceratocystis cacaofunesta* perithecia in cacao leaf discs.** The genetic improvement of cocoa trees is a promising alternative for controlling *Ceratocystis* wilt. This study aimed to: i) develop and validate a rating scale to estimate the number of *Ceratocystis cacaofunesta* perithecia on cocoa leaf discs, improving the Leaf Disc (LD) method; ii) evaluate clones for disease severity using a scale. The scale has five notes: 0 (no perithecia), 1 (1 to 10), 2 (11 to 30), 3 (31 to 60) and 4 (above 60). It was tested in three experiments: I- Four clones were tested (CACAU JACA and TSH 1188 - resistant; CCN 51 and SJ 02 - susceptible), inoculated with suspensions (3x10<sup>6</sup> and 10<sup>6</sup> CFU/ml) in 40 discs/clone, evaluated by two people experienced with LD method. The scale differentiated the clones with high precision and accuracy ( $R^2 = 0.968$  and  $0.9443$ ). II- The CCN 51 and CACAU JACA clones were inoculated (10<sup>6</sup> CFU/ml) in 40 discs/clone, evaluated by five people (two experienced and three inexperienced). The average  $R^2$  was 0.9327 (experienced) and 0.8077 (inexperienced). III- 27 clones were tested, in addition to CACAU JACA and CCN 51, for severity, inoculating 35 discs/clone (3x10<sup>6</sup> CFU/ml). The scores were used to calculate the McKinney's index. SIAL 505 and CACAU JACA presented lower severity, while CCN 51 and ICS 40 presented greater severity. The scale was efficient in evaluating the severity of *Ceratocystis* Wilt.

**Key words:** *Ceratocystis* wilt, disease severity, resistance evaluation.



## Introdução

O fitopatógeno causador da murcha-de-*Ceratocystis*, conhecida popularmente por “mal do facão”, foi primeiramente descrito como *Ceratocystis fimbriata* por Ellis & Halsted e mais recentemente renomeado como *Ceratocystis cacaofunesta* Engelbr. & T.C. Harr. (Engelbrecht; Harrington, 2005). A murcha-de-*Ceratocystis* é uma importante doença do cacau, que inicialmente foi observada e descrita em 1918 no Equador por Rorer (Mata, 1991; Delgado; Suárez, 2003), e depois, em países vizinhos como: Colômbia, Venezuela, Costa Rica, Guatemala, Haiti, México, República Dominicana e Trinidad e Tobago, em meados da década de 1970. No Brasil, a doença foi observada em 1978 no estado de Rondônia, onde já causava danos consideráveis à cacauicultura (Bastos; Evans, 1978). Sua importância se dá por ser uma enfermidade letal ao cultivo (Alarcon, 1994).

No estado da Bahia, a doença foi observada nos anos de 1997 e 1998 em mudas na casa de vegetação e plantas jovens em campo (Bezerra, 1997; Bezerra et al., 1998). Na região cacaueira da Bahia, a enfermidade foi amplamente disseminada e as mortes ocorreram, principalmente, nas progênes derivadas do clone ICS-1, como a variedade Theobahia (cruzamento entre SCA-6 x ICS-1) (Silva; Luz, 2000; Ram et al., 2004; Almeida et al., 2005).

Quando a murcha-de-*Ceratocystis* surgiu na Bahia, a vassoura de bruxa, descoberta em 1989 (Pereira et al., 1989), já era responsável por uma crise séria na região e elevadas perdas na produção cacaueira baiana, uma vez que Bahia era então considerada o estado com a maior produção de cacau do Brasil, situação que se agravou a partir da ocorrência da murcha-de-*Ceratocystis* (Oliveira; Luz, 2012).

O gênero *Ceratocystis* pertence à divisão Ascomycota e é amplamente disseminado no mundo. No Brasil, há relatos de três espécies: *Ceratocystis paradoxa*, que coloniza monocotiledôneas; *C. cacaofunesta* que é específica do cacau; enquanto *C. fimbriata* possui diversos hospedeiros entre plantas lenhosas e herbáceas (Engelbrecht; Harrington, 2005).

As culturas do fungo no meio de cultura Agar Batata Dextrose (BDA), tem inicialmente coloração esbranquiçada, posteriormente apresenta coloração acinzentada, mudando para negra. Peritécios escuros

surgem em certas áreas do micélio imersos no meio de cultura e são visíveis a olho nu e, quando estão maduros, na extremidade apresentam gotas amarelas que são formadas pelos ascósporos, liberados pelos ascos, localizados no interior dos peritécios (Engelbrecht; Harrington, 2005). Na parte superficial das hifas, formam-se os endoconidióforos e nestes, os endoconídios, que quando rompem o conidióforo, saem em cadeias ou sozinhos. O fungo também forma os clamidósporos que são estruturas de resistência, e tais estruturas se encontram no cacau em campo (Luz et al., 2013).

Todas as estruturas acima descritas além de fragmentos de micélio, podem estar presentes na suspensão de esporos que é usada para inoculação e avaliação de resistência. Por isso, há necessidade de se expressar a concentração da suspensão em unidades formadoras de colônias (Magalhães et al., 2016).

Assim o melhor e mais eficiente método de controle da murcha-de-*Ceratocystis* é o uso de variedades resistentes (Delgado, 2003; Delgado; Suárez, 2003; Silva et al., 2004). Existem alguns métodos utilizados para avaliação e seleção de genótipos resistentes a *C. cacaofunesta*, tais como inoculação em galhos de plantas adultas, inoculação em mudas em casa de vegetação e, mais recentemente o método de discos de folhas (LD) inoculados com *Ceratocystis* (Magalhães et al., 2016), que tem se mostrado eficiente em recente publicação (Santos et al., 2021) e remove as dificuldades apresentadas pelos métodos anteriormente citados. No entanto, para tornar o método LD ainda mais fácil de ser adotado, era necessário dar mais praticidade à quantificação do número de peritécios. Este estudo teve como objetivo: avaliar clones testados e não testados quanto à severidade da doença usando uma nova escala de notas.

## Material e Métodos

### Repicagem do fungo

Os experimentos foram realizados no Laboratório de *Ceratocystis* da Seção de Fitopatologia do Centro de Pesquisa do Cacau - CEPLAC/CEPEC em Ilhéus-BA. Foi utilizado nos dois primeiros experimentos, o isolado de *Ceratocystis cacaofunesta* Cc20 (Figura 1A),

oriundo de Ilhéus. Para o terceiro experimento, inoculação de vários clones, foi utilizada a mistura composta pelas suspensões dos isolados Cc62 - Cc63 - Cc64 e Cc65, provenientes de Mutuípe, por ter sido o município onde foi coletado o maior número de isolados de *C. cacaofunesta* em coletas feita pela equipe do Laboratório de *Ceratocystis* da Seção de Fitopatologia-CEPEC-CEPLAC de 2010 a 2012 (dados não publicados). Todos os isolados pertencem à coleção de *Ceratocystis* do CEPEC-CEPLAC. Os isolados foram repicados em placas de Petri contendo meio de cultura Agar Batata Dextrose (BDA) e conservados em BOD a 24C° durante dez dias para crescimento da cultura e preparo do inóculo.

#### Escala de notas:

A escala foi proposta com cinco notas 0, 1, 2, 3 e 4:

**nota 0** = não formação de peritécios;

**nota 1** = de 1 a 10 peritécios;

**nota 2** = de 11 a 30 peritécios;

**nota 3** = de 31 a 60 peritécios

**nota 4** = acima de 60 peritécios.

#### Experimentos para aplicação e teste da escala de notas

Foram realizados três experimentos para testar a escala de notas:

##### Experimento 1

Foram coletadas folhas de cacaueteiro ainda não maduras, estágio intermediário dos clones CCN 51 e SJ 02 (padrões de suscetibilidade), CACAU JACA e TSH 1188 (padrões de resistência). Em seguida, as folhas foram lavadas, removida a nervura central com uma lâmina (Figura 1B), discos de folhas de 1,5 cm de diâmetro foram cortados por um cortador semiautomático (Figura 1C) e arrumados com o lado abaxial para cima, sobre espuma umedecida com água (Figura 1D). Foram utilizados 40 discos de folhas por clone e por concentração de inóculo do isolado Cc 20 de *C. cacaofunesta*, que foram  $3 \times 10^4$  UFC/ml e  $10^4$  UFC/ml. Cada disco foi inoculado com 20 µl da suspensão de inóculo e foram mantidos em caixas plásticas formando os blocos (Figura 1E). Quatro dias após a inoculação, utilizando um estereomicroscópio, foi avaliado o número médio de peritécios (Figura 1F) formado por cada clone, através da contagem, e posteriormente, aplicando a escala de notas, foi obtida

a média das notas atribuídas por cada avaliador. Neste experimento, a avaliação foi feita por dois avaliadores experientes (avaliadores que desenvolvem leitura de peritécios e trabalham com *Ceratocystis* há tempo hábil para ter uma leitura assertiva e eficiente) quanto à utilização do método LD e contagem do número de peritécios (Magalhães et al., 2016). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). O número médio de peritécios e a média das notas foram comparados pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ), os dados foram transformados pelo método ( $\log_{10} + 1$ ), usando o software R versão 4,1. A acurácia e a precisão de cada avaliador foram determinadas por meio de regressão linear simples, entre o número real de peritécios e o valor estimado pelos avaliadores utilizando a escala de notas.

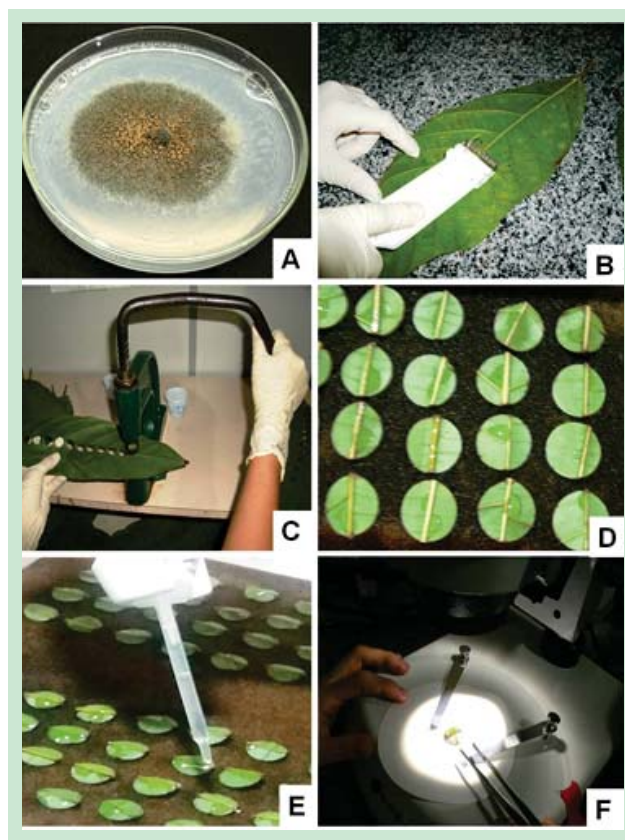


Figura 1 (A-F): Metodologia de inoculação de *Ceratocystis cacaofunesta* em disco de folhas: (A) cultura do isolado de *C. cacaofunesta* - Cc 20; (B) remoção superficial da nervura central da folha com uma lâmina; (C) discos de folhas cortados por um cortador semiautomático; (D) discos de folhas arrumados com o lado abaxial para cima em espuma umedecida; (E) inoculação dos discos com 20 µL da suspensão; (F) avaliação dos discos inoculados utilizando um estereomicroscópio.

## Experimento 2

Foi realizada a inoculação, utilizando os clones CCN-51 (testemunha de suscetibilidade) e CACAU JACA (testemunha de resistência). Foram cortados 40 discos de folhas por clone, colocados sobre espuma umedecida e inoculados 20  $\mu$ l por disco, na concentração  $10^4$  UFC/ml de inóculo do isolado Cc 20 de *C. cacaofunesta*. Quatro dias após a inoculação foi avaliado o número médio de peritécios, formado por cada clone, através da contagem, e posteriormente, aplicando a escala de notas, foram atribuídas notas e a média foi determinada por clone e por avaliador. Neste experimento, a avaliação foi feita por cinco avaliadores, sendo dois experientes e três inexperientes quanto à utilização do método discos de folhas e contagem do número de peritécios (Magalhães et al., 2016). A acurácia e a precisão de cada avaliador foram determinadas por meio de regressão linear simples, entre o número real de peritécios e o valor estimado utilizando a escala de notas.

## Experimento 3

Para avaliar a severidade da doença usando a escala de notas foram testados 29 clones do Banco de Germoplasma do CEPEC-CEPLAC: CS 40, CHUAO 120, SIAL 05, CEPEC 4, UF 12, UF 707, EET 103, TSA 654, APA 4, CEPEC 2002, SCA 6, 21 PJ, RIM 44, SIC 20, SIC 23, UF 713, CC 37, RB 32, SGU 60, RIM 106, SIAL 325, CC 11, EET 59, TSA 656, EET 53, PA 169, SCA 12, CACAU JACA (padrão de resistência) e CCN 51 (padrão de suscetibilidade). O procedimento foi o mesmo descrito no experimento 1, com a variação de haver usado 35 discos de folhas por clone, cinco discos de cada clone por bandeja, arrumados, com a superfície abaxial para cima, em caixas plásticas contendo espumas umedecidas (5 discos x sete blocos). Foi preparada a suspensão de inóculo da mistura de quatro isolados de *C. cacaofunesta* (Cc62 - Cc63 - Cc64 e Cc65), na concentração  $3 \times 10^4$  UFC/ml e cada disco foi inoculado com 20  $\mu$ l da suspensão de inóculo (Magalhães et al., 2016). Quatro dias após a inoculação, foi avaliado o número médio de peritécios, através da contagem, e posteriormente, aplicando a escala de notas, foram atribuídas notas e a média foi determinada por clone. Neste experimento, a avaliação foi feita por um avaliador experiente quanto à contagem do número

de peritécios em discos de folhas. A partir das notas foi determinado o índice de severidade da doença utilizando a fórmula de McKinney (1923), pela expressão:  $SEV = [\bar{O}(\text{grau da escala} \times \text{frequência}) / (\text{número total de unidades} \times \text{grau máximo da escala})] \times 100$ . A média de severidade da doença obtida foi analisada através do Teste Scott Knott ( $p < 0,05$ ), usando o software R versão 4,1.

## Resultados e Discussão

Para validar a escala, no primeiro experimento, dois avaliadores experientes (Av 1 e Av 2), estimaram o número de peritécios a partir de 40 discos por clones, em duas inoculações e duas concentrações. Observou-se que não houve diferença significativa na reação dos clones CACAU JACA, TSH 1188, SJ 02 e CCN 51 para as duas concentrações de inóculo  $3 \times 10^4$  UFC/ml e  $10^4$  UFC/ml, porém foi observado formação de menos micélio quando utilizada a concentração  $10^4$  UFC/ml, o que facilitou um pouco mais a avaliação. Na avaliação de peritécios de *C. cacaofunesta* em discos de folhas (Figura 2A) observam-se normalmente discos com ausência de peritécios, discos com formação de poucos peritécios e micélio, de fácil avaliação (Figura 2B e C) ou ainda, com maior quantidade de peritécio e micélio, dificultando a avaliação (Figura 2D).

Observou-se também que não houve diferença entre métodos de avaliação, contagem do número de peritécios e atribuição de notas aplicando a escala. Portanto, a escala de notas proposta foi eficiente em diferenciar os clones resistentes (CACAU JACA e TSH 1188) e suscetíveis (CCN 51 e SJ 02) por ambos os avaliadores ( $P < 0,01$ ) (Figura 3).

A acurácia e a precisão de cada avaliador foram determinadas por meio da regressão linear entre o número de peritécios real e o estimado. O avaliador 1 apresentou o coeficiente de determinação de  $R^2 = 0,968$ , enquanto o avaliador 2 o coeficiente de determinação de  $R^2 = 0,9443$ , com correlação média de 0,9561, portanto, observou-se uma correlação positiva com precisão e acurácia entre os dois observadores (Figura 4A e B). Além do coeficiente de determinação, a precisão foi medida pelo erro absoluto, que é a diferença entre as notas estimadas e a notas reais (NUTTER; SHULTZ, 1995), tendo o



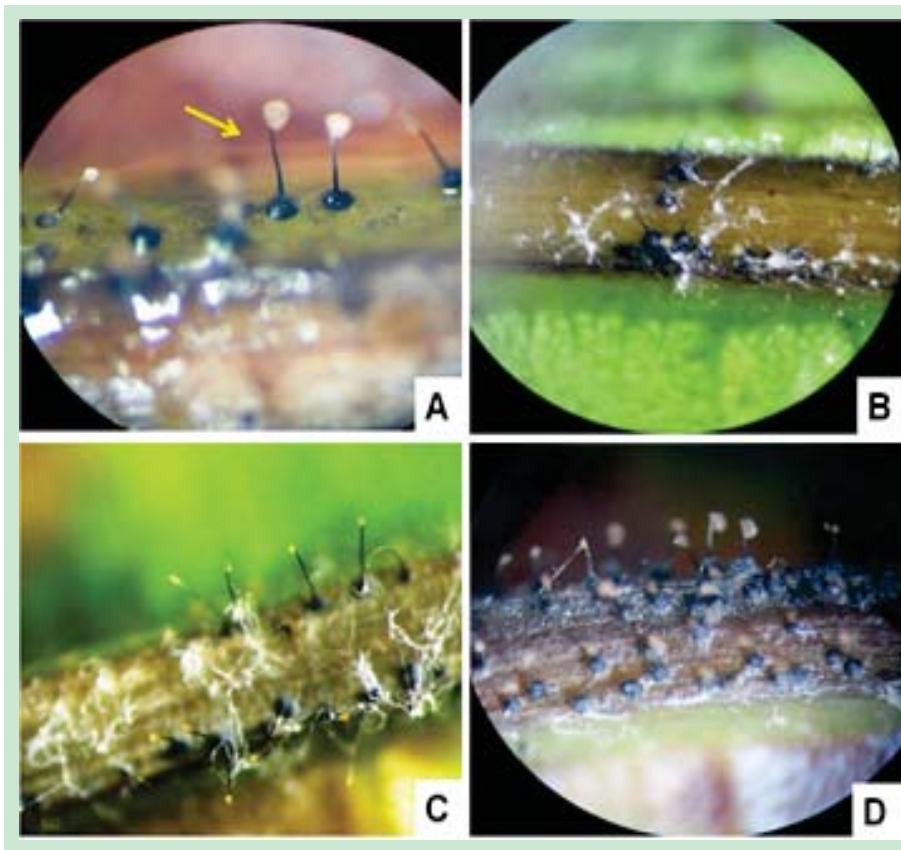


Figura 2 – Discos de folhas inoculados com *C. cacaofunesta* (A) Peritécios com gota mucilaginosa contendo as estruturas sexuais (ascósporos); (B e C) Discos de folha com pouco peritécio e micélio (D) discos com maior quantidade de peritécio.

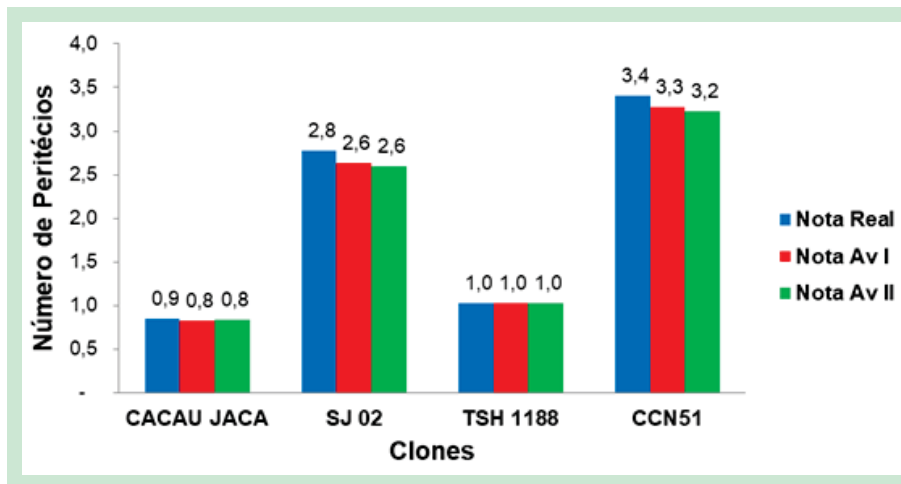


Figura 3- Número médio de peritécios (Nota real) e média das notas estimadas por dois avaliadores (Nota Av 1 e Nota Av 2), aos clones de cacauero CCN 51, SJ 02 (padrões de suscetibilidade) CACAU JACA, e TSH 1188 (padrões de resistência) inoculados com *Ceratocystis cacaofunesta*.

avaliador 1 apresentou um desvio de 4% e o avaliador 2 de 6% (Figura 5A e B).

No segundo experimento, testando os clones CCN 51 e CACAU JACA o resultado foi aferido por dois avaliadores experientes e três inexperientes quanto à utilização do método disco de folhas para a avaliação de *C. cacaofunesta*, todos os cinco avaliadores diferenciaram o clone resistente (CACAU JACA) do suscetível (CCN 51). O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9557 (avaliador 1) a 0,7597 (avaliador 4) (Figura 6).

A correlação entre a média real de números de peritécios e a estimada pelos avaliadores 1 e 2, ambos experientes, foi de  $R^2$  de 0,9557 e 0,9109 respectivamente. Foi observado uma correlação positiva com alta precisão e acurácia, além de maior aproximação do valor estimado pelos avaliadores (1 e 2) com o valor real do que no primeiro experimento, pois houve menor dispersão dos valores estimados (Figuras 6A e B). Nas notas estimadas pelos avaliadores 3, 4 e 5, inexperientes quanto ao uso do método, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,8823 (Avaliador 3) a 0,7597 (Avaliador 4) (Figura 6 C-E), com média dos três avaliadores de 0,8077. Foi observado maior dispersão dos valores estimados pelos avaliadores 3, 4 e 5, em



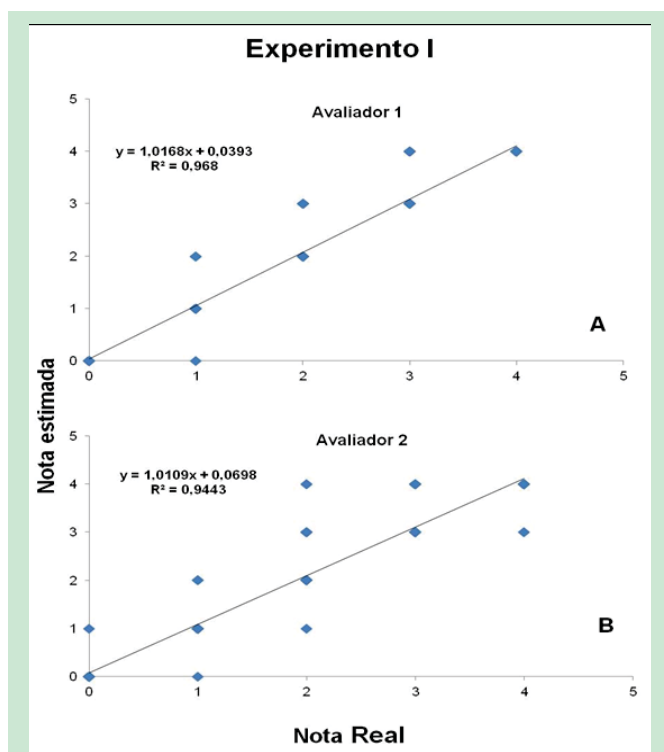


Figura 4 - Correlação entre o número real de peritécios e os valores estimados por 2 avaliadores experientes (Av 1 e 2), através da escala de notas, à reação dos clones CACAU-JACA, TSH 1188, SJ 02 e CCN51 inoculados com *C. cacaofunesta* em discos de folhas de cacaueiro.

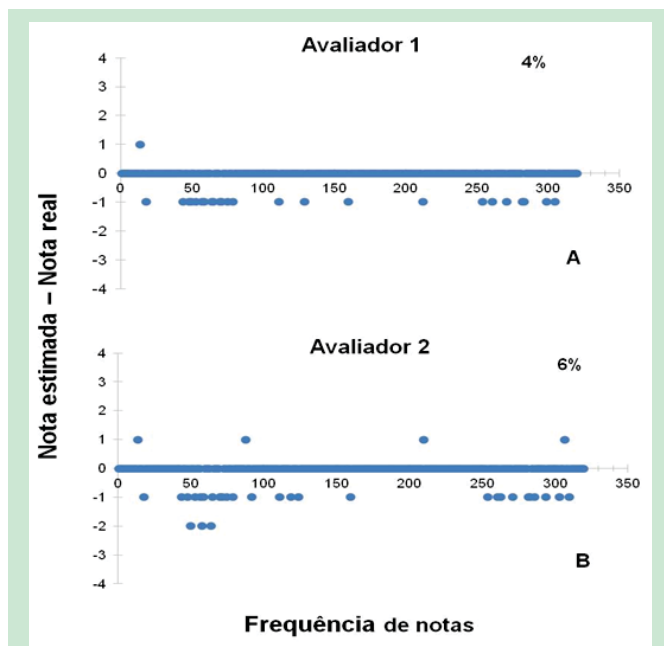


Figura 5 - Erros absolutos (nota estimada menos a nota real) dos dois avaliadores experientes, utilizando a escala de notas para estimar o número de peritécios de *C. cacaofunesta* formados em discos de folhas dos clones CCN 51, SJ 02, TSH 1188 e CACAU JACA.

relação aos valores estimados pelos avaliadores 1 e 2. Quanto ao erro absoluto, os desvios dos avaliadores variaram de 2 a 14% (Figura 7A-E).

No terceiro experimento foi avaliada a severidade da doença murcha-de-*Ceratocystis* em 29 clones de cacaueiro utilizando a escala de notas e a fórmula de McKinney (1923). Foi observada correlação positiva, acurácia e precisão ( $R^2=0,9355$ ) entre o número real de peritécio e a nota estimada (Figura 8).

Os clones foram divididos em cinco grupos distintos quanto à severidade: no grupo a está o CCN 51 (96%), testemunha de suscetibilidade; grupo b está somente o ICS 40 com 79% de severidade; grupo c formado por 21 clones (CHUAO 120, CEPEC 4, UF 12, UF 707, EET 103, TSA 654, APA 4, CEPEC 2002, SCA 6, 21 PJ, RIM 44, EET 59, TSA 656, EET 53, PA 169, SCA 12, SIC 20, SIC 23, UF 713, CC 37 e RB 32), no qual a severidade variou de 71% (CHUAO 120) a 56% (RB32), grupo d formado por quatro clones SGU 60 (50%), RIM 106 (48%), SIAL 325 (46%) e CC 11 (46%) e, no grupo e, com menores índices de severidade, estão os clones CACAU JACA (34%) testemunha de resistência e SIAL 05 (29%) (Figura 9).

O método de avaliação de peritécios em discos de folhas (LD) é considerado um método indireto visto que a quantidade de doença é estimada pela frutificação, pós-colonização do patógeno. A escala de notas desenvolvida neste estudo para avaliar a resistência à murcha-de-*Ceratocystis* em cacaueiro foi baseada nos limites mínimo, intermediário e máximo de crescimento de peritécios nos discos de folhas, que garantem a classificação dos clones quanto à resistência à doença, e principalmente respeitando a capacidade de percepção e distinção dos valores da escala pelo avaliador.

A contagem de número de peritécios utilizado no método LD (MAGALHÃES et al, 2016) é muito eficiente, mas, a depender do tamanho da amostra, se torna demorada e exaustiva, visto que se faz necessário que todos os discos sejam avaliados no quarto dia após a inoculação. Portanto, a criação de uma escala de notas eficiente vai facilitar e tornar mais rápida a leitura/avaliação dos discos.

A substituição da contagem pela escala de notas oferece a vantagem, num momento de dúvida em

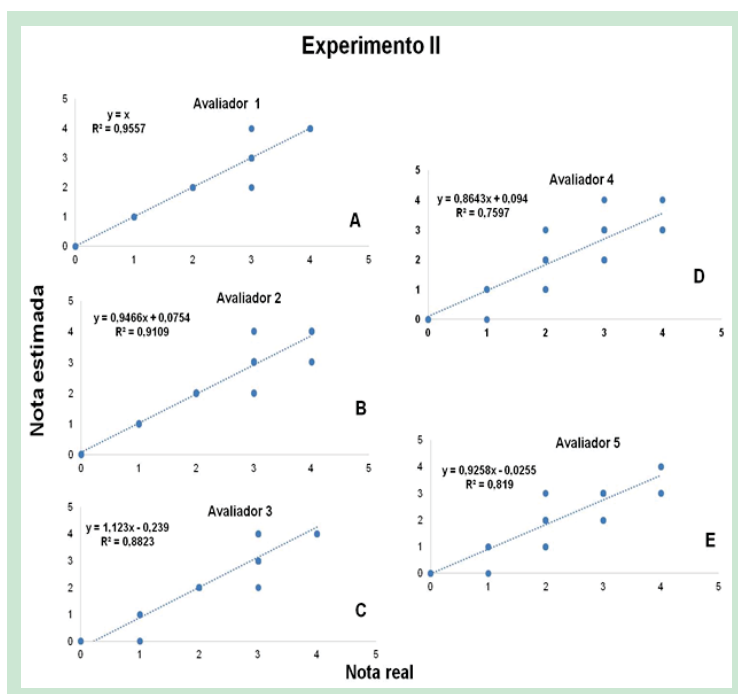


Figura 6 - Correlação entre o número real de peritécios e os valores estimados por 5 avaliadores, dois experientes (Av 1 e 2), e três inexperientes (Av 1, 2 e 3) através da escala de notas, à reação dos clones CACAU JACA e CCN 51 inoculados com *C. cacaofunesta* em discos de folhas de cacauero.

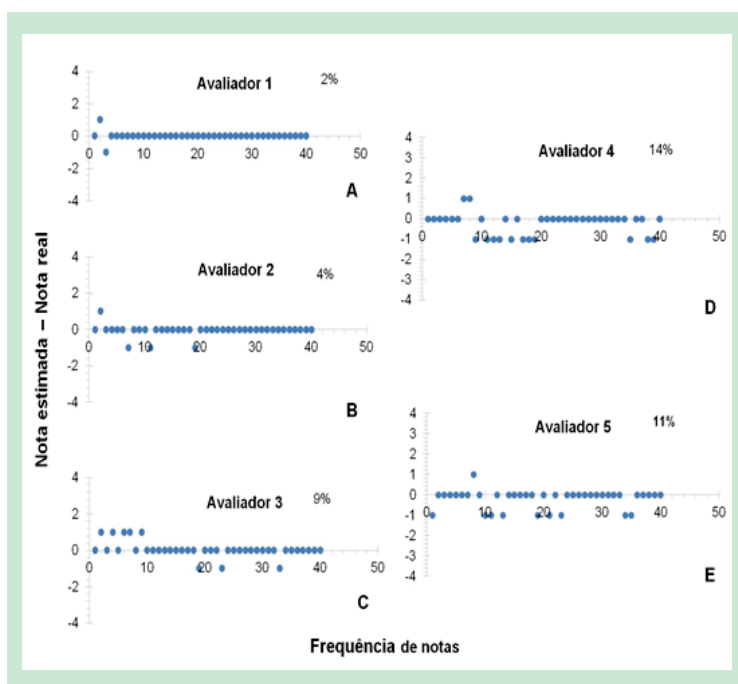


Figura 7 - Erros absolutos (nota estimada menos a nota real) para os cinco avaliadores (1 e 2 experientes e 3, 4 e 5 inexperientes) com a utilização da escala para a quantificação do número de peritécios de *C. cacaofunesta* formados em discos de folhas dos clones CCN 51 e Cacau jaca.

relação à nota a ser dada, esta pode ser tirada contando os peritécios. Isto não acontece com a escala diagramática onde você atribui nota à lesão. Outra vantagem da escala de notas é proporcionar a avaliação da severidade da doença utilizando o índice de McKinney (1923), o que ainda lhe atribui maior confiabilidade.

Para avaliação de doenças em plantas se fazem necessários métodos de quantificação de fácil utilização, confiáveis, precisos e com resultados reproduzíveis, como as escalas diagramáticas e as de notas (Berger, 1980).

O método de Delgado & Echandi (1965) de inoculação de *C. cacaofunesta* em seções de ramos de cacauero também utiliza a contagem de peritécios, onde se avalia através de uma escala o grau de desenvolvimento de micélio e peritécios. Para micélio: 0 = não crescimento, 1 = muito pouco, 2 = pouco, 3 = muito, 4 = totalmente coberto. Para peritécios: 0 = nada, 1 = muito pouco (1 a 5), 2 = pouco (6-15), 3 = muito (mais de 16), 4 = tecido totalmente coberto (Soria; Salazar, 1965). De acordo com a média das notas descritas anteriormente, a reação dos clones era classificada pela seguinte escala: Resistente (R) = 0-1,0; Resistência média (MR) = 1,1 - 2,0; Susceptível (S) = 2,1 - 3,0; Muito Susceptível (DM) = 3,1 - 4,0. Porém o uso desse método não foi viável no Brasil mediante a agressividade dos isolados, pois há formação de muito micélio e muitos peritécios dificultando a avaliação (Silva et al., 2004). Delgado e Suárez (2003) avaliaram a resistência de clones e a agressividade de dois isolados provenientes um do Brasil e outro do Equador, e concluíram que o isolado da Bahia, Brasil, foi mais agressivo quando comparado ao do Equador, o que foi comprovado por Silva et al. (2004).

No primeiro experimento para a validação da escala de notas criada (Figura 4A-B), os peritécios presentes nos discos de folhas dos clones foram estimados por dois avaliadores experientes na contagem de peritécios e observou-se uma correlação positiva com

valores de  $R^2$  próximo a 1 e os valores de interseção e da inclinação, próximos de 0 e 1, respectivamente. Segundo Michereff et al. (2000), isso indica alta precisão e acurácia. O avaliador 1 apresentou menor variação entre as notas atribuídas e o valor real do que o avaliador 2. Quanto aos erros absolutos segundo a classificação de Tomerlin e Howell (1988) e de Nutter

(1989), o avaliador 1 (4%) foi considerado excelente, pois apresentou erro absoluto abaixo de 5% e o avaliador 2 (6%) apresentou desvio abaixo de 10% sendo considerado bom (Figura 5A e B).

No segundo experimento para aplicação da escala de notas, os cinco avaliadores apresentaram bons resultados, a escala novamente permitiu que se fizesse

uma avaliação acurada (intercepto da regressão linear igual a 0 e coeficiente angular da reta próximo a 1) e precisa (coeficiente de determinação próximo a 1), destacando-se a maior precisão dos avaliadores experientes (Figura 6A e B). Observa-se pouca variação entre as notas estimadas e as notas reais, com a variação ocorrendo na nota 3 para o avaliador 1 e nas notas 3 e 4 para o avaliador 2. Como estas notas são mais altas e, consequentemente, com maior número de peritécios, a percepção dos avaliadores foi dificultada. Para os avaliadores inexperientes, 3 ( $R^2 = 0,8823$ ), 4 ( $R^2 = 0,7597$ ) e 5 ( $R^2 = 0,819$ ), observou-se acurácia entre as avaliações e precisão, mas não tão alta quanto às estimadas pelos avaliadores experientes (Figura 6C-E).

Quanto aos erros absolutos, confirmou-

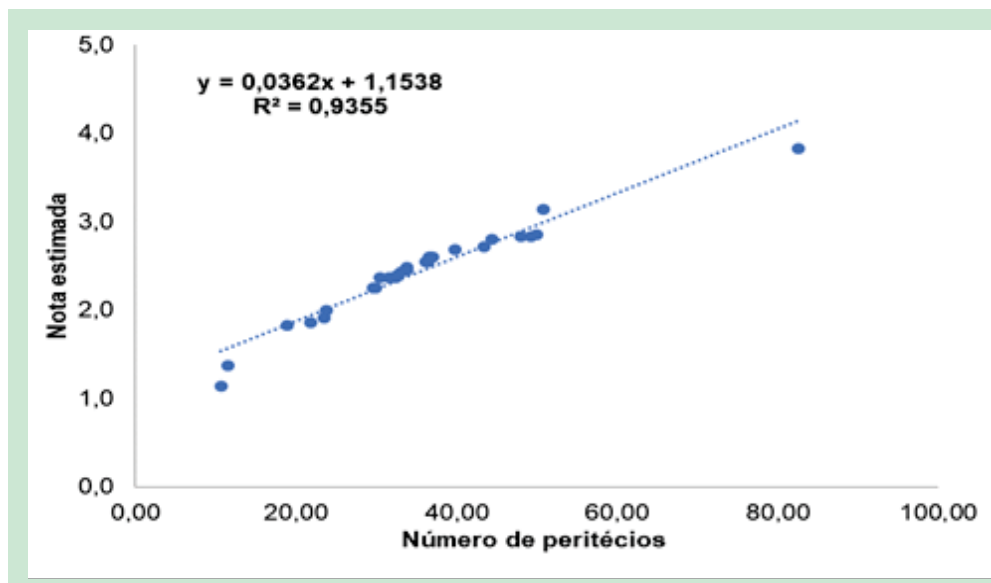


Figura 8 - Correlação entre o número real de peritécios e os valores estimados através da escala de notas, à reação dos 29 clones com o CACAU JACA (testemunha de resistência) e CCN 51 (testemunha de suscetibilidade) do Banco de Germoplasma da Ceplac, inoculados com *Ceratocystis cacaofunesta* em discos de folhas de cacaueteiro.

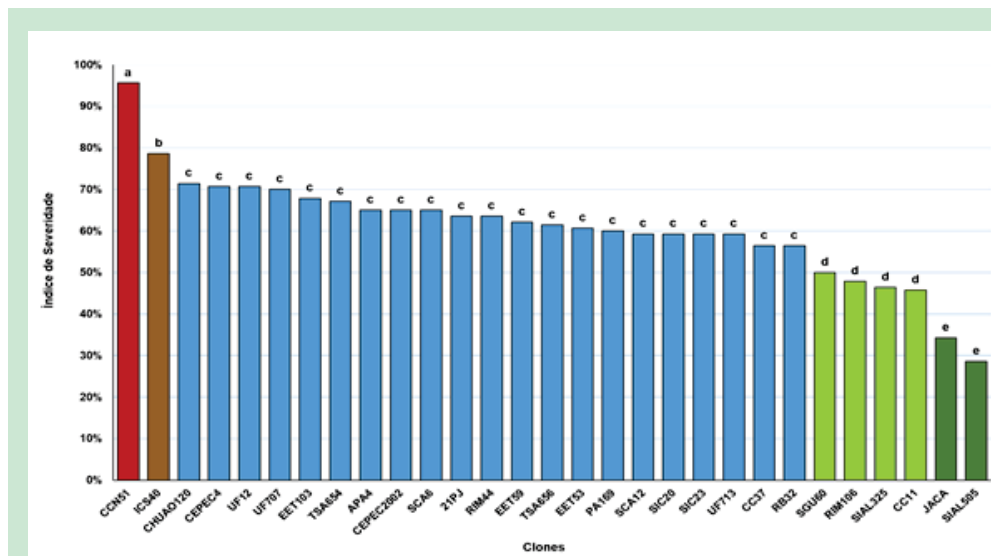


Figura 9 - Índices de severidade da murcha-de-*Ceratocystis* em 29 clones de cacaueteiro inoculados em discos de folhas por uma mistura de isolados de *Ceratocystis cacaofunesta* calculado a partir da escala de notas, aplicada 4 dias após a inoculação.

se a excelência dos dois avaliadores experientes, pois estes apresentaram erro absoluto abaixo de 5%. Quanto aos inexperientes, o avaliador 3, que apresentou desvio abaixo de 10% foi considerado bom (Tomerlin & Howell, 1988; Nutter, 1989), e o 4 e 5 por apresentarem os maiores desvios, tenderam a subestimar as notas dadas em relação à nota real. (Figura 7A-E). A sua inexperiência não só quanto ao uso da escala de notas, como também na avaliação de número de peritécios, explica a diminuição do grau de precisão e reprodutibilidade de suas avaliações. Os resultados demonstraram que a nota prediz com precisão e acurácia o valor real do número de peritécios. Para se obter precisão e acurácia no uso de escalas de notas ou diagramáticas, a experiência e percepção de cada avaliador é fundamental. Portanto, segundo Nutter e Schultz (1995), para que uma escala seja usada como um método de avaliação, ela precisa antes ser validada por avaliadores experientes.

É sempre de grande importância a validação e o uso de uma escala para avaliação de doença em plantas, conforme comprovado em vários outros estudos (Michereff et al., 1998; Diaz et al., 2001; Leite; Amorim, 2002; Junghans et al., 2003; Gomes et al., 2004; Michereff et al., 2006; Capucho et al., 2011; Yadav et al., 2013; Rios et al., 2013). A escala de notas para estimar o número de peritécios de *C. cacaofunesta* em disco de folhas é de fácil utilização, o avaliador pode facilmente adquirir experiência fazendo a contagem dos peritécios em discos de folhas e treinando para os valores atribuídos nas notas da escala, dessa forma facilitando e tornando mais rápida a avaliação. Mas é de fundamental importância o treinamento prévio dos avaliadores, para aumentar a acurácia nas determinações de severidade. Segundo Junghans (2003), as estimativas de erro no uso de escalas de notas e escalas diagramáticas não recaem sobre a escala, e sim sobre o avaliador.

A escala foi revalidada ao estimar através do experimento 3 a severidade da murcha-de-*Ceratocystis* em 29 clones de cacaueiro utilizando discos de folhas e avaliando com a escala de notas. Obteve-se correlação positiva, acurácia e precisão ( $R^2=0,9355$ ) entre o número real de peritécio e a nota estimada. A distribuição dos clones em cinco grupos distintos quanto à severidade (Figura 9) foi bastante pertinente, uma vez que no grupo a ficou o clone que

apresentou o maior índice de severidade (CCN 51-padrão de suscetibilidade), sendo classificado como altamente suscetível; O grupo b classificado como suscetível foi formado somente pelo ICS 40; os 21 clones que integraram o grupo c foram classificados como moderadamente suscetíveis; o grupo d foi composto por quatro clones (SGU 60, RIM 106, SIAL 325 e CC 11) classificados como moderadamente resistentes; e no grupo e, com menores índices de severidade estão os clones CACAU JACA (testemunha de resistência) e SIAL 505 sendo ambos classificados como resistentes. Dos 27 clones testados, a maioria (16) ainda não havia sido testada quanto à resistência à murcha-de-*Ceratocystis* por nenhum método (ICS 40, CEPEC 4, UF 12, UF 707, EET 103, 21 PJ, RIM 44, EET 53, PA 169, UF 713, CC 37, RB 32, SGU 60, RIM 106, CC 11 e SIAL 505). Silva et al. (2004) utilizaram a metodologia de Delgado e Echandi (1965) em hastes destacadas de alguns clones, e obtiveram resultados semelhante, classificando CACAU JACA como resistente; APA 4, EET 59, CCN 51; SCA 6; SIAL 325, SIC 20, TSA 654, TSA 656 como suscetíveis e CHUAO 120; SIC 23 foram altamente suscetíveis. Neste estudo, o CACAU JACA também confirmou sua resistência e os demais clones apresentaram suscetibilidade moderada à doença, com exceção do CCN 51 que foi altamente suscetível com 96% de severidade e o SIAL 325 que foi classificado com moderadamente resistente (46%). As testemunhas de resistência (CACAU JACA) e suscetibilidade (CCN 51), normalmente utilizadas, confirmaram a sua reação ao patógeno (Silva et al., 2004; Silva et al., 2012; Magalhães et al., 2016; Santos et al., 2021). O clone CEPEC 2002 foi classificado como moderadamente resistente por Sanches et al. (2008) e resistente por Santos et al. (2021) que utilizaram dois métodos de inoculação, em plantas adultas no campo e disco de folhas. Este mesmo clone apresentou uma reação resistente quando inoculado no campo, porém, não diferiu de CCN-51 pelo método de disco de folhas (Magalhães et al., 2016). Já o clone SCA 12 foi classificado como resistente por Magalhães et al. (2016) Entretanto neste trabalho tanto o CEPEC 2002 quanto o SCA 12 foram classificados como moderadamente suscetíveis por apresentarem 65% e 59% de severidade, respectivamente. Estas dúvidas



serão esclarecidas em avaliações posteriores. É comum nas avaliações para outros patógenos do cacau e também para *C. cacaofunesta*, verificar flutuações de comportamento entre materiais considerados moderadamente suscetíveis e moderadamente resistentes.

Os clones SGU 60, RIM 106, SIAL 325 e CC 11 foram classificados como moderadamente resistentes, e os clones CACAU JACA testemunha de resistência e SIAL 505 apresentaram menores índices de severidade e foram classificados como resistentes. Este estudo, portanto, além de trazer um aperfeiçoamento para a utilização do método LD, através do uso da escala de notas, apresenta ao programa de melhoramento genético do cacau mais um clone (SIAL 505) com resistência à murcha-de-*Ceratocystis*.

### Conclusão

A quantidade de peritécios nos discos de folha relaciona-se com a distribuição de esporos durante a inoculação, com a agressividade do patógeno, ou seja, a capacidade do patógeno de se desenvolver ou não no hospedeiro, e principalmente, com a resistência ou suscetibilidade do clone, que é a capacidade do hospedeiro de restringir ou não o crescimento do patógeno. Deste modo, pode-se estimar a severidade da doença murcha-de-*Ceratocystis*, assim como, inferir sobre a resistência e suscetibilidade dos genótipos de cacau utilizando o método disco de folhas e a escala de notas.

A utilização da escala de notas permitiu estimar o número de peritécios de *C. cacaofunesta* em discos de folhas de maneira acurada e precisa sendo eficiente em avaliar a severidade da murcha-de-*Ceratocystis* em clones de cacau inoculados pelo método de discos de folhas. Houve a detecção de novos clones com resistência moderada ao patógeno, SGU 60, RIM 106, SIAL 325 e CC 11, além de SIAL 505, como resistente.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Ana Rosa Niella e Virgínia Damasceno pela condução dos ensaios em laboratório, à Giselle Rodrigues e Elisângela Santos no seu auxílio na avaliação do experimento.

### Literatura Citada

- ALARCON, C. R. M. 1994. Determinación de resistencia de 250 clones de cacao de origen nacional al ataque de mal de machete. (Agronomy Graduation Thesis). Guayaquil, Universidad Agraria del Ecuador.
- ALMEIDA, L. C. C. et al. 2005. Distribuição geográfica da murcha-de-*Ceratocystis* do cacau na Bahia, Brasil. *Agrotrópica* 17:83-86.
- BASTOS, C.N.; EVANS, H.C. 1978. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* Ell. & Halst. na Amazônia Brasileira. *Acta Amazônica* 8:543-544.
- BATISTA, D. C. et al. 2008. Seca da mangueira: detecção, sintomatologia e controle. Disponível em: < [http://www.cpatas.embrapa.br:8080/public\\_eletronica/downloads/COT138.pdf](http://www.cpatas.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/COT138.pdf)>. Acesso em: jul 2013.
- BERGER, R. D. 1980. Measuring disease intensity. In: Teng, P. S.; Krupa, S.V. (Eds.). *Crop loss assessment*. Saint Paul: University of Minnesota. pp.28-31.
- BEZERRA, J. L. 1997. *Ceratocystis fimbriata* causing death of budded cocoa seedlings in Bahia, Brazil. *Incoped Newsletter* 1:6.
- BEZERRA, J. L. et al. 1998. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* em clones de cacau no estado da Bahia. *Fitopatologia Brasileira* 23: 228.
- CAPUCHO, A. S. et al. 2011. Development and validation of standard área diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *C. canephora*. *Plant Pathology* 60: 1144-1150.
- COITÍA, W.; ROSALES, C. J. 2001. Relación entre la incidencia de escolítidos y la necrosis del cacao en Aragua, Venezuela. *Manejo Integrado de Plagas* 62: 65-71.
- DELGADO J.; ECHANDY, E. 1965. Evaluación de la resistencia de especies y clones de cacao al mal de machete provocado por *Ceratocystis fimbriata*. *Turrialba* 15 (4): 286-289.
- DELGADO, R.; SUÁREZ, C. 2003. Evaluación de la resistencia al mal del machete en clones internacionales de cacao en Ecuador. In

- International Cocoa Research Conference. Accra, Ghana. Proceedings.
- DIAZ, C. G.; BASSANEZI, R. B.; FILHO, A. B. 2001. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro. *Summa Phytopatologica* 27: 35-39.
- ENGELBRECHT, C. J. B. et al. 2007. Genetic variation in populations of the cacao wilt pathogen, *Ceratocystis cacaofunesta*. *Plant Pathology* 56:923-933.
- ENGELBRECHT, C.J.B.; HARRINGTON, T.C. 2005. Intersterility, morphology and taxonomy of *Ceratocystis fimbriata* on sweet potato, cacao and sycamore. *Mycologia* 97:57-69.
- GOMES, A. M. A.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. 2004. Elaboração e validação de escala diagramática para cercosporiose da alface. *Summa Phytopathologica* 30: 38-42.
- JUNGHANS, D.T., ALFENAS, A.C.; MAFFIA, L.A. 2003. Escala de notas para quantificação da ferrugem em *Eucalyptus*. *Fitopatologia Brasileira* 28:184-188.
- LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. 2002. Elaboração e validação de escala diagramática para mancha de *Alternaria* em girassol. *Summa Phytopathologica* 28(1): 14-19.
- LUZ, E. D. M. N. et al. 2013. Atualidades no manejo de doenças do cacauero. In: *Patologia Florestal: desafios e perspectivas*. NEFIT – Núcleo de Estudos em Fitopatologia, 1ª ed. Editora Suplema, SP. pp. 313-329.
- MAGALHÃES, D. M. A. et al. 2016. Leaf disc method for screening *Ceratocystis* wilt resistance in cacao. *Tropical Plant Pathology* 41 (3):155-161.
- MARIN, M. et al. 2003. Relationships of *Ceratocystis fimbriata* isolates from Colombian coffee growing regions based on molecular data and pathogenicity. *Journal of Phytopathology* 151: 395-405.
- MATA, S. N. 1991. Métodos de inoculacion de *Ceratocystis fimbriata* e Evaluacion de Resistencia en Cacao. (Agronomy Graduation Thesis). Universidade de Costa Rica, Turrialba. 85p.
- MCKINNEY, H.H. 1923. Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. *Journal of Agricultural Research* 26: 195-217.
- MICHEREFF, S. J. et al. 2006. Development and validation of a diagrammatic key for *Cercospora* leaf spot of sweet pepper. *Summa Phytopathologica* 32: 260-266.
- MICHEREFF, S. J. et al. 1998. Escala diagramática e tamanho de amostras para avaliação da severidade da mancha parda da mandioca (*Cercosporidium henningsii*). *Agrotrópica*, Itabuna, v. 10, p. 143-148.
- MICHEREFF, S. J.; MAFFIA, L. A.; NORONHA, M. A. 2000. Escala diagramática para avaliação da severidade da queima das folhas do inhame. *Fitopatologia Brasileira* 25: 612-619.
- NUTTER, F. W. Jr.; SCHULTZ, P. M. 1995. Improving the accuracy and precision of disease assessments: selection of methods and use of computer-aided training programs. *Canadian Journal of Plant Pathology* 17: 174-184.
- NUTTER, F. W. Jr. 1989. Disease Pro: A computer program for evaluating and improving a person ability to assess disease proportion. *Phytopathology*. 79:1135. (Abstract).
- OLIVEIRA, B. F. et al. 2009. Identificação de fontes de resistência a *Ceratocystis cacaofunesta* em mudas de cacauero. *Agrotrópica* 21:83-88.
- OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. 2005. Murcha-de-*Ceratocystis*. In: *Identificação e manejo das principais doenças do cacauero no Brasil*. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC/SEFIT. pp. 55-63.
- OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. 2012. Principais doenças do cacauero e seu manejo. In: Valle, R. R. (Org.). *Ciência, tecnologia e manejo do cacauero*. 2ed. Brasília - DF, MAPA/CEPLAC. pp. 187-275.
- PASCHOLATI, S. F. LEITE, B.; STANGARLIN, J. R. 2008. Interação planta-patógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular. v.1. Piracicaba, SP, FEALQ. 627p.
- PEREIRA, J. L. et al. 1989. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora

- de cacau do Brasil. *Agrotrópica* 1:79-81.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RAM, A.; VALLE, R. R. M.; FREITAS, D. B. 2004. Controle de cancro ou murcha de *Ceratocystis* do cacaueiro na Bahia, Brasil. *Agrotrópica* 16: 111-114.
- RIBEIRO, I. J. A. 1997. Doenças da mangueira. In: KIMATI, H. et al. (Eds.). Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo, SP. Agronômica Ceres 2:511-524.
- RIOS, J. A.; DEBONA, D.; DUARTE, H. S. S.; RODRIGUES, F. A. 2013. Development and validation of a standard area diagram set to assess blast severity on wheat leaves. *European Journal of Plant Pathology* 136: 603-311.
- SANCHES, C. L. G. et al. 2008. Assessment of resistance to *Ceratocystis cacaofunesta* in cacao genotypes. *European Journal of Plant Pathology* 122:517-528.
- SANTOS, E. et al. 2021. Selection of cacao trees resistant to *Ceratocystis* wilt by inoculation in leaf discs and field. *Tropical Plant Pathology* 46: 536-544.
- SILVA, S. D. V. M. et al. 2010. Avaliação de clones de cacaueiros selecionados no sul da Bahia para resistência a *Ceratocystis cacaofunesta*. *Agrotrópica* 22: 165-170.
- SILVA, S. D. V. M. et al. 2012. Resistência de progênies de cacaueiro à murcha-de-*Ceratocystis*. *Tropical Plant Pathology* 37(3): 191-195.
- SILVA, S. D. V. M. et al. 2013. Seleção de clones de cacaueiros resistentes à murcha-de-*Ceratocystis* em condições de campo. *Agrotrópica* 25:163- 170.
- SILVA, S. D. V. M.; PAIM, M. C.; CASTRO, W. M. 2004. Cacau “Jaca” resistente a *Ceratocystis fimbriata* na região cacaueira da Bahia, Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 29(5): 538-540.
- SILVA, S. D. V. M.; LUZ, E. D. M. N. 2000. *Ceratocystis fimbriata* em cacaueiros das variedades cultivadas na Bahia. *Fitopatologia Brasileira* 25 (Supl.): 424.
- SORIA, J. V.; SALAZAR, G. 1965. Pruebas preliminares de resitência a *Ceratocystis fimbriata* em clones e híbridos de cacau. Turrialba: Revista Interamericana de Ciências Agrícolas 15(4): 290-295.
- TOMERLIN, J. R.; HOWELL, T. A. 1988. DISTRAIN: a computer program for training people to estimate disease severity on cereal leaves. *Plant Disease* 72:455-459.
- WOOD, G. A. R.; LASS, R. A. 1985. Cocoa. 4 ed. London. Longman. 620p.
- YADAV, N. V.; VOS, S. M.; BOCK, C. H.; WOOD, B. W. 2013. Development and validation of standard area diagrams to AID assessment of pecan scab symptoms on fruit. *Plant Pathology* 62(2): 325-335.



## DIVERSIDADE GENÉTICA DA COMPOSIÇÃO E DUREZA DE MANTEIGA DE GENÓTIPOS DE *Theobroma cacao*, HERANÇA E EFEITO DO PÓLEN

**José Luis Pires<sup>1</sup>, Júlio César de Mattos Cascardo<sup>2\*</sup>, Cosme Nascimento<sup>3</sup>, Ruy Delmondes<sup>3</sup>, Ednailza Miranda Carvalho Aboboreira<sup>3</sup>, Smilja Vidmar Lambert<sup>3</sup>, Antonio Figueira<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>CEPLAC, Centro de Pesquisa do Cacau, CP 07, Itabuna, 45600-000, Bahia, Brasil. E-mail: zezoeaga@gmail.com;

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 45650-000, Brasil (*in memoriam*);

<sup>3</sup>Mars Center for Cocoa Studies, Barro Preto, BA, 45630-000, Brasil;

<sup>4</sup>Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil;

A manteiga de cacau é o principal subprodutos comercial obtido a partir das amêndoas de *Theobroma cacao* L. (cacau). Essa relevância deriva do perfil único de ácidos graxos e triacilgliceróis dos lipídios armazenados, que define a sua dureza e a temperatura de fusão. A seleção e o melhoramento para perfis superiores de ácidos graxos e triglicerídeos são importantes para produzir genótipos superiores menos sensíveis às temperaturas mais baixas de cultivo reduzindo a dureza da manteiga de cacau, o que é não desejável no processo industrial de produção de chocolate. No entanto, a relação direta entre o perfil de ácidos graxos e triacilgliceróis como agente para determinar a dureza da manteiga de cacau não foi explorada de forma abrangente, nem o foi a diversidade genética na espécie. Sementes coletadas de 456 acessos da coleção de germoplasma do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Bahia, Brasil, foram analisadas quanto aos perfis de ácidos graxos e triacilgliceróis e quanto à dureza da manteiga de cacau, por 'Differential Scanning Calorimetry' (DSC). As relações entre ácidos graxos e triacilgliceróis e dureza e as diferenças entre grupos de genótipos foram investigadas para esses acessos, juntamente com a capacidade geral de combinação para dureza de manteiga de cacau para alguns deles. Usando cruzamentos em dialelo completo, o efeito do pólen (xenia) também foi investigado para a dureza da manteiga de cacau e a composição de ácidos graxos e triacilgliceróis. Diferenças entre os grupos de acesso foram determinadas. Os níveis relativos dos ácidos esteárico (S; C18:0), oleico (O; C18:1) e linoléico (L; C18:2) e dos triacilgliceróis SOS, SOO e PLO foram os componentes mais importantes para a determinação da dureza da manteiga de cacau. Para dureza, foi constatada uma forte associação entre médias de acessos parentais per se e médias das progênies. O efeito do pólen deve ser considerado na avaliação de genótipos quanto às características da manteiga de cacau. Os descendentes do clone Scavina 6 mostram dureza inferior à média geral da coleção avaliada, sendo que a maior parte das variedades atualmente indicadas para cultivo comercial na Bahia são descendentes deste clone.

**Palavras-chave:** Chocolate, calorimetria diferencial de varredura, lipídeo, triglicerídeos.

**Genetic diversity of butter composition and hardness of *Theobroma cacao* genotypes, inheritance and pollen effect.** Cocoa butter is the primary commercial product derived from the seeds of *Theobroma cacao* L. (cacau). Its importance lies in the unique fatty acid and triacylglycerol profiles of cacao storage lipids, which determine cocoa butter's hardness and melting temperature. Selection and breeding for superior fatty acid and triacylglycerol profiles are critical to developing genotypes that are less sensitive to cooler growing temperatures, which can reduce cocoa butter hardness—an undesirable trait in industrial chocolate production. However, the direct relationship between fatty acid and triacylglycerol profiles as proxies for determining cocoa butter hardness has not been fully explored, nor has the genetic diversity within the species. In this study, seeds from 456 accessions of the germplasm collection at the Cacao Research Center (CEPEC) in Bahia, Brazil, were analyzed for fatty acid and triacylglycerol profiles, as well as cocoa butter hardness using differential scanning calorimetry (DSC). The relationships between fatty acid and triacylglycerol composition and hardness, along with differences among genotype groups, were investigated. Additionally, the general



combining ability for cocoa butter hardness was assessed for selected genotypes. Using a complete diallel cross, the effect of pollen (xenia) on cocoa butter hardness and the fatty acid and triacylglycerol composition was also evaluated. Significant differences between accession groups were identified. The relative levels of stearic acid (S; C18:0), oleic acid (O; C18:1), linoleic acid (L; C18:2), and the triacylglycerols SOS, SOO, and PLO emerged as key factors influencing cocoa butter hardness. A strong correlation was observed between the characteristics of parental accessions and the mean hardness of their progeny. The pollen effect was found to be an important consideration when evaluating genotypes for cocoa butter traits. Notably, the descendants of the Scavina 6 clone exhibited lower hardness compared to the overall average of the evaluated collection, as most cacao varieties currently recommended for commercial cultivation in Bahia are derived from this clone.

**Key words:** Chocolate, differential scanning calorimetry, lipid, triglycerides.

## Introdução

A manteiga de cacau é o principal produto comercial obtido a partir de sementes de *Theobroma cacao* L. (cacau). No entanto, devido ao uso de sólidos de cacau para a produção de chocolate e confeitaria, o cultivo geralmente não é considerado como de semente oleaginosa. Amêndoas de cacau não fermentadas contêm em média 53% de gordura (Pires et al., 1998; Khan et al., 2008). Como lipídio de armazenamento, a manteiga de cacau é composta por cerca de 97% de triacilgliceróis, mas seu perfil de ácidos graxos difere completamente de outros óleos e gorduras comerciais, consistindo principalmente de ácido palmítico (16:0; P), esteárico (18:0; S) e oleico (18:2D9,12; L), em partes equivalentes, mais uma pequena proporção de ácido linoléico (Gunstone et al., 1994; Carpenter et al., 1994; Escrive et al., 2002). Os triacilgliceróis POS, SOS e POP representam mais de 75% dos triacilgliceróis da manteiga de cacau (Gunstone et al., 1994; Carpenter et al., 1994). E as propriedades físico-químicas únicas da manteiga de cacau derivam do incomum alto teor de estearato (Harwood, 1996). A manteiga de cacau é uma gordura sólida à temperatura ambiente, com ponto de fusão próximo à temperatura do corpo humano. O perfil de fusão de uma manteiga de cacau específica é determinado pelo comprimento da cadeia dos ácidos graxos, grau de dessaturação e posicionamento na estrutura do glicerol (Dimick, 1991).

Temperaturas mais baixas causam um aumento da dessaturação de ácidos graxos nos lipídios da membrana, para manter o grau de fluidez (Slabas e Fawcett, 1992), e nos lipídios de armazenamento das sementes, para equilibrar a quantidade total de energia armazenada e a taxa de produção de energia durante

a germinação (Linder, 2000). O cacaueiro é tipicamente tropical sendo cultivado principalmente dentro de 5° N-S ao redor do Equador, e é uma espécie altamente sensível a baixas temperaturas (Wood e Lass, 2001). No entanto, algumas regiões produtoras estão localizadas em latitudes mais elevadas e são propensas a invernos mais frios; além disso, as alterações climáticas em curso também poderão levar o cultivo do cacaueiro a áreas marginais com temperaturas sazonais mais baixas. Por exemplo, a região produtora de cacau no sul da Bahia, Brasil, está localizada em torno de 15°S, tendo temperaturas medianamente baixas durante o inverno, quando as sementes estão se desenvolvendo para o período principal de colheita (Wood e Lass, 2001). Temperaturas baixas aumentam a dessaturação, com maiores teores de ácidos oleico e linoléico, amolecendo a manteiga de cacau nas amêndoas colhidas durante parte da safra principal (agosto a outubro) na Bahia (Berbert e Alvim, 1972; Berbert, 1976; Lehrian et al., 1980). A manteiga de cacau mais macia pode ser inadequada para certos usos (McHenry e Fritz, 1987), e apresenta maior proporção de POO e SOO, com níveis de SOS mais baixos do que aquelas originadas no Sudeste Asiático e na África Ocidental (Chaiseiri e Dimick, 1989; 1995a). O SOS parece estar fortemente correlacionado com a rápida nucleação dos cristais de sementes durante a cristalização da manteiga de cacau e com a dureza final (Chaisieri e Dimick, 1995b).

Durante a maior parte da história do cultivo do cacaueiro, desde a domesticação, as amêndoas foram utilizadas apenas para preparar bebida (Coe e Coe, 1996) e, conseqüentemente, a dureza não foi fator importante. No entanto, o desenvolvimento da barra de chocolate sólida em meados do século XIX tornou

a manteiga de cacau um componente crítico, responsável pelas propriedades físicas do chocolate (Dimick, 1991). O melhoramento genético do cacauero, em moldes científicos, começou no final da década de 1920 em vários países, mas concentrado principalmente na produtividade de amêndoas secas e na resistência a doenças, com pouca ou nenhuma ênfase na qualidade das sementes (Kennedy et al., 1987; Khan et al., 2008). Determinações abrangentes do teor de gordura das sementes de cacau começaram apenas no final das décadas de 1990 e 2000 (Pires et al., 1998; Khan et al., 2008); e pouca atenção foi dada à qualidade da manteiga de cacau.

A falta de seleção direta para a composição da manteiga de cacau sugere que ainda pode existir variabilidade significativa, a menos que haja associações importantes entre a composição da gordura e outros caracteres sob seleção. Mustiga et al. (2019) investigaram uma população segregante para conteúdo de gordura e perfil de ácidos graxos, para identificar loci de características quantitativas (QTLs), e o efeito ambiental sobre esses caracteres. Foi observada uma forte associação negativa entre temperatura e a proporção dos ácidos oleico e linoléico, enquanto uma forte associação linear positiva foi encontrada entre a temperatura e os ácidos palmítico e esteárico (Mustiga et al., 2019).

Assim, os objetivos deste trabalho foram caracterizar a diversidade disponível para ácidos graxos, composição de triacilgliceróis e dureza de manteiga de amêndoas de cacau, em uma expressiva amostra de genótipos de uma importante coleção de germoplasma de cacau na Bahia, Brasil; identificar as diferenças entre grupos de acessos; estudar a associação entre os valores dos genótipos *per se* e sua capacidade geral de combinação como genitor para as características de gordura; e investigar o efeito do pólen na composição de ácidos graxos e triacilgliceróis e na dureza da manteiga de cacau. Isto sob as hipóteses de ocorrência destes fatores.

A identificação de potenciais determinantes da dureza da manteiga de cacau foi pesquisada entre triacilgliceróis e ácidos graxos para facilitar a seleção de genótipos desejáveis e para auxiliar na identificação dos genes e reguladores mais relevantes para determinar a qualidade da manteiga de cacau. A avaliação da diversidade genética disponível e da

herdabilidade visaram a análise da viabilidade do melhoramento genético para a dureza da manteiga, e o estudo dos efeitos do pólen tiveram como objetivo a análise da necessidade de polinizações controladas para a seleção de genótipos com melhores características de manteiga.

## Materiais e Métodos

### Material

Quatrocentos e cinquenta e seis genótipos, representantes de várias origens (Tabela 1) e previamente analisados quanto ao teor de gordura, em Pires et al., 1998, foram avaliados quanto à dureza da

Tabela 1 - Grupos considerados nas análises (ordenados pela média dureza)

Código	Séries
SPA	SPA
NA	Na
VE	Genótipos da Venezuela - Chuao, Choroní, PQTO, Playa Alta
IMC	IMC
CJ	CJ
PA	Pa
SC	SC
CFF	CEPEC - Híbridos Forastero x Forastero
POU	Pound
OC	Ocunary
CC	CC
CSU	Cruzeiro do Sul
CA	Ca
RIM	RIM
UF	UF
ICS	ICS
BAH	Seleções em variedades da Bahia e E. Santo - SIC, SIAL, EEG, CEPEC
CTF	CEPEC - híbridos Trinitário x Forastero
CAS	CAS
PAR	Genótipos do Estado do Pará, Brasil, - Mocorongo, Ob, CAB
SGU	SGu
MA	Ma
SDE	Genótipos descendentes do clone Scavina 6
CHC	CEPEC - Híbridos de Criollo
RB	RB
BE	Be
P	P
SCA	Scavina

manteiga de cacau e composição de ácidos graxos e triacilgliceróis. A variabilidade da dureza da manteiga de cacau, expressa em unidades DSC, representando o percentual de gordura sólida a 16°C, não havia, ainda, sido relatada para genótipos específicos de cacau, mas apenas para amostras comerciais de diversas origens (Chaisieri e Dimick, 1989). Todos os frutos considerados, obtidos em maior número possível, foram colhidos em um curto espaço de tempo, durante o mês de novembro, em até 10 plantas de cada um dos 456 acessos estudados da Coleção de Germoplasma do Centro de Pesquisa do Cacau, em Ilhéus, BA (CEPEC/CEPLAC). Frutos colhidos entre agosto e outubro apresentam a máxima proporção de ácidos graxos insaturados (Berbert, 1976; Berbert and Alvim, 1972), mas o efeito de baixas temperaturas na insaturação também pode ser detectado em frutos colhidos em novembro (Berbert, 1976), quando a disponibilidade destes é maior, por ser este período, normalmente, parte do pico da safra. Foram, também, obtidas amostras de sementes em duas das repetições em campo de ensaios de avaliação de progênies híbridas conduzidos no CEPEC, denominados 40, 41 e 42, que são constituídos, conjuntamente, pelos cruzamentos entre as mães AB 1, Be 2, Be 3, Be 4 e Be 5, Ca 2, Ma 12 e Ma 14, RB 40 e RB 48 e os pais ICS 1, ICS 8, SIAL 325 e SIC 19, e as testemunhas SIC864 x ICS1 e SIC19 x ICS1 presentes nos três ensaios.

Foram, ainda, obtidas amostras de sementes de polinização controlada na forma de um dialelo completo (incluindo recíprocos) entre genótipos de elevado (Cruzeiro do Sul 7, Pa 17 e CAS 1) e baixo teor de gordura (SIC 4, CC 39, ICS 9) (Pires et al., 1998).

### **Preparação das amostras de semente**

Todas as amostras de sementes, nos três processos descritos, foram coletadas em um curto período de tempo, para evitar grandes diferenças ambientais no desenvolvimento dos frutos. Foram coletadas sementes de um grande número de frutos de cada tratamento, que foram misturadas para a extração de cada amostra. As sementes foram despulpadas mecanicamente e secas artificialmente em estufa a 60°C e armazenadas até serem analisadas. A extração de gordura foi realizada conforme descrito em Pires et al. (1998).

### **Cromatografia gasosa de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME)**

FAMEs foram preparados por transmetilação catalisada por álcali (Helrichs, 1990). Amostras de FAME de 0,5 ml (em relação 60:1) foram separadas em uma coluna capilar de sílica fundida de 30 m x 0,25 mm i.d. SP2340 (Supelco Co.; Bellefonte, PA, EUA), a 90°C por 3 min, seguido de elevação de 5°C min<sup>-1</sup> até 210°C, e mantido por 10 min, em cromatógrafo gasoso Hewlett-Packard 5890 (Palo Alto, CA, EUA). A temperatura do injetor e do detector de ionização de chama foi ajustada em 220°C. Hélio foi utilizado como gás de arraste, na velocidade linear de 30 cm s<sup>-1</sup>.

### **Cromatografia gasosa de derivados de éter triacilglicerol-trimetilsilílico**

Amostras de manteiga de cacau (10 mg) contendo os triacilgliceróis e padrões internos [ácido mirístico; 1-monomiristoil-glicerol; 1,3 dimiristina (Sigma Chemical Co.; Saint Louis, MO, EUA); e trimiristina (Supelco)] foram submetidos à derivatização de trimetilsilil pela adição de 125 µl de piridina seca, seguida por um volume igual de N,O-bis-(trimetilsilil) trifluoroacetamida (BSTFA) com 1% de trimetilclorossilano (TMCS) [Supelco] (Carpenter e outros, 1994). Os derivados de triacilglicerol-éter trimetilsilílico foram separados numa coluna capilar de sílica fundida de 15 m x 0,25 mm d.i. revestida de poliimida de alta temperatura (65% metilfenil silicone) da Quadrex Corp. (New Haven, CT, EUA), programada para permanecer a 150°C por 3 min, seguido de aumentos de 10°C min<sup>-1</sup> até 320°C, e, então, de 5°C min<sup>-1</sup> até 360°C, por 7 min, em cromatógrafo gasoso HP 5890, conforme Geerart e Sandra (1987). A temperatura do injetor e do detector de ionização de chama foram ajustadas para 370° e 380°C, respectivamente. Hélio foi utilizado como gás de arraste, na velocidade linear de 20 cm s<sup>-1</sup>. Injeções de 1 µl foram divididas em 90:1. A quantificação foi realizada pela técnica do padrão interno e a identificação dos picos foi baseada em Geerart e Sandra (1987).

### **Dureza da manteiga de cacau**

Todas as amostras foram analisadas em calorímetro diferencial de varredura DSC-7, da Perkin-Elmer (Norwalk, CT, EUA). Amostras de cerca de 3 mg de manteiga de cacau, fundidas a 60°C, foram re-

fundidas no detector, e, em seguida, submetidas a ciclos de endurecimento de acordo com os padrões de fabricação (têmpera). A análise foi obtida pelo aquecimento da amostra de  $-6^{\circ}\text{C}$  a  $45^{\circ}\text{C}$  a uma taxa de  $5^{\circ}\text{C min}^{-1}$ . As unidades DSC representam a fração de manteiga de cacau sólida a  $16^{\circ}\text{C}$ .

### Analises Estatísticas

Para o estudo da associação entre dureza de gordura e proporções de ácidos graxos e triacilgliceróis, foram conduzidas, para estas variáveis, Análises de Correlações (SAS Institute, 1988) e Análises de Trilha (Cruz, 1997). Para o estudo das distinções entre grupos de genótipo de origens distintas, foram considerados os valores de DSC e proporções dos ácidos graxos e triacilgliceróis mais importantes na determinação do DSC, e utilizadas as metodologias: Análise de Variância Univariada e Multivariada, Análise de Variáveis Canônicas (SAS Institute, 1988) e Agrupamento pela metodologia de Tocher (CRUZ, 1997). Análises dos cruzamentos em dialelo, para a determinação de efeitos do pólen, foram conduzidas tendo como fontes de variação as mães e os pais, e seguiram procedimentos univariados e multivariados (SAS Institute, 1988). A avaliação das relações entre o desempenho “per se” de clones e sua capacidade geral de combinação foi conduzida pela análise das correlações entre médias de alguns clones, conforme a avaliação de germoplasma, e as médias destes clones como progenitores em ensaios de avaliação de progênies híbridas, estas últimas obtidas em Análise de Variância Univariada para DSC (SAS Institute, 1988).

## Resultados e Discussão

### Associação entre dureza e proporções de ácidos graxos

Foram constatadas correlações significativas, a 1% de probabilidade de erro, da dureza (DSC) com os ácidos graxos, 18:0, 18:1, 18:2, 18:3, 20:1, 22:0, 24:0, e a 5% de probabilidade de erro com o 14:0, sendo os maiores valores observados para os ácidos esteárico (18:0), oleico (18:1) e linoléico (18:2), todos, porém inferiores a 0,51 (respectivamente 0,40; -0,51 e -0,45). No entanto, as associações são maiores quando considerando apenas os genótipos extremos (25 maiores e 25 menores valores de DSC). Neste caso,

os três ácidos graxos mostram correlações superiores a 65% (respectivamente 0,70; -0,78 e -0,66) o que indica que seu auxílio na seleção para DSC não deve ser negligenciado. A correlação entre a composição de ácidos graxos e a dureza da manteiga de cacau corroborou o efeito negativo há muito estabelecido dos ácidos graxos não saturados oleato (18:1) e linolato (18:2), e o efeito positivo do teor de estearato (18:0) na dureza da manteiga de cacau. Níveis aumentados de estearato são benéficos para a dureza da manteiga de cacau (Chaisieri e Dimick, 1995a).

Considerando-se os ácidos graxos com correlações significativas (a até 5% de probabilidade) com DSC como variáveis explicativas e DSC como variável básica em uma análise de trilha, apenas os ácidos graxos 18:0 (estearato), 18:1 (oleato) e 18:2 (linolato) mostraram efeitos diretos superiores a 20% e os efeitos indiretos mais importantes para 18:0 foram via 18:1 e 18:2, para o 18:1 via 18:0 e 18:2 e para o 18:2 via 18:0 e 18:1 o que comprova serem estes três os mais importantes na determinação do DSC. Ainda, o ácido graxo 20:1 (Gadoléico), quarta maior correlação total, apresenta maior parte desta correlação determinada pelos efeitos indiretos de 18:0; 18:1; 18:2. Também os demais possuem estes ácidos graxos determinando grande parte de sua correlação com DSC, por meio de efeitos indiretos (dados não apresentados). O coeficiente de determinação da análise foi de 0,47 e o diagnóstico indicou colinearidade fraca (Cruz 1997), o que indica ausência de limitações na condução da análise de trilha.

Quando considerados todos os ácidos graxos, a colinearidade é severa, com um autovalor da matriz de correlações e o determinante desta próximos de zero (0,001951 e 0,000073, respectivamente) o que torna os resultados dependentes da inversa comum desta matriz imprecisos. Neste caso, a análise de trilha foi conduzida efetuando-se previamente a soma de uma constante aos elementos da diagonal da matriz de correlações (Cruz 1997), e esta análise não mostrou, para os ácidos graxos não considerados na análise anterior, efeitos diretos merecedores de atenção (todos os valores foram inferiores a 0,03).

Confirma-se, então o efeito negativo dos ácidos graxos insaturados oleico e linoléico na determinação da dureza e o efeito favorável do esteárico.



### Diferenças entre grupos de acessos para dureza e ácidos graxos

Definidos os ácidos graxos mais importantes na determinação da dureza, estes, juntos ao DSC, foram usados para analisar as diferenças entre séries ou grupos de genótipos de origem relacionada (códigos e grupos descritos no Quadro 1 para simplificar a visualização gráfica foram agrupadas algumas séries, de origem comum, e para a consideração de um mínimo de três genótipos por grupo, algumas series de genótipos foram desconsideradas).

Considerando individualmente os 456 genótipos, foram observadas variações da ordem de 41,6 % (SPEC 54-2) a 91,0 % (acesso SPA 12 S<sub>1</sub>) e média de 74,2 % para a fração de gordura sólida a 16°C, DSC; de 23,5 (SE 1) a 38,2 (Pa 88) e média de 32,8% para a proporção do 18:0; de 31,9 (CEPEC 521) a 39,1 (TSA 656) e média de 35,4% para o 18:1; e de 2,0 (OC 67) a 5,3 (SIC 813) e média de 3,5% para 18:2.

Por sua vez, considerando os grupos, há diferenças significativas entre médias para DSC, ao nível de 0,08 % de probabilidade de erro para esta hipótese, e diferenças ao nível de erro de 0,01% para 18:0, 18:1 e 18:2, pelo teste de F em análises de variância univariadas; DSC e 18:1 tiveram distribuição não distinta da normal e as distribuições dos ácidos graxos 18:0 e 18:2 diferiram significativamente da normal, a 1%, mas foram bastante aproximadas desta - pela ordem: W = 0,978; 0,987; 0,969 e 0,973 - Shapiro-Wilk. A análise multivariada, contemplando os quatro

caracteres, mostrou diferenças significativas entre grupos ao nível de 0,01% de probabilidade de erro para esta afirmação pelos testes de Wilks.

As três primeiras variáveis canônicas acumularam 95,55% do total de variação das quatro variáveis originais, respectivamente 44,22; 35,10 e 16,23%, e foram significativas a 0,01%, valores que podem ser considerados muito satisfatórios para a interpretação gráfica (Figura 1). Ainda, para facilitar esta interpretação, também foi utilizada a metodologia de agrupamento não hierárquico de Tocher (Cruz e Regazzi, 1997) a partir da matriz de distâncias de Mahalanobis (agrupamentos ilustrados na Figura 1).

Na situação em que todas as séries listadas são incluídas, a visualização dos agrupamentos na figura não é muito adequada e a análise de agrupamento forma apenas quatro grupos: um grupo incluindo somente a série Scavina, outro apenas a série RB, outro apenas a Pound, e um quarto todas as demais. A série Scavina que, embora com apenas dois representantes, foi incluída na análise pela sua importância no melhoramento, notadamente como fonte de resistência a doença vassoura-de-bruxa, tem, junto com a RB, as menores médias de 18:0 e valores acima da média geral para 18:1 e 18:2, o que condiz com sua reduzida dureza (Tabela 2). Seus descendentes (SDE) embora apresentem incrementos favoráveis para as quatro variáveis, ainda mostram dureza inferior à média geral. A série RB tem valores mais reduzidos de 18:1 e 18:2, em relação aos Scavinas, o que é coerente com o DSC

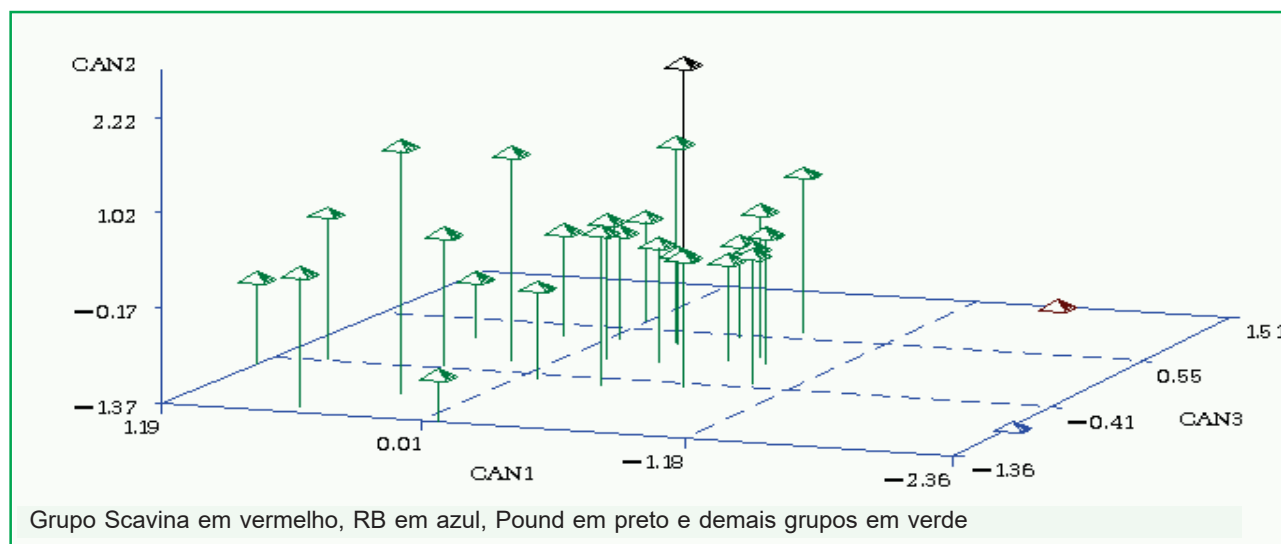


Figura 1. Dispersão gráfica de grupos de genótipos conforme Variáveis Canônicas para DSC e Ácidos Graxos.

Tabela 2- Médias de séries para DSC, para os ácidos graxos esteárico (18:0), oléico (18:1) e linoléico (18:2), em %, e valores das três primeiras variáveis canônicas, para a análise com a exclusão dos grupos extremos SCA e RB (variáveis canônicas relativas à Figura 2) (ordenado pelo DSC)

GRUPO	CAN1	CAN2	CAN3	DSC	18:0	18:1	18:2
SPA	-1,04	1,71	-0,09	80,63	34,39	33,31	3,45
NA	0,19	1,17	-0,79	80,58	34,27	34,39	3,05
VE	-0,76	-0,14	-0,79	80,37	31,93	35,00	3,45
IMC	-0,86	0,94	0,23	80,15	33,73	34,25	3,62
CJ	-0,74	0,31	-0,56	79,57	32,63	34,63	3,45
PA	0,99	0,78	-0,16	78,70	34,69	35,42	3,13
SC	0,04	0,56	-0,11	78,20	33,73	35,01	3,38
CFF	0,28	1,03	0,21	77,51	34,65	34,81	3,36
POU	-1,84	0,86	0,93	76,96	33,24	33,80	4,05
OC	0,52	0,11	-1,52	76,88	32,81	35,23	2,91
CC	-0,92	-0,36	-0,71	76,43	31,57	34,98	3,54
CSU	-0,47	-0,61	-0,39	76,29	31,75	35,62	3,58
CA	-1,10	-0,48	0,37	75,46	31,82	35,31	3,92
RIM	-0,44	-0,22	-0,24	74,82	32,33	35,26	3,56
UF	-0,85	-0,47	-0,30	74,23	31,68	35,20	3,66
ICS	-0,46	0,10	-0,03	74,15	32,82	35,00	3,58
BAH	0,78	-0,22	0,13	73,66	33,42	36,15	3,41
CTF	0,08	0,01	-0,54	73,21	32,85	35,23	3,32
CAS	0,09	-0,12	0,31	73,15	33,13	35,65	3,60
PAR	-0,14	-0,57	-0,02	73,07	32,21	35,81	3,61
SGU	-0,09	-0,28	0,22	72,78	32,74	35,63	3,63
MA	-1,14	0,32	0,56	72,48	32,88	34,49	3,87
SDE	-0,05	-0,45	0,55	71,73	32,72	35,90	3,75
CHC	-0,50	-0,68	-0,12	70,81	31,76	35,56	3,67
RB	.	.	.	70,76	28,95	35,99	3,27
BE	-0,32	-0,76	0,13	70,64	31,92	35,84	3,72
MEX	-0,93	-0,32	0,04	68,55	31,96	34,91	3,76
SCA	.	.	.	64,95	29,54	37,52	3,97

um pouco superior. A série Pound (POU) destaca-se pela elevada média de 18:2, que parece ser compensada pelo baixo 18:1, resultando em DSC elevado.

Para facilitar o estudo, as análises foram refeitas excluindo-se os grupos mais extremos: Scavina e RB. Nesta situação, as análises univariadas continuaram mostrando diferenças significativas entre grupos (a 0,26%, para DSC, e 0,01%, para as demais, de probabilidade de erro para a afirmação de diferenças), assim como a análise multivariada (0,01% de probabilidade de erro). As três primeiras variáveis canônicas acumularam 94,23% da variação total (respectivamente, 50,87; 28,86 e 14,54; e novamente as três foram significativas, a 1%) e o agrupamento por Tocher resultou em 9 grupos. Neste método, a definição dos grupos, para os quais as distâncias

dentro são menores que as entre grupos, tem o incremento na média das distâncias dentro do grupo como fator de aceitação ou não do novo componente e o valor de corte é a maior distância entre as menores distâncias para cada grupo. Há, portanto, efeito dos componentes analisados na definição do número de grupos (Figura 2).

Os 10 grupos preliminares com maior DSC distinguiram-se dos demais, constituindo 5 agrupamentos distintos. Além do grupo composto exclusivamente pelos Pounds, já discutidos, formaram-se os agrupamentos CJ e materiais venezuelanos (VE); SPA e IMC; CEPECs do tipo Forastero x Forastero, SC, Pa e Na ; e Ocumare. Houve agrupamentos de materiais de origem e tipos totalmente distintos, como, por exemplo, CJ, tipo

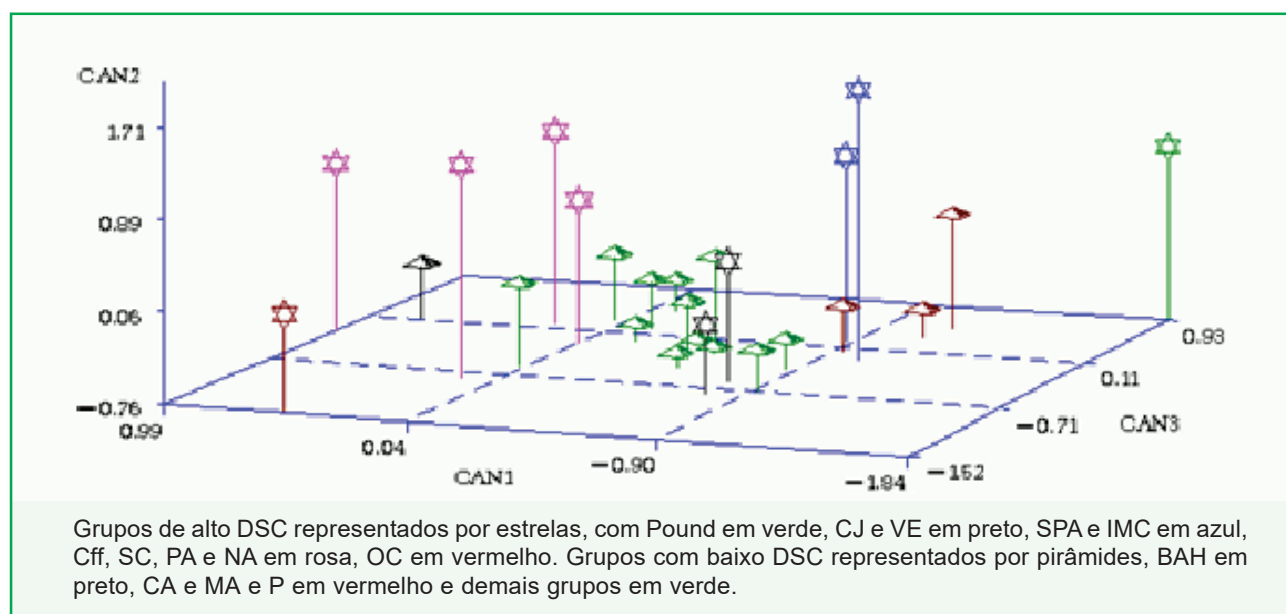


Figura 2 - Dispersão gráfica de grupos de genótipos conforme Variáveis Canônicas para DSC e Ácidos Graxos.

Forastero da Amazônia brasileira e genótipos do tipo Criollo da Venezuela. Não há, então, uma tendência geral conforme origem ou tipo, sendo que materiais predominantemente do tipo Criollo, como os venezuelanos, Ocumare (também da Venezuela), RIM, P ou Trinitários como ICS são intercalados na sequência de valores de DSC por materiais Forastero.

Os membros do grupo CJ e Venezuelanos (5º e 3º na ordem DSC) possuem 18:0 abaixo da média, o que se contrapõe à correlação positiva deste com dureza. No entanto apresentam, também, 18:1 e 18:2 abaixo da média, fatores que podem estar equilibrando o baixo 18:0. O grupo SPA e IMC, 1º e 4º na ordem de DSC, caracterizam-se pelo 18:0 acima da média, 18:1 abaixo e 18:2 em torno da média. Pode, então, ser promissora a seleção dentro de progênies segregantes do cruzamento destes com os anteriores ou com materiais da série Ocumare, que se destaca pelo reduzido nível de 18:2, e tem os outros ácidos graxos em níveis próximos à média geral. Também o grupo Na, Pa, SC e CEPEC dos tipos Forastero x Forastero mostra valores de 18:2 inferiores à média, enquanto que seus valores para 18:1 estão em torno da média e para 18:0 acima da média. Tal combinação é coerente com o DSC elevado e, aparentemente, também promissora para cruzamentos com o grupo SPA-IMC.

Entre os agrupamentos que incluem grupos com DSC menores são observados os seguintes: seleções

das variedades locais da Bahia ; Ca; Ma e P e um último que inclui todos os demais. As seleções da Bahia (BAH) apesar do 18:0 acima da média e 18:2 abaixo, tem o maior valor médio de 18:1. A série CA demonstra 18:0 abaixo da média e 18:2 acima e o grupo Ma e P apresenta 18:2 elevado. O agrupamento com os grupos preliminares restantes mostra valores para os três ácidos graxos em torno das médias gerais.

A princípio, os resultados citados podem parecer excessivamente coerentes com o sentido (sinal) das correlações dos três ácidos graxos com DSC, tendo em conta que o coeficiente de determinação da análise de trilha, considerando todos os ácidos com correlação positiva e todos os genótipos, foi baixo: 0,47 (0,44 considerando apenas 18:0, 18:1 e 18:2). No entanto, usando-se as médias dos grupos pré-determinados, o coeficiente de determinação chega a 0,70, com apenas os três ácidos graxos 18:0, 18:1 e 18:2, de modo que estes explicam de forma consistente a variação de DSC entre estes grupos.

### Associação entre dureza e proporções de triglicerídeos

As proporções dos triglicerídeos PLP, POS, POO, PLO, SOS, SOO, OOO, SLS, SLO, SOA e AOO mostraram correlações significativas, a 1%, e SSS, a 5% de probabilidade de erro, com o DSC. Considerando estes triglicerídeos, constata-se

colinearidade severa, com a determinante da matriz de correlação próxima de zero (0,00179). Neste caso, novamente, a análise de trilha, foi conduzida efetuando-se previamente a soma de uma constante aos elementos da diagonal da matriz de correlações (CRUZ 1997) e com esta foram observados valores baixos para os efeitos diretos de todas as variáveis. Os maiores valores observados estiveram entre 0,064 e 0,118: triglicerídeos, PLP, POO, PLO, SOS, SOO, SLS, SLO e AOO sendo estes, também, os principais elementos quanto aos efeitos indiretos (efeitos diretos baixos indicam necessidade de inclusão das variáveis importantes em respeito aos efeitos indiretos na seleção conjunta). Ocorre então, a princípio, uma estrutura mais complexa que a observada com os ácidos graxos, para a utilização dos valores de triglicerídeos no auxílio a seleção para dureza. Ainda, o coeficiente de determinação foi baixo: 0,36.

Quando consideradas as médias dos grupos pré-estabelecidos e apenas os oito triglicerídeos, de maiores efeitos diretos na análise anterior, as correlações totais com DSC passam a ser altas, principalmente para POO, PLO, SOO, SLS E AOO (maiores que 0,7 – desconsiderando-se o sinal) e há correlações entre os triglicerídeos, superiores a 0,90 de modo que POO e SLS podem ser descartados como redundantes. Para as variáveis restantes, DSC, PLP, PLO, SOS, SOO, SLO e AOO, há colinearidade fraca e, pela análise de trilha, os seis triglicerídeos, explicam 79,92 % da variação de DSC. O AOO tem efeito direto desprezível e o PLP, apesar de seu efeito direto razoavelmente elevado (0,31) tem este em sentido oposto à correlação total (-0,37) com a maior parte de seus efeitos sendo produzidos via PLO e SOS. Assim, a exclusão de ambos causa redução mínima no coeficiente de determinação (passa a 78,09%). Ainda, a variável SLO tem a maior parte de seus efeitos determinados por PLO e SOS, de modo que sua exclusão também resulta em pouca alteração no coeficiente de determinação (passa a 76,75% - coeficientes de correlação direta de SOS, SOO e PLO: 0,59; -0,78 e -0,76, respectivamente). Assim, foram selecionados os triglicerídeos, SOS, SOO e PLO para o estudo das diferenças entre os grupos pré-definidos, e estes triglicerídeos, mostram correlações elevadas com os ácidos graxos 18:0 (0,91), 18:1 (0,91) e 18:2 (0,78), respectivamente, que

foram usados nas análises anteriores, o que leva a previsão de resultados semelhantes.

### **Diferenças entre grupos de acessos para dureza e proporções de triglicerídeos**

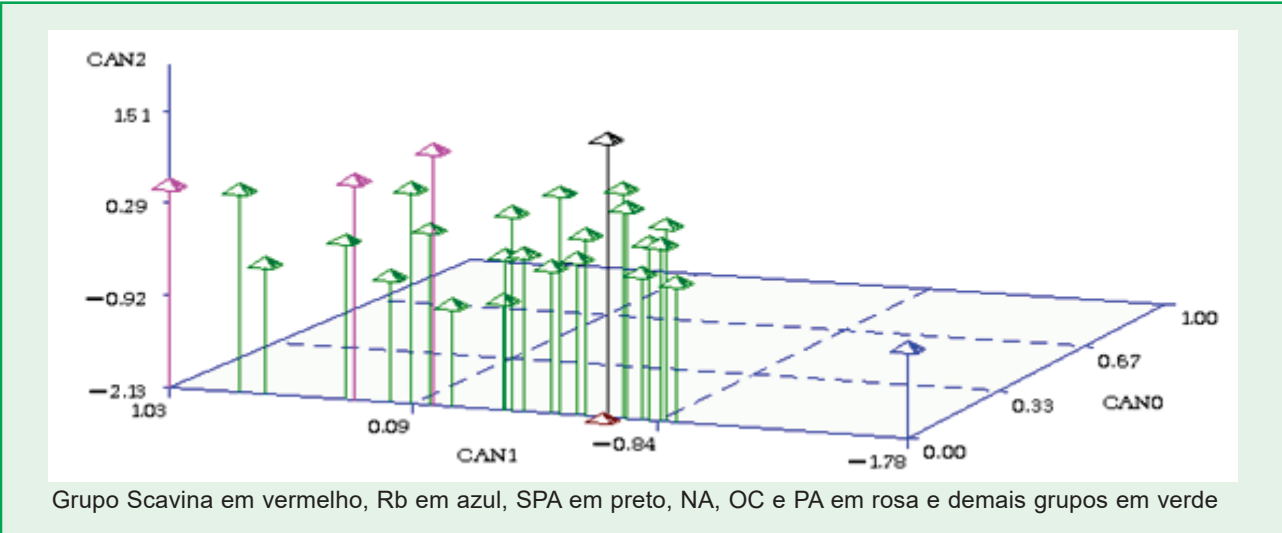
Há diferenças significativas entre médias dos grupos pré selecionados pelo teste F ao nível de 0,01% de probabilidade de erro, para SOO e SOS, e a 0,15%, para PLO, nas análises de variância univariadas. SOO e SOS tiveram distribuição não distinta da normal, a 5% e a distribuição do PLO diferiu significativamente, a 1%, mas sua distribuição foi bastante próxima da normal - pela ordem:  $W = 0,979$ ;  $0,978$ ; e  $0,935$  - Shapiro-Wilk. A análise multivariada contemplando estes três triglicerídeos e o DSC mostrou diferenças significativas entre grupos em nível de 0,01% de probabilidade pelo teste de Wilks. As duas primeiras variáveis canônicas foram as únicas significativas e acumularam 83,22% do total de variação das quatro variáveis originais.

A representação gráfica por estas variáveis canônicas (Figura 3 - foi preservada a mesma estrutura de gráfico, mas agora só duas dimensões são consideradas) destaca, novamente, as séries Scavina e RB, duas das séries com menores DSC, tendo ambas os menores valores para SOS e, ainda, os Scavinas as maiores médias de SOO e PLO, aspectos concordantes com os baixos DSC (Tabela 3).

O agrupamento por Tocher, além destes dois grupos, forma, de modo distinto da análise anterior, um terceiro grupo incluindo apenas a série SPA (maior DSC), com o mais baixo SOO e SOS acima da média, outro com três dentre os 10 grupos preliminares com maiores DSC, Na (2°), Oc (10°) e Pa (6°), destacados pelas menores médias de PLO e médias de SOS entre os maiores valores; e um quinto incluindo todos os demais, sem separação para a série Pound (ocorrida na análise com os ácidos graxos).

Novamente com a exclusão dos grupos mais extremos: Scavina e RB, as análises univariadas continuaram mostrando diferenças significativas entre grupos (a 0,01% para SOO e SOS e a 0,25% para PLO) assim como a análise multivariada (0,01% de probabilidade). As duas primeiras variáveis canônicas, as únicas significativas, acumularam 84,02% da variação total e os grupos considerados são apresentados na Figura 4, de acordo com as





Grupo Scavina em vermelho, Rb em azul, SPA em preto, NA, OC e PA em rosa e demais grupos em verde

Figura 3. Dispersão gráfica de grupos de genótipos conforme Variáveis Canônicas para DSC e Triglicerídeos.

Tabela 3 - Médias de séries para DSC, para os ácidos triglicerídeos, SOO, SOS e PLO, em %, e valores das duas primeiras variáveis canônicas, para a análise com a exclusão dos grupos extremos SCA e RB (variáveis canônicas relativas à figura 4) (ordenado pelo DSC)

GRUPO	CAN1	CAN2	DSC	SOO	SOS	PLO
SPA	-1,31	0,86	80,63	3,65	21,57	0,81
NA	-0,49	1,21	80,58	4,04	22,61	0,54
VE	-0,99	0,18	80,37	4,87	19,86	0,75
IMC	-0,78	0,54	80,15	4,62	21,08	0,72
CJ	-0,94	0,34	79,57	4,65	20,39	0,74
PA	0,69	0,90	78,70	5,71	23,93	0,64
SC	-0,28	0,51	78,20	5,10	22,20	0,80
CFF	0,44	0,79	77,51	5,46	23,40	0,64
POU	-1,09	0,32	76,96	4,31	20,75	0,83
OC	0,00	0,96	76,88	4,60	22,75	0,50
CC	-0,87	-0,08	76,43	5,00	19,65	0,75
CSU	-0,48	-0,19	76,29	5,61	20,00	0,78
CA	-0,35	-0,27	75,46	5,84	20,45	0,88
RIM	-0,69	-0,11	74,82	5,15	20,33	0,85
UF	-0,86	-0,20	74,23	4,99	19,78	0,82
ICS	-0,58	-0,01	74,15	5,13	21,18	0,93
BAH	0,71	-0,18	73,66	6,76	22,14	0,82
CTF	-0,08	0,15	73,21	5,32	21,52	0,71
CAS	0,25	-0,07	73,15	6,07	21,93	0,85
PAR	0,25	-0,64	73,07	6,78	20,19	0,82
SGU	-0,29	-0,37	72,78	5,80	20,60	0,91
MA	-0,66	-0,49	72,48	5,46	19,40	0,82
SDE	0,27	-0,51	71,73	6,56	21,06	0,91
CHC	-0,39	-0,50	70,81	5,66	20,13	0,87
RB	.	.	70,76	5,70	16,75	0,82
BE	-0,03	-0,83	70,64	6,54	19,94	0,93
MEX	-0,83	-0,98	68,55	5,65	19,06	1,06
SCA			64,95	8,39	17,51	1,19

médias para estas variáveis. Os agrupamentos por Tocher são influenciados pela seleção inicial, que no caso foi CJ e Venezuelanos, seguidos pela serie CC, o que dirigiu o processo ao agrupamento entre materiais com maiores e menores DSC situados na parte central direita da figura (não apresentado). Não houve, portanto, uma boa separação entre os grupos preliminares com maiores e menores médias de DSC por este método, e para facilitar a comparação visual entre as figuras representantes da dispersão gráfica entre os grupos pré-definidos, conforme a consideração dos ácidos graxos ou triglicerídeos (Figura 2 e Figura 4), a ilustração dos agrupamentos por Tocher foi omitida na segunda, que preservou a codificação de cores da primeira (notar que a tendência de agrupamento seria bem diferente).

Em ambas as figuras, no entanto, os grupos de menores DSC ocupam a parte inferior e os de maiores DSC ocupam principalmente a parte superior, com o grupo dos venezuelanos e as séries CJ e IMC, com SOS em torno e PLO e SOO abaixo das médias gerais, Pound, com SOO abaixo da média, e SPA em posição oposta a ocupada pelos CEPEC descendentes de cruzamentos Forastero x Forastero e as series Na, SC, Ocumary e Pa, que mostram as 5 maiores médias de SOS. Para os grupos de menores DSC, há também coincidência no posicionamento à direita ou esquerda com

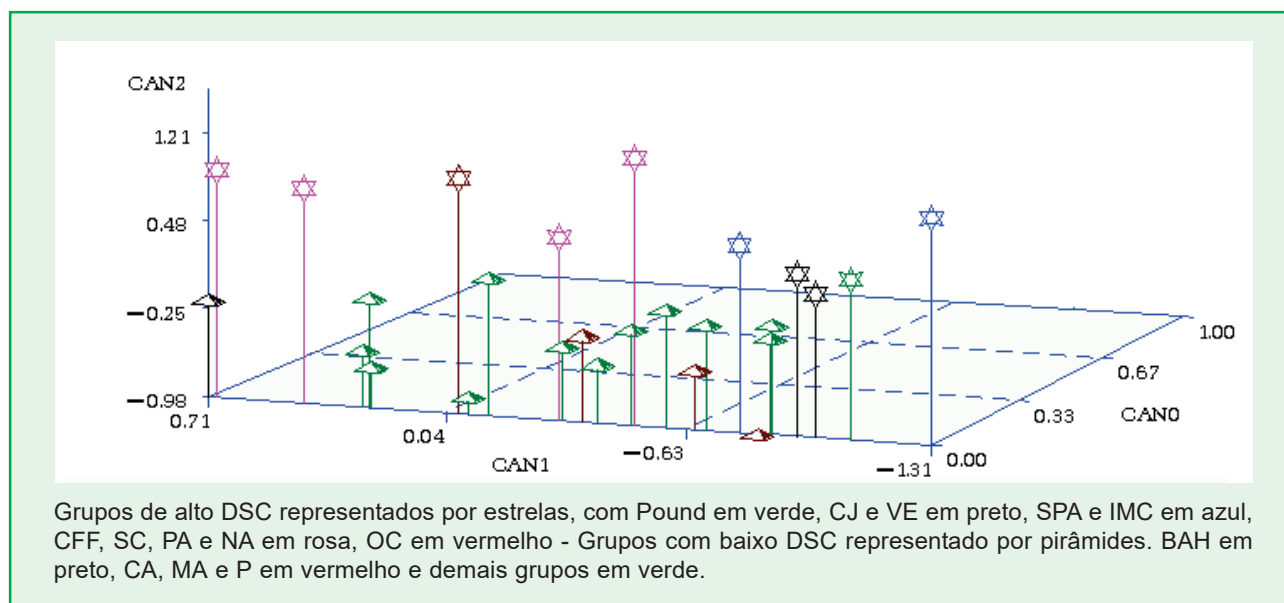


Figura 4. Dispersão gráfica de grupos de genótipos conforme Variáveis Canônicas para DSC e Triglicerídeos.

exceção da série SGU, que troca de posição, e um posicionamento intermediário da série Be. Assim, os triglicerídeos selecionados mostram adequação semelhante à apresentada pelos ácidos graxos na diferenciação entre grupos (podendo ser igualmente úteis se considerados para a seleção simultânea com enfoque na dureza).

### Efeito do pólen na determinação da dureza de gordura

De cada um das combinações de um processo de polinização controlada na forma de um dialelo completo (incluindo recíprocos) entre genótipos de elevado (Cruzeiro do Sul 7, Pa 17 e CAS 1) e baixo teor de gordura (SIC 4, CC 39, ICS 9) (Pires et al. 1998), foi obtida uma única amostra, que foi avaliada em duas repetições. Deste modo, o efeito das combinações específicas é influenciado pelo efeito da amostra e, assim, foram analisados só os efeitos de pai e mãe, com base em um resíduo formado pelas diferenças entre medições de cada amostra inflacionado pela interação pai x mãe.

Tendo-se os ácidos graxos selecionados anteriormente, 18:00 18:1 e 18:2, e a avaliação de dureza, foram constatadas diferenças significativas entre mães, ao nível de 0,01% de probabilidade de erro, para as quatro variáveis, o que mostra, mais uma vez, a possibilidade de seleção para dureza. Já os efeitos paternos, foram constatados como significativos, ao

nível de 0,1% de probabilidade para os três ácidos graxos, mas o nível de distinção entre os materiais avaliados e a precisão experimental alcançada não permitiram a observação de significância nas diferenças para DSC. A ocorrência de efeito paterno para dureza, no entanto, pode ser intuída pela diferença entre os níveis de ácidos graxos e pela relação destes com o DSC, conforme já apresentado.

Considerando as quatro variáveis conjuntamente, foram constatadas diferenças significativas a 0,01% para mãe e para efeito do pólen, pelo teste de Wilks. De todos os contrastes possíveis entre mães, duas a duas, apenas CC 39 e Cruzeiro do Sul 7 não foram significativamente diferentes (CC 39 e SIC 4 diferiram a 3% de probabilidade de erro para esta afirmação e as demais combinações a 0,05% ou menos) (médias ajustadas mães e pais são apresentadas na Tabela 4). O agrupamento das mães mais similares, por Tocher, usando-se a matriz de distâncias Euclidianas das médias de mães ajustadas para efeito de pai distingue os genótipos CAS 1 e SPA 17 entre si e dos demais, que formam um terceiro grupo. Estes dois tem as maiores médias de DSC e de 18:0, SPA 17 tem a menor média de 18:1 e CAS 1 a menor de 18:2, aspectos coerentes com os altos DSC.

Dos contrastes possíveis entre doadores de pólen, as diferenças foram significativas a 5% de probabilidade ou menos, entre todas as combinações,

Tabela 4. Médias de dureza de gordura (DSC) e de ácidos graxos relacionados com a dureza (18:0, 18:1 e 18:2), relativas as mães e fornecedores de pólen, para sementes F1 de um cruzamento em Dialelo

MÃE	DSC	18:0	18:1	18:2	PAI	DSC	18:0	18:1	18:2
CAS1	91,09	37,66	33,09	2,38	CAS1	89,92	36,39	32,71	2,57
CC39	86,93	35,08	33,85	2,57	CC39	88,57	35,85	33,40	2,58
CSUL7	88,52	34,02	33,47	2,51	CSUL7	87,76	33,46	33,68	2,48
ICS9	85,72	31,39	33,35	2,50	ICS9	87,96	34,30	32,90	2,83
SIC4	87,93	36,32	33,17	2,70	SIC4	88,12	36,29	33,51	2,44
SPA17	90,69	37,19	31,93	2,83	SPA17	88,53	35,36	32,66	2,59

a exceção de CAS 1 e CC 39, CAS 1 e SPA 17 e CC 39 e SIC 4 (considerando-se as 4 variáveis conjuntamente). O CAS 1 preservou a posição de maior média numérica de DSC e 18:0, sendo significativamente diferente do Cruzeiro do Sul 7, para DSC (a 1% de probabilidade, na comparação entre médias ajustadas, apesar da análise de variância não ter identificado efeito de pai) e de Cruzeiro do Sul 7 e ICS 9 para 18:0 (1 % de probabilidade), que mostraram os menores valores para esta variável, também como mães. Por outro lado, o CAS 1 não produziu redução na média de 18:2 (cujo baixo valor era sua particularidade como mãe), enquanto que o ICS 9 teve média significativamente superior a todas os demais para este caráter, embora não tivesse destaque como mãe. Este também atuou na redução de 18:1 e, mais expressivamente, na de 18:0. O SPA 17, por sua vez não agiu fortemente na elevação do 18:0 e redução de 18:1, sendo significativamente diferente para estes caracteres apenas do Cruzeiro do Sul 7.

Numa abordagem geral, poder-se-ia inferir que os efeitos de pólen, apesar de complexos e pouco acentuados, devem ser considerados na avaliação de genótipos em respeito à dureza e variáveis relacionadas (a forma de amostragem aqui utilizada para o estudo destes caracteres é, então, um procedimento adequado - a mistura de um grande número de frutos para a retirada de amostras reduz os possíveis efeitos de fornecedores específicos de pólen).

Foram observados resultados análogos quando da consideração dos triglicédeos previamente selecionados. Houve diferenças significativas entre mães para SOO e SOS a 0,01%, o mesmo ocorrendo entre fornecedores de pólen a 1%; não foram constatadas diferenças para PLO; e os efeitos de pai e mãe foram altamente significativos na análise de variância multivariada com estas três variáveis e o DSC.

### Relações entre as características “per se” de clones e a capacidade geral de combinação para dureza de gordura

Para valores de DSC, a análise de amostras de sementes obtidas em duas das repetições de três ensaios de avaliação de progênies híbridas conduzidos no CEPEC, constituídos, conjuntamente, pelos cruzamentos entre as mães AB 1, Be 2, 3, 4 e 5, Ca 2, Ma 12 e 14, RB 40 e 48, os pais ICS 1, 8, SIAL 325 e SIC 19, e as testemunhas SIC864 x ICS1 e SIC19 x ICS1, não mostrou efeitos significativos de ensaio, nem da interação entre tratamentos comuns e ensaios (a 5%) e apenas os efeitos de mãe e mãe x pai foram significativos (com 5 e 2%, respectivamente, de probabilidade de erro). As médias não ocuparam uma grande faixa de variação (de 75,74 a 80,59%, para as mães e de 77,98 a 79,59 para os pais), mas foi possível observar uma forte associação entre os desempenhos ‘per se’ dos clones e suas médias como progenitores: coeficientes de correlação de Pearson de 0,76, com significância de 1,8%, para mães, e de 0,79, com probabilidade de erro de 41,5% (não significativo), para pais; e coeficientes de correlação de Spearman de 0,77 a 1,6% para mães e de 1,00 a 0,01% para pais. E isto mostra que a seleção de clones para dureza de gordura é eficiente para a determinação da dureza em suas progênies.

### Conclusões

Há diferenças entre grupos de genótipos de cacau de diferentes origens para a composição e dureza da manteiga. Os ácidos graxos esteárico, oléico e linoléico são os mais importantes na determinação da dureza de gordura e importantes variáveis auxiliares do DSC para se alcançar uma melhor diferenciação entre grupos de genótipos. Os triglicerídeos SOS, SOO e

PLO são igualmente efetivos como variáveis auxiliares do DSC para a diferenciação entre grupos de genótipos. Há uma forte associação entre as características 'per se' e as médias como progenitores para dureza de gordura, mostrando a importância da avaliação de germoplasma quanto a este caráter para o propósito de seleção de genótipos para introdução nos programas de melhoramento. Os efeitos de pólen devem ser considerados na avaliação de genótipos em respeito à dureza e variáveis relacionadas. Os descendentes do clone Scavina 6 mostram dureza inferior à média geral da coleção avaliada, sendo que a maior parte das variedades atualmente indicadas para cultivo comercial na Bahia são descendentes deste clone.

### Literatura Citada

- BERBERT, P. R. F.; ALVIM, P. T. 1972. Fatores que afetam o índice de iodo da manteiga de cacau do Brasil. *Theobroma (Brasil)* 2(1): 3-16.
- BERBERT, P. R. F. 1976. Influência das condições climáticas na composição química e características físicas da manteiga do cacau. *Theobroma (Brasil)* 6(3): 67-76.
- CARPENTER, D. R. et al. 1994. Lipid composition of *Herrania* and *Theobroma* seeds. *Journal American Oil Chemists Society (USA)* 71:845-851.
- CHAISIERI, S.; DIMICK, P. S. 1989. Lipid and hardness characteristics of cocoa butters from different geographic regions. *Journal American Oil Chemists Society (USA)* 66: 1771-1776.
- CHAISIERI, S.; DIMICK, P. S. 1995a. Dynamic crystallization of cocoa butter. 1. Characterization of simple lipids in rapid- and slow-nucleating cocoa butters and their seed crystals. *Journal American Oil Chemists Society (USA)* 72:1491-1496.
- CHAISIERI, S.; DIMICK, P. S. 1995b. Dynamic crystallization of cocoa butter. 2. Morphological, thermal, and chemical characteristics during crystal growth. *Journal American Oil Chemists Society (USA)* 72:1497-1504.
- COE, S. D.; COE, M. D. 1996. In *The true history of chocolate*. Thames and Hudson Inc. New York.
- CRUZ, C. D. 1997. Programa GENES. Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG, UFV. 442p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. 1997. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG, UFV. 390p.
- DIMICK, P. S. 1991. Principles of cocoa butter crystallization. *The Manufacturing Confectioner*. 109-114.
- ESCRIVA, M. V. G. et al. 2002. Fatty acid and triacylglycerol composition and thermal behavior of fats from Brazilian *Theobroma* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture (UK)* 82(13):1425-1431.
- GEERART, E.; SANDRA, P. 1987. Capillary GC of triglycerides in fats and oils using a high temperature phenylmethylsilicone stationary phase. Part II. The analysis of chocolate fats. *Journal American Oil Chemists Society (USA)* 64: 100-105.
- GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L.; PADLEY, F. B. 1994. *The lipid handbook*. Chapman and Hall. London.
- HARWOOD, J. L. 1996. Recent advances in the biosynthesis of plant fatty acids. *Bioch. et Biophys. Acta* 1301:7-56.
- HELRICH, K. 1990. (Ed.) *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. vol. II, 15th edn., Arlington, EUA. pp. 963-965.
- KHAN, N. et al. 2008. Variability of butterfat content in cacao (*Theobroma cacao* L.): combination and correlation with other seed-derived traits. *International Cocoa Genebank, Trinidad. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 1-12. Doi:10.1017/S1479262108994132.
- KENNEDY, A. J. et al. 1987. Cocoa breeding: past, present and future. *Cocoa Growers' Bulletin (UK)* 38: 5-22.
- LEHRMAN, D. W.; KEENEY, P. G.; BUTLER, D. R. 1980. Triglyceride characteristics of cocoa butter from cacao fruit matured in a microclimate of elevated temperature. *Journal American Oil Chemists Society (USA)* 57: 66-69. Doi: 10.1007/BF02674362



- LINDER, C. R. 2000. Adaptive Evolution of Seed Oils in Plants: Accounting for the Biogeographic Distribution of Saturated and Unsaturated Fatty Acids in Seed Oils. *The American Naturalist* (USA) 156(4):442-458. Doi: 10.1086/303399. PMID: 29592140.
- MCHENRY, L.; FRITZ, P. J. 1987. Cocoa butter biosynthesis: effect of temperature on *Theobroma cacao* acyltransferases. *Journal American Oil Chemists Society* (USA) 64: 1012-1015.
- MUSTIGA, G. M. et al. 2019 Identification of Climate and Genetic Factors That Control Fat Content and Fatty Acid Composition of *Theobroma cacao* L. Beans. *Front. Plant Science* (USA) 10:1159. Doi: 10.3389/fpls.2019.01159
- PIRES, J. L. et al. 1998. Increasing cocoa butter yield through genetic improvement of *Theobroma cacao* L.: Seed fat content variability, inheritance and association with seed yield. *Euphytica* (USA) 103:115-121.
- SAS INSTITUTE INC. 1988. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1028p.
- SLABAS, A. R.; FAWCETT, T. 1992. The biochemistry and molecular biology of plant lipid biosynthesis. *Plant Molecular Biology* (USA) 19: 169-191.
- WOOD, G. A. R; LASS, R. A. 2001. Cocoa. 4<sup>th</sup>. ed. London: Longman.
-

## DIVERSIDADE GENÉTICA E HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE FRUTOS E SEMENTES DO CACAUEIRO

*José Luis Pires, Wilson Reis Monteiro*

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brazil.  
joseluiszoegapires@gmail.com; wrmwr2@gmail.com

Para o cacau, as características: peso da semente, peso de sementes por fruto, peso total de fruto e proporção de mucilagem são importantes para o melhoramento genético, pois são fatores de produção e estão relacionados à distribuição de fotoassimilados. Além disso, são relevantes devido às exigências da indústria e ao impacto que exercem sobre os processos de colheita e pós-colheita. Dessa forma, 536 acessos preservados na Coleção de Germoplasma do Centro de Pesquisa do Cacau, em Ilhéus, Bahia, foram avaliados quanto a essas características. Para investigar a importância da avaliação de germoplasma para estes atributos, também foram avaliados dez ensaios de campo para avaliação de progênies, abrangendo dezenas de combinações. Os resultados mostraram que a maioria dos grupos considerados promissores para fornecer genes de resistência à vassoura de bruxa e à podridão parda, bem como para o aumento do teor de gordura, apresentam frutos e sementes pequenas. Os caracteres analisados podem ser usados como elementos de caracterização de acessos, e permitem uma distinção clara entre séries de diferentes origens. Foi possível identificar diferenças na capacidade geral de combinação para características físicas dos frutos e sementes, mesmo entre grupos de clones com alta uniformidade. Também foram observados efeitos significativos da capacidade específica de combinação para o peso de uma semente e para o peso de sementes por fruto. Por fim, as distinções entre genótipos *per se* mostraram-se eficientes como indicadores de diferenças na capacidade geral de combinação para o peso de sementes e o peso de sementes por fruto, evidenciando a importância dessa avaliação na seleção de progenitores e mostrando a possibilidade de melhoramento genético para estes caracteres.

**Palavras-chave:** *Theobroma cacao*, melhoramento genético, características físicas de fruto e semente.

### **Genetic diversity and inheritance of physical characteristics of fruits and seeds of the cocoa tree.**

For cocoa, the characteristics: seed weight, seed weight per fruit, total fruit weight, and mucilage proportion are crucial for genetic improvement, as they are production factors and are associated with the distribution of photoassimilates. These traits are also important due to industry requirements and their impact on harvesting and post-harvest processes. To assess these characteristics, 536 accessions for the germplasm collection of the Cocoa Research Center in Ilhéus, Bahia, were evaluated. Additionally, ten field trials for progeny evaluation, including dozens of combinations, were analyzed to investigate the importance of germplasm assessment for these traits. The study revealed several key findings: most of the groups identified as potential sources of genes for resistance to Witch's broom and Black pod diseases, as well as for increased fat content, have small fruits and seeds. The evaluated traits serve as valuable descriptors for characterizing accessions and effectively distinguishing different origin series. Furthermore, differences in general combining ability for fruit and seed physical traits can be detected even among highly uniform clone groups. Significant effects of specific combining ability were also observed for the weight of a seed and for the weight of seeds per fruit. Additionally, differences between genotypes *per se* serve as effective indicators of differences in general combining ability for seed weight and seed weight per fruit, reinforcing the importance of these evaluations for selecting progenitors and showing the possibility of genetic improvement for these characters.

**Key words:** *Theobroma cacao*, genetic improvement, physical characteristics of fruit and seed.

## Introdução

Algumas características de frutos e sementes do cacaueiro são importantes para o melhoramento, por constituírem fatores de produção, por serem relativos à distribuição de fotoassimilados e aproveitamento de produto, por exigências da indústria ou por facilitarem ou dificultarem processos de colheita e práticas de pós colheita, como é o caso do peso da semente, do peso da semente por fruto, do peso total de fruto e da proporção de mucilagem.

Estes fatores têm, tradicionalmente, sido considerados como caracterizadores (Engels et al., 1980; ICGD, 2024) e, para tal, a obtenção de seus valores é minuciosa, demandando grandes esforços, o que resulta na impossibilidade de se considerar um grande número de acessos a cada período de tomada de dados. Nesta estrutura, se houver efeito de época na determinação dos caracteres, a comparação de genótipos só será apropriada entre aqueles caracterizados nos mesmos períodos, e a comparação entre um grande número de genótipos é inviabilizada. Assim, são abordados, aqui, procedimentos de avaliação destes caracteres, conduzidos de forma simplificada, de modo que um grande número de genótipos possa ser considerado simultaneamente e possam ser adequadamente comparados.

Também, não foram, até então, explicitadas definições claras sobre as formas de se conduzir processos de melhoramento genético para estes caracteres, e assim, com o objetivo de estruturar elementos básicos sobre este tema, foi estudada a importância da realização da avaliação de germoplasma para a seleção de genótipos para a introdução em programas de melhoramento, ou a eficiência da seleção de clones a serem progenitores em processos de seleção recorrente, pela comparação do desempenho ‘per se’ de acessos com suas capacidades gerais de combinação, analisada a relação entre estes caracteres, para a seleção conjunta, estudada a distribuição destas características na espécie, para a definição de regiões mais promissoras para prospecções, identificados genótipos de destaque, para a introdução nos programas de melhoramento, analisada a possibilidade de se utilizar estes caracteres avaliados como caracterizadores, e estudados os efeitos da capacidade geral e específica de combinação entre genótipos.

## Materiais e Métodos

### Material

#### Coleção de germoplasma

Foram avaliados 536 acessos, preservados na coleção de germoplasma do CEPEC. Esta coleção, que possui aproximadamente 1.300 acessos, tem os de introdução mais antiga (grupo a que pertencem os considerados neste estudo) cultivados em fileiras de 10 plantas por acesso, em espaçamento de 3 x 3 metros, com os acessos distribuídos paralelamente, formando blocos com aproximadamente 60 elementos, que se sucedem, intercalados por ruas para manejo e escoamento.

Os caracteres considerados no processo de avaliação foram o peso de uma semente úmida (PSU), o peso de uma semente seca (PSS), o peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), o peso total de fruto (PF), a relação semente seca/semente úmida ( $RSSSU = PSS/PSU$ ) e o peso de semente seca por fruto ( $PSSF = PSUF \times RSSSU$ ) (pesos em gramas).

A avaliação das características consideradas foi realizada a partir de amostras obtidas de plantas individuais, em três períodos de safra (final do ano) e um de temporão (meio do ano). A amostragem consistiu-se da colheita de todos os frutos maduros disponíveis de cada uma de 5 plantas tomadas ao acaso nas fileiras e marcadas para a avaliação, pesagem dos frutos inteiros (todos juntos) e pesagem do total de sementes dos frutos colhidos. Deste total de sementes de cada planta foram tomadas 40 e pesadas, em conjunto, ainda com a mucilagem. Essa mucilagem foi removida para a secagem da semente, em estufa a 105 graus centígrados por 24 horas. As sementes, agora com teor de umidade de aproximadamente 0% foram, novamente, pesadas e os pesos unitários obtidos pela divisão do valor observado pelo número de sementes da amostra.

#### Ensaios de avaliação de progênes híbridas

Para o estudo da importância da avaliação de germoplasma em respeito à seleção de genótipos para a introdução em programas de melhoramento (avaliação das relações entre o desempenho “per se” de clones e sua capacidade geral de combinação) foram analisados, para as variáveis PSU, PSS e RSSSU, dois ensaios de avaliação de cultivares

híbridas, denominados no CEPEC de ensaios 4 e 32, ambos cultivados em delineamento em blocos ao acaso e estruturados como fatoriais (pais e mães), com 5 repetições por progênie e 16 plantas por parcela (Monteiro et al, 1995). Do ensaio 4, foram consideradas as combinações entre os clones DR 2, ICS 1 e UF 613 com os clones SIC 2, 4, 17, 23 e, ainda, dos clones ICS 1 e UF 613 com os clones SIC 5, 19, 20, 21, 22, 24, 813 e 823, e do ensaio 32 as combinações de Ca 4, Ma 15, ICS 1 e UF 613 com IMC 67, Pound 12 e Pa 150.

Foram tomadas amostras de 30 sementes de cada parcela em duas épocas para o ensaio 4 (safra e temporão) e uma época para o ensaio 32. Cada semente foi pesada individualmente, inicialmente com mucilagem, em seguida e ainda úmida, sem mucilagem com e sem testa, e por fim, novamente sem testa, após secagem a 105 graus centígrados por 24 horas. As 30 testas secas foram pesadas conjuntamente. Considerou-se como PSU o peso da semente sem testa e a RSSSU foi obtida a partir da relação PSS/PSU, enquanto que na avaliação de germoplasma o PSS incluía o peso de testa. O peso proporcional da testa, no entanto, tem pouca variação entre progênies (a proporção do peso de testa para o de semente completa seca variou de 4,75% a 6,93% nos dois ensaios - Pires et al 1995, 1995a) de modo que as comparações entre os valores obtidos na avaliação de germoplasma e na de progênies não sofre limitações expressivas.

A relação entre o desempenho “per se” de clones e o comportamento destes como progenitores também foi avaliada para a variável PSUF. Para tal, foram considerados dados de peso de sementes úmidas por planta e número de frutos sadios, que geraram o PSUF, agora obtido de todos os frutos colhidos por árvore, em colheitas mensais, nos ensaios 1, 33, 34, 35, 37, 40, 41 e 42 (para o ensaio 1 o PSUF foi obtido a partir da relação entre os totais anuais de parcela para PSU e NFS; para os ensaios 33, 34, 35 e 37 a partir dos totais anuais por planta e para o conjunto 40, 41 e 42 a partir dos totais por planta/colheita). Estes experimentos foram conduzidos no CEPEC e dispostos em blocos ao acaso com 5 repetições de 16 plantas (ensaios 1, 33, 34, 35, 40, 41 e 42) ou 8 de 10 plantas (ensaio 37) e foram instalados, entre os anos 1975 e 1983 (Monteiro et al, 1995).

O ensaio 1 envolve todas as combinações entre os clones CC 41, CEPEC 1, SIAL 169 e SIC 19; o ensaio

33 é um fatorial que tem como mães os clones IMC 67, Pound 1 e Scavina 6 e como pais o CEPEC 11, 12 e 14; o ensaio 34 é formado pelas mães SIAL 169, 325, 327, 88, SIC 22, 23, 24 e 329 e pelos pais ICS 1 e PA 150; o 35 pelas mães ICS 1, 6, IMC 67, UF 613 e 667 e pais SIAL 169, SIC 250, 831 e 891; o 37 pelas mães ICS 6, SPA 17, UF 296 e pais EEG 65, SIAL 244 e SIC 18; e os ensaios 40, 41 e 42 são constituídos, conjuntamente, pelos cruzamentos entre as mães AB 1, Be 2, 3, 4 e 5, Ca 2, Ma 12 e 14, RB 40 e 48 e os pais ICS 1, 8, SIAL 325 e SIC 19.

Foram consideradas as médias anuais de parcela para o ensaio 1, as médias anuais por planta para o 33, 34, 35 e 37 e o valor por colheita/planta para os ensaios 40, 41, 42 (6 colheitas), sendo analisados dados dos anos 1986/87 e 89/90 para o ensaio 1, 82 a 88 para o 33, 85 a 87 para o 34, 84 a 88 para o 35, 85 a 87 para o 37 e 89 para o 40, 41 e 42.

## **Análises**

### **Qualidade dos dados da avaliação de germoplasma**

A avaliação das características consideradas foi realizada a partir de amostras obtidas de plantas que não estão casualizadas em campo e, para dimensionar a magnitude das possíveis distorções produzidas por esta situação, foram realizadas análises independentes para um grupo de 21 genótipos, que são representados na coleção por mais de uma fileira. Estas análises foram efetuadas tomando-se, ao acaso, ora uma ora outra de duas fileiras de cada genótipo considerando-se como fontes de variação o período de amostragem, o acesso e a interação acesso x período de amostragem; e a partir destas foram observadas as correlações entre as médias ajustadas de fileiras de genótipos repetidos, e os coeficientes de determinação relativos a repetibilidade das médias conforme os métodos de análise de variância, componente principal e análise estrutural (Cruz e Regazzi, 1977; Cruz, 1997).

### **Distinções entre acessos e grupos de acessos**

As distribuições de frequência das variáveis consideradas foram analisadas através do uso do Teste de Kolmogorov-Smirnov (PROC UNIVARIATE - SAS Institute, 1988) e a homogeneidade de variâncias através do teste de Bartlett (Martin, 1995). As diferenças entre acessos foram estudadas através de



análises de variância, segundo modelo em que foram considerados como fontes de variação o período de amostragem, os acessos e a interação entre eles, todos admitidos como fixos (PROC GLM - SAS Institute, 1988), e as médias ajustadas foram obtidas reduzindo-se o modelo para efeitos de período e acessos, de modo a tornar todas elas e todos os contrastes entre acessos e entre períodos estimáveis. Para a análise das diferenças entre grupos de genótipos, grupos estes constituídos conforme relação em respeito à origem (de acordo com ICGD, 2024) (Tabela 1), o modelo usado contemplou como fontes de variação a época de amostragem, o grupo de acessos, os acessos dentro de grupo, a interação entre época e grupo e a interação entre época e acessos dentro de grupo, todos considerados como fixos (PROC GLM - SAS Institute, 1988).

Nas duas situações, cada variável foi, também, analisada como medidas repetidas em modelo multivariado (cada qual seccionada conforme as 4 épocas e analisadas como 4 variáveis usando PROC GLM – MANOVA, para a interpretação dos efeitos de acesso ou grupo e acesso e PROC GLM – REPEATED, para a consideração dos efeitos de época e interações).

O estudo dos grupos incluiu, ainda, a consideração dos caracteres simultaneamente, através de análise multivariada (PROC GLM/MANOVA - SAS Institute, 1988) e análise de variáveis canônicas (PROC CANDISC – SAS Institute, 1988), conduzidas a partir das médias ajustadas obtidas nas análises univariadas, com os grupos como fonte de variação e os diversos clones dentro de grupos como repetições destes.

### Relações entre o desempenho “per se” de clones e a capacidade geral de combinação

Para a análise desta relação foram correlacionados valores obtidos da avaliação ‘per se’ de clones na coleção de germoplasma e médias de progenitores observados em ensaios de avaliação (já explicitados).

O ensaio 4 foi analisado tendo-se como fontes de variação a época, o bloco, o grupo 1 (clones: DR2, ICS3 e UF 613), o grupo 2 (progenitores da série SIC), a interação grupo 1 x grupo 2, semente dentro de grupo 1 x grupo 2, e as interações: época x grupo 1, época x grupo 2, época x grupo 1 x grupo 2 e época x semente dentro de grupo 1 x grupo 2 (PROC GLM – SAS

Tabela 1 - Relação dos grupos estudados

Procedência	Grupo	Descrição
Amazônia brasileira	ABR	Materiais da Amazônia brasileira - séries: Ob, CAB, Mocorongo, IQ, SE, AB, AM
Bahia	BAH	Seleções em variedades da Bahia e Espírito Santo - séries: SIC, SIAL, EEG, CEPEC
Pará	BE	Série BE
Amazonas	CA	Série CA
Pará- Est. exp.	CAS	Série CAS
Costa Rica	CC	Série CC
Equador - híbridos	CCN CEQ	Série CCN Série CEPEC - família de origem desconhecida
Bahia - híbridos	CHC	Série CEPEC – híbridos de Criollo
Amapá	CJ	Série CJ
Acre	CSU	Série Cruzeiro do Sul
Bahia - híbridos	CTF	Série CEPEC - híbridos Trinitário x Forastero
Equador	EET	Série EET
Granada	GS	Série GS
Trinidade	ICS	Série ICS
Peru - Amazônia	IMC	Série IMC
Amazonas	MA	Série MA
México	MEX	Série P
Equador	MOQ	Série Moq
Peru - Amazônia	NA	Série NA
Venezuela	OC	Série OC
Peru - Amazônia	PA	Série PA
Peru - Amazônia	PER	Genótipos do Peru - séries: Amazon, Mo
Peru - Amazônia	POU	Série Pound
Acre	RB	Série RB
México	RIM	Série RIM
Colômbia	SC	Série SC
Peru - Amazônia	SCA	Série Scavina
Varias	SDE	Genótipos descendentes do clone Scavina 6 - Séries: TSA, TSH, CEPEC, EET
Guatemala	SGU	Série Sgu
Colômbia	SPA	Série SPA
Costa Rica	UF	Série UF
Venezuela	VE	Genótipos da Venezuela - séries: Chuao, Choroni, PQTO, Playa Alta.

System –SAS Institute 1988); e as médias ajustadas de progenitores foram obtidas com a redução do modelo, pela desconsideração das interações e efeito de planta. O ensaio 32 foi analisado em modelo com blocos, grupo 1 (Ca 4, Ma 15, ICS 1 e UF 613), grupo 2 (IMC 67, Pound 12 e Pa 150) e interação grupo 1 x grupo 2 como fontes de variação.

Os ensaios 33, 34, 35 e 37, cujos tratamentos considerados formam estruturas fatoriais, foram analisados tendo como fontes de variação o ano, bloco, mãe, pai, interação mãe x pai, planta dentro de mãe x pai e as interações ano x pai, ano x mãe, ano x pai x mãe e ano x planta dentro de pai x mãe (PROC GLM – SAS System – SAS Institute, 1988) e as médias ajustadas de tratamentos (mãe x pai), os quadrado médios e números de graus de liberdade dos resíduos, e as médias harmônicas para os números de repetições que geraram as médias de tratamentos, foram usadas para análises de dialelos pelo modelo de Griffing (CRUZ, 1997). Analogamente, o ensaio 1, que é um dialelo desbalanceado completo e inclui auto-fecundações e recíprocos, foi analisado, primariamente, tendo como fontes de variação o ano, bloco, pai, mãe e interações ano x pai, ano x mãe, ano x pai x mãe; e, em seguida, conforme metodologia de Griffing (Cruz e Regazzi 1997; Cruz, 1997).

Os ensaios 40 41 e 42 formam, conjuntamente, um esquema fatorial e têm duas testemunhas comuns não participantes deste fatorial. Estes ensaios foram analisados em conjunto, tendo como fontes de variação o ensaio, bloco dentro de ensaio, tratamento, planta dentro do tratamento e as interações ensaio x tratamentos comuns e ensaio x planta dentro de tratamentos comuns. A partir desta análise foram obtidos o quadrado médio e o grau de liberdade do resíduo, a média harmônica do número de repetições para tratamento, e as médias ajustadas de tratamento (obtidas com a redução do modelo pela desconsideração das interações) (PROC GLM – SAS System – SAS Institute, 1988), que formaram os elementos para a análise de dialelo parcial pelo modelo de Griffing (Cruz, 1997). Neste caso, para a comparação entre médias de progenitores e médias de clones “per se”, as médias dos progenitores foram obtidas diretamente a partir das médias ajustadas de tratamentos.

## Resultados e Discussão

### Qualidade dos dados da avaliação de germoplasma

Para dimensionar a magnitude das possíveis distorções produzidas pela não casualização das plantas avaliadas, foram realizadas análises independentes para um grupo de 21 genótipos (séries: Be, Ca, CEPEC, Cruzeiro do Sul, Iq, Mocarongo, Pa, Pound, RB, RIM, SIC e SPA), que são representados na coleção por mais de uma fileira. As análises foram efetuadas tomando-se, ao acaso, ora uma ora outra de duas fileiras de cada genótipo, nos moldes utilizados para o estudo do conjunto geral de acessos (fontes de variação: períodos de amostragem, acesso e interação acesso x período de amostragem). Em ambas as situações, com o primeiro ou segundo e distinto grupo de 21 fileiras representantes dos 21 acessos, foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos ao nível de 0,01% de probabilidade de erro para esta afirmação, para todos os caracteres considerados: peso de uma semente úmida (PSU), peso de uma semente seca (PSS), peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), peso total de fruto (PF), relação semente seca/semente úmida ( $RSSSU = PSS/PSU$ ) e peso de semente seca por fruto ( $PSSF = PSUF \times RSSSU$ ) (para as variáveis PSU, PSS, PSUF e PSSF os valores foram transformados através da obtenção de suas raízes quadradas, para aproximar as curvas de distribuição de frequências de curvas de distribuição normal, e este aspecto será discutido com detalhes, posteriormente, nas análises das diferenças entre acessos e grupos de acessos).

As correlações entre as médias de fileiras ajustadas para efeitos do período de amostragem (correção efetuada devido ao número diferente de medições e obtida com a redução do modelo para duas fontes de variação: período e genótipo - LSMEANS – SAS Institute, 1988), para cada uma das situações, foram (Métodos de Spearman e Pearson, respectivamente): 0,98 e 0,99 para o PSU; 0,97 e 0,99 para o PSS; 0,94 e 0,95 para PSUF e 0,95 e 0,95 para o PF, todas significativas a 0,01% de probabilidade de erro, e as variáveis PSU e PSS alcançaram, com uma única fileira, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), relativos á repetibilidade, entre 0,95 e 0,99 conforme os métodos de análise de variância, componente principal e análise

estrutural (Cruz e Regazzi, 1977; Cruz, 1997), enquanto as variáveis PSUF e PF apresentam  $R^2$  entre 0,90 e 0,99 para avaliações de uma única fileira. Estes valores elevados mostram ampla concordância entre médias das diferentes fileiras dos mesmos genótipos, reduzida troca de posição hierárquica entre as médias e confiabilidade satisfatória na análise das diferenças entre materiais.

A variável mais importante dentre as constituídas a partir de relações entre as anteriores, o peso de semente seca por fruto, preservou elevados coeficientes de correlação: 0,92 e 0,95 para os métodos de Spearman e Pearson, respectivamente, e a avaliação de uma única fileira resultou em coeficientes de determinação entre 0,90 e 0,99. Já a variável RSSU mostrou correlações de 0,87 e 0,88 (Spearman e Pearson, respectivamente) e um  $R^2$  para a avaliação de uma única fileira entre 0,85 e 0,90. Assim, esta deve ser interpretada com maior cautela, mesmo tendo em conta que as distinções mais acentuadas entre suas médias resultam não somente de possíveis maiores efeitos de posição, mas, também, da eficiência em sua medição. A razão é que há grandes e rápidas alterações no teor de umidade da polpa durante a fase final de amadurecimento do fruto, de modo a gerar grandes diferenças entre frutos colhidos em uma mesma época, conforme seu grau de amadurecimento. Esta menor eficiência de medição é constatada por menores valores de  $R^2$  (relação entre a soma de quadrados do modelo e a soma de quadrados totais) e, portanto, resíduos, proporcionalmente, mais amplos:  $R^2 = 0,64$  e  $0,69$  para RSSU nas duas análises, enquanto PMSU e PMSS tiveram  $R^2$  superiores a 0,94, PSF e PF superiores a 0,76 e PSSF superior a 0,74.

Resíduos proporcionalmente maiores geram diferenças mínimas significativas proporcionalmente mais amplas, de modo que a aceitação da diferença entre médias requer distinções maiores e isto se contrapõe aos baixos coeficientes de correlação e repetibilidade observados para a RSSSU, ampliando a confiabilidade na interpretação das distinções (maior variação dentro de fileira servindo como contrabalanço dos possíveis maiores efeitos de posição).

A variável PSSF inclui na sua formação a RSSSU, mas preserva elevada repetibilidade por ser determinada principalmente pelo PSUF: coeficientes de correlação e determinação iguais a, respectivamente, 0,94 e 0,88; enquanto que a RSSSU explica apenas

0,07 da variação de PSSF. Estes valores já são provenientes do conjunto geral de acessos avaliados (médias ajustadas), e a determinação do PSUF na variável PSSF é relacionada à elevada correlação existente entre as variáveis PSU e PSS, diretamente mensuradas:  $r = 0,95$ ; o que mostra que a primeira é um indicador eficiente da segunda. Outras associações importantes, todas, assim como as anteriores, significativas a 0,01% de probabilidade, são: frutos maiores e com maiores pesos de sementes tendem a ter sementes maiores (coeficientes de correlação entre PSU e PSS com PSUF superior a 0,80, com PF superiores a 0,71 e com PSSF superiores a 0,77), o que simplifica o melhoramento para estes caracteres em conjunto; a RSSSU tem coeficientes de correlação baixos com os variáveis primárias que a originam: – 0,10 com PSU e 0,18 com PSS.

Ainda analisando a qualidade dos dados, foi avaliada a repetibilidade entre amostras obtidas em um único período (foi considerado o período de safra do 2º ano de avaliação) e entre as médias dos diferentes períodos para 100 acessos tomados ao acaso. Com cinco amostras dentro de um mesmo período foram obtidos coeficientes de determinação (pelos métodos de análise de variância, primeiro componente principal e análise estrutural) entre 96% e 97% para PSU e PSS e, neste caso, duas repetições seriam o suficiente para superar o nível de 90% de determinação; entre 91% e 92% para PSUF; entre 92 e 93% para PF; entre 88 e 89% para PSSF e entre 85 e 87% para RSSSU; mostrando-se a variável RSSSU menos confiável (a média de frutos por amostra foi de 14,4 para a safra do 2º ano e de 10,6 para os quatro períodos, considerando-se todos os acessos avaliados).

Os quatro períodos de avaliação levaram a coeficientes de determinação entre 98 e 99% para as variáveis PSU e PSS e, com a exclusão da única avaliação feita na entre-safra (temporão), as três restantes resultam nos mesmos valores. Um único ano seria suficiente para prever o valor real com coeficiente de determinação superior a 90%, de modo que duas amostras/ano de 40 sementes em um único período de safra podem representar um método rápido e de baixa demanda de esforços para a avaliação de peso da semente em coleções de germoplasma.

As mensurações diretas de fruto (PSUF e PF) alcançaram coeficientes de determinações entre 94 e

95%, com os quatro períodos, e entre 94 e 96%, com os três períodos de safra. Dois períodos de safra resultariam em  $R^2$  superior a 90%, de modo que, para a análise do peso de frutos e sementes úmidas por fruto, poderia ser sugerida a utilização de quatro ou cinco repetições em dois períodos de safra. Dois períodos de safra seriam também suficientes para atingir níveis de  $R^2$  superiores a 0,90 para a variável PSSF, para a qual foram observados coeficientes entre 92 e 94% para os quatro períodos e entre 93 e 94% para os três períodos de safra. Já a RSSSU, necessitou dos quatro períodos para atingir  $R^2$  entre 89 e 90%, alcançando apenas 84 a 86% com os três períodos de safra.

A repetibilidade alcançada é, obviamente, relativa às condições específicas do experimento, o que inclui o número médio de frutos amostrados, de modo que as sugestões, quando da avaliação de outras coleções, devem ser encaradas apenas como um elemento de referência, e ajustadas para cada condição, por exemplo através de análises da repetibilidade, a medida que os dados vão sendo obtidos. As amostras foram obtidas de frutos formados por polinização não controlada, mas houve o cuidado de se escolher épocas em que houvesse um número elevado de frutos e as amostras de sementes foram obtidas de misturas de frutos, para se evitar possíveis efeitos da fonte de pólen, embora, quando analisados, estes efeitos não foram significativos para as variáveis consideradas (Pereira et al, 1994).

### **Distinções entre acessos e grupos de acessos**

As distribuições das variáveis consideradas foram constadas como distintas da distribuição normal pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov (PROC UNIVARIATE - SAS Institute, 1988) ao nível de 1% de probabilidade de erro, com as curvas de frequência mostrando, de modo geral (com a exceção da RSSSU), um desvio relativamente pronunciado no sentido de valores mais altos (D para PSU, PSS, RSSSU, PSUF, PF e PSSF, respectivamente 0,080; 0,098; 0,034; 0,086; 0,072 e 0,070). Optou-se, então, pela transformação das variáveis PSU, PSS, PSUF, PF e PSSF através da obtenção de suas raízes quadradas. Este tipo de transformação tem a vantagem de permitir fácil interpretação das médias, pelo dimensionamento aproximado do que seriam os valores não transformados e, embora seja, na verdade, indicado

para dados de contagem (Johnson e Wichern, 1999), resultou, aqui, em ampla redução dos desvios (viés) unilaterais das curvas de frequências (D para PSU, PSS, PSUF, PF e PSSF, respectivamente 0,052; 0,067; 0,049; 0,041 e 0,034), apesar dos testes de Kolmogorov-Smirnov terem continuado a mostrar diferenças significativas (isto em razão, também, do número elevado de dados, o que torna o teste muito rigoroso).

Mais delicado é o aspecto de que as variâncias dos diversos acessos foram constatadas como não homogêneas pelo teste de Bartlett (Martin, 1995). Tal fato, no entanto, é intrínseco às análises desejadas, estando relacionado às dimensões do estudo. A princípio, aumentando-se o número de tratamentos amplia-se a probabilidade de se alcançar valores mais extremos de variância, e esta pode sofrer efeito de escala, tendo relação com a média dos genótipos. Para dois genótipos com variação proporcionalmente igual (mesmo CV) a relação entre as duas variâncias (maior sobre a menor) é igual ao quadrado da relação entre as médias. Assim, se há médias que se distinguem na razão de mais que 2,65 vezes, e mesmo CV, a relação entre as variâncias suplantará 7 vezes (valor considerado como limite para adequação por Gomes, 1990).

Na verdade, com maiores médias, esperam-se menores CVs – efeito Roginskii-Yablokov (Lynch e Walsh, 1998), mas, no trabalho em questão, que, pela grande diversidade armazenada na coleção, engloba freqüentes distinções superiores ao valor discutido, há a preservação de algum efeito de escala. Como exemplo, temos que, para PSU, cujos valores extremos (não ajustados) são 1,49g (RB 37) e 6,66g (UF 667) e a média 3,36, as médias para os 40 genótipos de maior variância e os 40 de menor foram, respectivamente: 4,26g e 2,37g (as outras variáveis também mostraram amplas diferenças entre os dois grupos: PSS – 1,52 e 0,87g; PSUF – 146,02 e 87,98g; PF – 668,322 e 486,99g; PSSF – 53,07 e 32,13g, respectivamente). Desta forma, as características do material estudado impedem que todos os acessos sejam analisados simultaneamente e estes foram divididos, para cada variável, em grupos, de forma a que os maiores valores de variância dentro de acesso não suplantassem em 7 vezes os menores.

Dois grupos, um com maiores variâncias e outro com menores, comportaram, respectivamente, 442 e 94 acessos para a variável PSU (5635 e 1338 observações), 408 e 132 para o PSU (5192 e 1779



observações), 417 e 117 para a RSSSU (5429 e 1439 observações), 482 e 61 para o PSUF (6466 e 861 observações), 475 e 67 para o PF (6403 e 942 observações), 442 e 98 para o PSSF (5584 e 1327 observações).

As análises de variância, segundo o modelo em que foram considerados como fontes de variação o período de amostragem, acessos ajustados para efeito de período e a interação entre eles, ajustada para os anteriores, todos considerados como fixos (PROC GLM - SAS Institute, 1988), mostraram diferenças significativas a, no máximo, 5% de probabilidade de erro para todos os efeitos com todas as variáveis e grupos (mais precisamente, para o grupo de menores variâncias a interação foi significativa a 0,38% para PMSUF, a 1,11% para PMF e a 0,35% para PSSF, enquanto que para todas as demais variáveis, grupos e efeitos as diferenças foram significativas a 0,01%). Confirmando estas informações tem-se que, com cada variável analisada como medidas repetidas em modelo multivariado (cada qual seccionada conforme as quatro épocas e analisadas como quatro variáveis usando PROC GLM – MANOVA, para a interpretação dos efeitos de acesso e PROC GLM – REPEATED, para a consideração dos efeitos de época e interação época x acesso), os resultados obtidos foram semelhantes: todos os efeitos para todas as variáveis e grupos foram significativos a 0.01% pelo teste de Wilks. Esta metodologia, não requer homogeneidade para as matrizes de covariância dos diversos tratamentos (em medidas repetidas, as correlações entre medidas podem diferir para diferentes épocas) e uniformidade da matriz comum de covariâncias; e deve ser a escolhida quando da ocorrência de influência destes fatores na diferenciação dos resultados do método univariado em relação a esta (Danford et al., 1960; Littell et al., 1996). Ressalta-se, no entanto, que, no estudo em questão, diferenças podem ser geradas, também, pelo fato de que, com a utilização da metodologia multivariada há uma considerável redução do número de observações, visto que são eliminadas da análise todas aquelas para as quais há um dado perdido em qualquer época (os dados das outras três épocas são eliminados).

Reduzindo-se o modelo univariado para efeitos de período e acessos ajustados para período, de modo a tomar todas as médias e contrastes possíveis entre acessos e entre períodos estimáveis, verifica-se para

o período de entre safra frutos maiores (PF), com maior peso de semente (PSUF e PSSF) e com sementes maiores (PSU e PSS), o que é coerente com o menor número de frutos no período e, portanto, menor competição por fotoassimilados (considerando o limite de 5% de significância o período de entressafra não foi significativamente diferente para PSU e PSS dos dois últimos períodos de safra com o grupo de variâncias menores e para PSS do último período de safra com o grupo de maiores variâncias – não apresentado). Já para a variável RSSSU, os maiores valores foram observados com o primeiro período de safra (não distinto do último para o grupo 2 – menores variâncias).

As distinções entre períodos, mesmo de safra em diferentes anos, associadas à significância dos efeitos da interação entre períodos e acessos ilustra a existência de limitações nos processos tradicionais de caracterização de germoplasma de cacau para os descritores usuais (ICGD, 2024), análogos às características aqui avaliadas: pesos e dimensões de fruto e semente. Esta caracterização é minuciosa e demanda grandes esforços, o que resulta na impossibilidade de avaliar um grande número de acessos a cada período e na necessidade de coleta de frutos por períodos longos em proporções diferentes para cada genótipo.

A redução do modelo foi repetida para a estimação das médias de clones e é, aqui, necessária, porque, com a consideração da interação acessos x época, os contrastes entre médias, ou as médias obtidas por LSMEANS/PROC GLM - SAS Institute (1988), que gera os valores de classes e sub-classes que seriam esperados para um desenho balanceado, não são estimáveis quando da presença de células vazias: ausência de dados sobre um clone em um período. Com a redução do modelo, as médias de clones são ajustadas apenas para período, o que mantém a coerência entre a forma de estimação das médias e as análises de variância com o modelo completo, no qual foram consideradas as correções de cada efeito apenas pelos que o precedem (Soma de quadrados Type 1 - SAS Institute, 1988).

Em respeito às distinções entre acessos, as Tabelas 2 e 3 apresentam os 40 materiais com os valores mais favoráveis (médias ajustadas) para cada uma das variáveis, assim como valores aproximados de DMS

Tabela 2 - Médias ajustadas de acessos de cacaueiros para os caracteres: peso de uma semente úmida (PSU), peso de uma semente seca (PSS), relação semente seca / semente úmida (RSSU); e os respectivos grupos de variâncias residuais.

CLONE	PSU	GR	CLONE	PSS	GR	CLONE	RSSU	GR
UF 667	2,59	1	RIM 76	1,52	1	IAC 1	0,44	1
UF 650	2,53	1	UF 677	1,52	1	CC 34	0,43	1
UF 221	2,51	1	ICS 60	1,52	1	BE 5	0,43	1
UF 677	2,50	1	UF 667	1,51	1	SIC 812	0,42	1
CEPEC 532	2,50	1	SGU 50	1,51	1	SIC 801	0,42	1
CC 11	2,49	1	UF 650	1,51	1	SIC 891	0,42	1
ICS 40	2,47	1	CC 11	1,50	2	SIC 842	0,42	2
UF 654	2,46	1	UF 221	1,50	1	CEPEC 10	0,42	1
ICS 39	2,46	1	ICS 39	1,49	1	SIAL 512	0,42	1
ICS 60	2,45	1	UF 10	1,48	1	ICS 16	0,42	1
RIM 76	2,45	1	UF 654	1,48	1	LARANJA 2	0,41	1
UF 668	2,44	1	ICS 40	1,48	1	SIC 813	0,41	1
UF 12	2,42	1	ICS 78	1,48	1	CEPEC 538	0,41	1
SGU 50	2,41	1	UF 168	1,47	1	SIAL 325S1	0,41	1
UF 10	2,40	1	UF 11	1,47	1	CC 10	0,41	2
UF 11	2,39	1	UF 12	1,47	1	SIAL 2	0,41	2
ICS 47	2,35	1	CC 10	1,47	1	CEPEC 88	0,41	1
UF 168	2,32	1	UF 668	1,46	1	CEPEC 41	0,41	1
ICS 6	2,32	1	DES 267	1,46	1	SIC 961	0,41	2
CEPEC 514	2,32	1	CEPEC 532	1,46	1	SIC 864	0,41	2
ICS 78	2,32	2	CEPEC 514	1,45	1	CJ 8	0,41	1
ICS 75	2,31	1	ICS 48	1,44	1	DES 267	0,41	1
CC 10	2,30	1	ICS 47	1,38	1	SIC 872	0,41	2
DES 267	2,29	1	ICS 75	1,38	1	ICS 78	0,41	1
ICS 48	2,28	1	SC 49	1,38	1	SIC 848	0,41	2
OC 66	2,27	1	EET 59	1,36	2	SIAL 910	0,41	1
UF 708	2,27	2	UF 708	1,36	2	SIC 823	0,40	1
CEPEC 67	2,25	1	ICS 16	1,35	1	SIC 806	0,40	2
RIM 8	2,23	1	RIM 8	1,35	1	UF 168	0,40	1
ICS 9	2,23	1	GS 29	1,35	1	ICS 48	0,40	1
SCR 4	2,22	1	CC 18	1,35	1	SIAL 698	0,40	1
CEPEC 501	2,22	1	OC 66	1,34	2	CEPEC 534	0,40	1
ICS 89	2,21	1	OC 61	1,34	1	SIC 831	0,40	2
GS 29	2,21	1	RIM 117	1,34	1	SIC 439	0,40	1
SC 49	2,21	1	SCR 4	1,33	1	RB 41	0,40	1
CEPEC 68	2,20	1	GW 1	1,33	2	CEPEC 28	0,40	1
22 P	2,20	1	ICS 9	1,33	1	CJ 9	0,40	1
EET 59	2,18	1	10 P	1,33	2	IQ 1	0,40	2
10 P	2,17	2	ICS 6	1,32	1	EEG 50	0,40	1
RIM 9	2,17	2	RIM 41	1,32	1	SIAL 581	0,40	1
MÉDIA*	1,81	1	MÉDIA*	1,09	1	MÉDIA*	0,37	1
MÉDIA*	1,69	2	MÉDIA*	1,05	2	MÉDIA*	0,37	2
DMS-TUKEY 5%	0,21	1	DMS-TUKEY 5%	0,13	1	DMS-TUKEY 5%	0,06	1
DMS-TUKEY 5%	0,13	2	DMS-TUKEY 5%	0,08	2	DMS-TUKEY 5%	0,04	2

\* Média geral de todos os genótipos avaliados do grupo.

(diferença mínima significativa a 5% de probabilidade) obtidos, para cada grupo, a partir da média harmônica do número de repetições dos diversos genótipos (no modelo não reduzido), uma vez que as comparações dois a dois requeridas para esta situação, em que os números de

repetições são diferentes, geraria matrizes de probabilidade com dimensões excessivamente grandes, o que dificultaria muito a discussão dos resultados.

Há nítido destaque de genótipos procedentes da América Central, México, Caribe e Venezuela

Tabela 3 - Médias ajustadas de acessos de cacauzeiros para os caracteres: peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), peso total de fruto (PF), e peso de semente seca por fruto (PSSF); e os respectivos grupos de variâncias residuais

CLONE	PSUF	GR	CLONE	PF	GR	CLONE	PSSF	GR
UF 677	15,32	1	CCN 34	38,95	1	UF 677	9,38	1
CCN 51	15,04	1	LAFI 7	36,55	1	ICS 60	9,25	1
ICS 6	14,87	1	TSH 1188	34,03	1	RIM 76	9,06	1
ICS 40	14,83	1	UF 677	32,71	1	DES 267	9,03	1
ICS 39	14,79	1	UF 613	32,51	1	CEPEC 31	8,99	1
UF 650	14,72	1	SNK 12	32,01	2	ICS 39	8,95	2
RIM 76	14,69	1	RIM 76	31,99	1	UF 650	8,94	1
UF 668	14,67	1	OC 66	31,81	1	SGU 50	8,90	1
TSH 1188	14,62	1	UF 710	31,32	1	ICS 40	8,87	1
CCN 34	14,61	2	UF 708	31,05	1	UF 668	8,83	1
ICS 60	14,55	1	IMC 30	31,05	1	CCN 34	8,81	2
UF 710	14,49	1	MOQ 417	30,71	1	CC 18	8,73	1
CEPEC 532	14,47	1	UF 668	30,62	1	UF 654	8,69	1
LAFI 7	14,46	1	CEPEC 522	30,57	1	UF 12	8,66	1
UF 654	14,41	1	ICS 39	30,55	1	UF 10	8,64	1
SGU 50	14,36	1	UF 650	30,44	1	UF 168	8,57	1
UF 667	14,29	1	CEPEC 31	30,36	1	CC 11	8,55	1
UF 12	14,23	1	BE 9	30,24	1	CEPEC 49	8,54	1
DES 267	14,22	1	SGU 60	29,98	1	CCN 51	8,52	1
CC 11	14,12	1	SC 49	29,96	1	ICS 78	8,50	1
TSH 565	14,07	1	CCN 51	29,94	1	ICS 6	8,49	1
CC 18	14,00	1	UF 20	29,92	2	UF 11	8,47	1
ICS 47	13,92	1	ICS 6	29,80	1	ICS 48	8,45	1
CEPEC 49	13,84	1	CEPEC 514	29,73	1	UF 710	8,44	1
IMC 30	13,84	1	IMC 67	29,73	2	UF 667	8,35	1
CEPEC 31	13,82	1	ICS 40	29,72	1	CEPEC 514	8,28	1
CEPEC 50	13,75	1	MOQ 647	29,70	1	CEPEC 532	8,26	1
UF 11	13,75	1	CC 11	29,45	1	CEPEC 50	8,24	1
RIM 8	13,71	1	CEPEC 5	29,39	1	TSH 1188	8,23	1
UF 613	13,66	1	ICS 60	29,34	1	UF 613	8,23	1
CEPEC 29	13,60	1	CEPEC 531	29,33	1	ICS 47	8,19	1
UF 221	13,55	1	CEPEC 27	29,26	1	UF 708	8,19	1
UF 10	13,54	1	IMC 76	29,23	1	CC 10	8,18	1
UF 168	13,52	1	COJON TORO	29,12	1	22 P	8,14	1
ICS 48	13,47	2	SGU 50	29,11	1	RIM 113	8,12	1
TSA 792	13,43	1	RIM 44	29,06	1	UF 221	8,09	1
RIM 113	13,42	1	UF 168	29,04	1	RIM 44	8,08	1
CEPEC 59	13,40	1	UF 667	29,04	1	CEPEC 29	8,08	1
CEPEC 514	13,35	1	CEPEC 86	29,03	2	ICS 16	8,07	2
ICS 78	13,35	1	CEPEC 33	29,00	1	RIM 8	8,00	1
MÉDIA*	10,80	1	MÉDIA*	23,63	1	MÉDIA*	6,55	1
MÉDIA*	10,00	2	MÉDIA*	22,03	2	MÉDIA*	6,07	2
DMS-TUKEY 5%	2,50	1	DMS-TUKEY 5%	5,40	1	DMS-TUKEY 5%	1,62	1
DMS-TUKEY 5%	1,55	2	DMS-TUKEY 5%	3,03	1	DMS-TUKEY 5%	1,07	1

\* Média geral de todos os genótipos avaliados do grupo.

(Criollos, Trinitários e híbridos de Criollo) para as características PSU e PSS (nota: o código DES indica materiais de procedência desconhecida e também o são os CEPECs com numeração superior a 500). Dentre os maiores valores de PSU inclui-se ainda

uma seleção da Colômbia (SC 49), uma do Equador (EET 59) e uma seleção do CEPEC de genealogia desconhecida (CEPEC 68) e dentre os maiores valores de PSS uma seleção do Equador (EET 59) e uma da Indonésia (GW 1).

Dentre os 40 maiores valores de RSSU, 21 foram observados com seleções feitas dentro das variedades locais da Bahia (CEPEC 10, SIC, SIAL, EEG), sendo a proporção muito superior à frequência relativa destes na coleção; e valores elevados podem ser considerados como de interesse, quando o objetivo é utilizar comercialmente somente as amêndoas, pois significam menores consumos de fotoassimilados para a produção de polpa.

Com as características de fruto, voltam a se destacar materiais procedentes da América Central, México e Caribe, agora acompanhados de híbridos (CCN, TSA, TSH, CEPECs 27, 29, 31, 33, 49, 50 e 59).

Incluem-se, ainda, nas listas de maiores valores para PSUF, uma seleção de Samoa (LAFI 7) e um clone coletado no Peru (IMC 30); para PF, além dos dois anteriores, uma seleção da República dos Camarões (SNK 12), um Criollo da Venezuela (OC 66), dois clones coletados no Equador (MOQ 417 e MOQ 647), dois coletados no Peru (IMC 67 e IMC 76), um coletado no Pará (Be 9), uma seleção da Colômbia (SC 49), um híbrido de Criollo obtido na Bahia (CEPEC 5), um material de origem desconhecida (Cojon del Toro) e uma seleção do Sul da Bahia, de material conhecido popularmente como Pará manteiga, cuja possível ascendência será posteriormente discutida (CEPEC 86), enquanto que para PSSF a lista dos 40 maiores valores fica restrita aos materiais procedentes da América Central, México e Caribe, e híbridos, tendo como possíveis exceções, apenas, os clones de origem desconhecida: DES e CEPEC com numeração superior a 500.

Para uma melhor compreensão das diferenças entre materiais de acordo com o tipo, procedência, grau de domesticação e variedade, foram analisadas as diferenças entre grupos ou séries de genótipos, constituídos conforme disposto na Tabela 1. Novamente, as análises foram realizadas agrupando-se materiais com maior homogeneidade de variância (limite máximo de 7 vezes entre a maior e a menor) e as séries e grupos listados foram incluídas nas análises quando da ocorrência de, no mínimo, dois acessos, do grupo ou série, dentro do conjunto definido pelas variâncias.

Com o grupo de maiores variâncias, foram constatadas diferenças significativas a 0,01% para todos os efeitos (época de amostragem, grupo de acessos, acessos dentro de grupo, interação entre época

e grupo e interação entre época e acessos dentro de grupo) e variáveis (PSU, PSS, RSSU, PSUF, PF e PSSF) e com o de menores só não foram significativos, a 5% de probabilidade, as interações período x acesso dentro de grupo para as variáveis PSUF e PF (em todos os casos, época, grupo e acesso dentro de grupo foram significativos a 0,01% de probabilidade).

Com cada variável analisada como medidas repetidas em modelo multivariado (PROC GLM – MANOVA, para a interpretação dos efeitos de grupo e acesso dentro de grupo e PROC GLM – REPEATED, para a consideração dos efeitos de época e interações – SAS System, SAS Institute, 1988), foi constatada significância a 0,01% de probabilidade pelo teste de Wilks para todos os efeitos, variáveis e grupos. Estes resultados permitem a conclusão de que há ocorrência generalizada de efeitos de interações.

De modo coerente ao já relatado, os maiores valores para PSU e PSS foram observados com grupos e séries procedentes do México, América Central, Venezuela e Caribe: UF, ICS, RIM, MEX, OC, GS, CC, SGU e VE; alguns grupos de materiais híbridos: CCN e CTF e com a série SC da Colômbia, que foi gerada por seleções do ICA (Instituto Colombiano de Agropecuária) e engloba materiais do tipo Tinitário (ICGD, 2024) (Tabela 4 e Tabela 5).

A série CAS, procedente de seleções feitas no Campo Agrícola de Santarém, onde havia clones introduzidos e seleções locais (Almeida, et al., 1987), e que tem caracterização de tipo dúbia, está entre os grupos de maiores PSU, mas aí se coloca mais pela sua elevada proporção de polpa (baixo RSSU). A série EET, obtida de seleções dentro de populações formadas pela mistura da variedade nacional do Equador com introduções, principalmente de Trinitários e Criollos (Bartley, 2001), tem, também, valores elevados de PSU e PSS.

Os maiores valores para estes caracteres são observados em seleção efetuadas em material domesticado, sendo exceções as seleções das variedades locais da Bahia, que mostram valores reduzidos, e neste aspecto estão estas acompanhadas de grupos também forasteiros, porém selvagens, resultantes de prospeção em florestas ou, as vezes, em fazendas, mas dentro da área de dispersão natural da espécie: SCA, ABR, CEQ (na verdade de origem desconhecida, mas com características que o tipificam



Tabela 4- Médias ajustadas de grupos com origem comum para os caracteres: peso de uma semente úmida (PSU), peso de uma semente seca (PSS), peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), peso total de fruto (PF), peso de semente seca por fruto (PSSF) e relação semente seca / semente úmida (RSSSU); e número de representantes considerados (NR)

GR	PSU	NR	GR	PSS	NR	GR	RSSSU	NR	GR	PSUF	NR	GR	PF	NR	GR	PSSF	NR
<b>Grupo 1 - Maiores Variâncias</b>																	
UF	2,27	19	UF	1,36	20	BAH	0,38	78	UF	12,95	24	CCN	33,63	2	UF	7,92	24
ICS	2,24	15	ICS	1,33	16	MOQ	0,38	2	RIM	12,60	18	MOQ	29,22	3	RIM	7,63	18
RIM	2,15	14	RIM	1,32	12	CTF	0,38	14	ICS	12,52	16	UF	27,66	20	MEX	7,45	4
MEX	2,15	4	MEX	1,28	2	SPA	0,38	6	IMC	12,29	9	RIM	27,63	18	ICS	7,42	15
OC	2,13	4	OC	1,26	3	BE	0,38	10	CAS	12,17	2	CAS	27,51	2	CTF	7,38	14
GS	2,04	2	SC	1,24	4	EET	0,37	8	CTF	12,03	14	IMC	27,47	8	SC	7,38	3
CC	1,99	13	CCN	1,18	2	VE	0,37	2	MEX	12,01	5	ICS	27,43	14	MOQ	7,31	2
SC	1,99	3	CC	1,18	13	RIM	0,37	14	MA	11,61	4	OC	27,31	4	OC	6,99	3
SGU	1,98	5	SGU	1,18	5	CC	0,37	11	CC	11,57	12	SC	27,08	4	CC	6,99	13
CCN	1,94	2	GS	1,17	2	UF	0,37	17	OC	11,49	4	MEX	26,61	5	IMC	6,95	9
VE	1,90	2	CTF	1,15	13	CA	0,37	3	SC	11,41	4	MA	26,46	4	SGU	6,92	6
CAS	1,90	3	VE	1,15	4	SC	0,37	3	CA	11,37	6	SPA	26,29	5	GS	6,77	2
EET	1,90	11	EET	1,14	9	SGU	0,36	7	SGU	11,36	6	GS	25,91	3	MA	6,77	5
CTF	1,88	14	CJ	1,08	4	MEX	0,36	4	MOQ	11,09	2	CA	25,35	6	CA	6,76	6
CHC	1,87	6	BE	1,07	7	ICS	0,36	16	BE	11,08	9	BE	25,18	10	BE	6,72	8
BE	1,86	7	CHC	1,07	7	CJ	0,36	7	CJ	10,86	6	SGU	25,08	6	EET	6,60	10
PA	1,86	25	CA	1,07	3	CSU	0,36	6	SDE	10,83	34	VE	25,02	4	SPA	6,54	5
IMC	1,82	5	MOQ	1,07	2	MA	0,36	5	EET	10,82	11	CTF	24,37	14	CJ	6,43	6
MA	1,80	4	MA	1,06	5	SDE	0,36	31	GS	10,81	2	EET	23,75	10	SDE	6,43	34
MOQ	1,79	3	IMC	1,06	4	POU	0,36	11	SPA	10,75	7	CHC	23,59	8	VE	6,35	3
CA	1,79	6	PA	1,05	19	ABR	0,35	10	VE	10,72	3	CC	23,57	11	BAH	6,24	90
SDE	1,76	37	SDE	1,03	30	GS	0,35	3	PA	10,47	23	SDE	23,31	36	CHC	6,11	9
CJ	1,73	7	CAS	1,01	2	RB	0,35	12	PER	10,35	4	PER	22,69	5	PA	5,97	21
SPA	1,70	6	BAH	1,01	95	PER	0,35	3	CEQ	10,17	5	CJ	22,64	6	POU	5,91	10
ABR	1,69	9	ABR	1,00	7	NA	0,35	4	CHC	10,13	8	RB	22,34	9	ABR	5,79	9
NA	1,65	5	SPA	0,98	3	CHC	0,34	8	BAH	10,07	95	PA	22,21	25	CEQ	5,71	3
PER	1,64	4	POU	0,96	10	CAS	0,33	3	ABR	9,97	10	POU	22,05	8	NA	5,51	4
POU	1,63	7	NA	0,96	5	CEQ	0,33	2	POU	9,85	11	ABR	21,95	10	PER	5,22	3
BAH	1,62	94	RB	0,91	6	IMC	0,32	7	NA	9,43	3	CEQ	21,63	4	CSU	5,12	4
RB	1,57	6	PER	0,89	2	PA	0,32	23	SCA	9,01	2	BAH	21,50	100	RB	5,10	9
CSU	1,38	3	CSU	0,84	4	SCA	0,31	2	RB	8,71	12	NA	19,56	5	SCA	5,09	2
									CSU	8,33	6	CSU	19,20	7			
DMS	0,07			0,05			0,02			0,78			1,89			0,56	
TUKEY 5%																	

como Forastero Amazônico), CJ, IMC, CSU, PER, RB, NA, POU, etc.

Este padrão se repete para peso de semente por fruto e peso de fruto, mas a separação não é tão nítida, havendo grupos de seleções de materiais amazônicos inseridos dentre aqueles com maiores valores: MA, IMC, o que mostra a viabilidade de se buscar genes para o melhoramento destes caracteres também neste tipo (o grupo MOQ do Equador, incluído entre os de maiores valores, não pode ser caracterizado como Forastero e sua constituição é análoga à dos EETs – ICGD, 2024).

Por outro lado, alguns grupos importantes quanto à possibilidade de fornecer genes de resistência à vassoura-de-bruxa e à podridão parda e para o incremento do teor de gordura entre eles: CSU, POU,

NA, CEQ, PER, além dos Scavinas (Pires et al., 1997; 1998; 2021; 2022;), possuem frutos e sementes pequenas. O grupo SCA se destaca, ainda, por apresentar um dos menores valores de RSSSU, o que indica um amplo consumo de fotoassimilados na produção de polpa (isto, se analisado por outro ângulo, e tendo-se, também, em conta o sabor adocicado característico de sua polpa, dominante em cruzamentos, notadamente em respeito ao clone Scavina 6, leva a constatação de que o grupo é promissor em respeito a este caráter para utilização no melhoramento, se houver interesse no aproveitamento da polpa). Para a RSSSU não há tendência clara para origem ou tipo.

Quando da consideração dos caracteres simultaneamente, a análise multivariada, feita a partir das médias ajustadas, obtidas pelas análises anteriores,

Tabela 5- Médias ajustadas de grupos com origem comum para os caracteres: peso de uma semente úmida (PSU), peso de uma semente seca (PSS), peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), peso total de fruto (PF), peso de semente seca por fruto (PSSF) e relação semente seca / semente úmida (RSSSU); e número de representantes considerados (NR)

GR	PSU	NR	GR	PSS	NR	GR	RSSSU	NR	GR	PSUF	NR	GR	PF	NR	GR	PSSF	NR
<b>Grupo 2 - Menores Variâncias</b>																	
RIM	2,14	5	MEX	1,30	3	BAH	0,39	27	ICS	13,26	2	UF	27,84	4	ICS	8,10	3
ICS	2,05	3	RIM	1,29	7	CC	0,39	2	SDE	11,81	2	CC	25,70	3	SPA	6,95	2
UF	1,94	5	SGU	1,23	2	ABR	0,38	2	GS	11,13	2	SPA	24,01	2	PER	6,91	2
SGU	1,94	2	UF	1,21	4	RIM	0,37	5	CC	10,96	2	CHC	23,09	3	CFF	6,80	2
VE	1,94	2	EET	1,18	2	OC	0,37	3	PA	10,80	4	CAS	22,95	2	SDE	6,75	3
PA	1,79	3	CAS	1,13	2	EET	0,37	3	BE	10,43	2	BAH	22,05	9	GS	6,60	2
GS	1,78	2	CHC	1,10	3	UF	0,37	7	CAS	10,26	2	ICS	21,81	4	BE	6,48	3
CHC	1,78	4	SDE	1,09	7	ICS	0,36	2	CHC	9,93	3	PA	21,61	3	CAS	6,44	3
MA	1,70	2	SPA	1,08	4	CEQ	0,35	2	BAH	9,92	13	RB	20,28	7	ABR	6,28	2
BAH	1,66	15	GS	1,06	2	IMC	0,35	2	NA	9,10	2	POU	17,99	3	BAH	6,16	19
IMC	1,62	2	BE	1,06	4	SDE	0,35	5	CSU	8,46	2	CSU	17,94	2	CHC	5,90	2
SCA	1,62	2	CA	1,06	3	CHC	0,35	3	RB	8,19	4				PA	5,82	7
BE	1,60	3	PA	1,04	9	CA	0,34	3							RB	5,04	7
POU	1,58	2	PER	1,03	2	RB	0,34	3							CSU	4,85	4
ABR	1,51	3	BAH	1,00	14	PER	0,34	2									
CEQ	1,51	3	IMC	1,00	4	VE	0,34	2									
RB	1,45	9	CJ	0,99	3	CSU	0,32	3									
CSU	1,36	5	ABR	0,96	5	PA	0,32	5									
			SCA	0,89	2												
			CEQ	0,88	3												
			RB	0,88	8												
			CSU	0,79	4												
DMS	0,06			0,03			0,02			0,60			1,05			0,40	
TUKEY	5%																

com os grupos como fonte de variação e os diversos clones dentro de grupos como repetições destes, mostrou diferenças significativas entre grupos, a 0,01% de probabilidade, pelo teste de Wilks.

As probabilidades para a aceitação ou rejeição das hipóteses de igualdade para os contrastes entre as médias dos diversos grupos são apresentados nas Tabela 6 e Tabela 7, e as amplas distinções entre grupos, notadamente os de diferentes origens, mostra que os caracteres considerados podem ser usados como elementos de caracterização de materiais. Ilustrando este aspecto tem-se que, por exemplo, o grupo de seleções feitas nas variedades tradicionais da Bahia só não difere significativamente a 5% de probabilidade dos grupos CJ e Pound, o grupo CCN difere de todos, o grupo CSU só não difere do SCA e o ICS dos grupos MEX, OC e RIM.

A análise de variáveis canônicas a partir das seis variáveis discutidas, utilizando-se as médias ajustadas e tendo-se os acessos como repetições de grupos (PROC CANDISC – SAS INSTITUTE, 1988) resultam em 6 variáveis com diferenças significativas (5%) entre os grupos, sendo que três delas acumulam

83,2% da variação total (primeira variável 49,5%, segunda 20,3%, terceira 13,5%, Quarta 9,6%, Quinta 4,1%, Sexta 3,0%). A primeira é determinada, principalmente (maiores coeficientes de ponderação), pelo PSS, RSSSU e PSUF, mas mantém alta correlação com PSU (0,96) e PSS (0,91), média com PSUF (0,67), PMF (0,59) e PSSF (0,63) e tem baixa correlação com RSSSU. A segunda tem para as variáveis PSS, RSSSU e PSSF os maiores coeficientes de ponderação e as correlações mais altas ocorrem com a RSSSU (0,85) e o PSSF (0,66). Já a terceira é determinada principalmente pelo PMF, única variável com quem preserva correlação superior a 50% (0,69), enquanto as demais variáveis canônicas não têm correlação superior a 50% em valor absoluto com nenhuma das variáveis originais.

Estes resultados mostram uma clara diferenciação entre materiais domesticados procedentes do México, América Central, Caribe e Venezuela e materiais procedentes da América do Sul, notadamente os selvagens, conforme apresentado na Figura 1, onde estão dispostas as médias de grupos para as três primeiras variáveis canônicas. Os primeiros são

representados por estrelas, verdes para os procedentes da Venezuela e vermelhas para os demais, e ocupam posições relativas a valores elevados para a primeira e segunda variável canônica e de intermediários a reduzidos para a terceira. Os materiais procedentes da América do Sul são representados pelo símbolo de paus, a exceção da série EET, do Equador, mais próxima dos Trinitários e Criollos, que é representada por uma flâmula negra, e do grupo CEQ representado por um losango negro, sendo que este, de origem desconhecida, posiciona-se entre os amazônicos.

Os materiais da Colômbia (SPA e SC) estão destacados em amarelo e o grupo que se coloca entre os Trinitários e Criollos é o SC. Este último, conforme já descrito, tem como origem seleções realizadas pelo ICA (Instituto Colombiano de Agropecuária) e engloba materiais do tipo Trinitário, enquanto o grupo SPA é formado, também por seleções conduzida por este Instituto, mas em uma progênie de uma planta procedente do Peru, provavelmente da região do rio Napo (ICGD, 2024), o que condiz com seus posicionamentos. Os grupos de acesso procedentes do Brasil são apresentados em verde (a maioria), com o de seleções da Bahia destacado em vermelho. Este último tem valor reduzido para a terceira variável (alta RSSSU e PMF baixo), sendo esta posição oposta aos materiais do Equador MOQ (realçados em negro), selecionados na Fazenda Moquique, por Pound (ICGD, 2024), cujos representantes aqui considerados provêm de três árvores diferentes que podem envolver genes da variedade nacional do Equador e de Trinitários. É também oposta aos híbridos do Equador CCN, (destacados em verde - os híbridos são representadas por pirâmides), que descendem de um material desconhecido de denominação Canellos e cruzamentos feito por Homero Castro envolvendo Trinitários (informação não

Tabela 6 - Probabilidades de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre médias de grupos (GR) - análise multivariada para o peso de uma semente úmida, de uma semente seca, de sementes úmidas por fruto, de semente seca por fruto, peso total de fruto e relação semente seca semente úmida - teste de Wilks

GR	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ABR	1	0,0107	0,1641	0,2464	0,1898	0,0005	0,0001	0,0007	0,0003	0,9032	0,0024	0,0001	0,0044	0,1415	0,0001	0,0008	0,1833	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,5388
BAH	2		0,0020	0,0008	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,2699	0,0001	0,0001	0,0001	0,0051	0,0001	0,0001	0,0014	0,0001	0,0001	0,0182	0,0001	0,0026
BE	3			0,9377	0,0790	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,3111	0,0001	0,0095	0,0032	0,3671	0,0001	0,0098	0,9477	0,0001	0,0001	0,0036	0,0001	0,0237
CA	4				0,2651	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,2669	0,0001	0,0081	0,0036	0,3000	0,0001	0,3240	0,9988	0,0001	0,0003	0,0054	0,0001	0,0675
CAS	5					0,1256	0,0001	0,0002	0,4713	0,1759	0,0002	0,0031	0,2854	0,6128	0,0027	0,0146	0,2604	0,0528	0,0001	0,1033	0,0544	0,5553
CC	6						0,0001	0,0001	0,0055	0,0200	0,0001	0,0001	0,6936	0,1725	0,0001	0,0001	0,0002	0,0034	0,0001	0,0066	0,0611	0,0001
CCN	7							0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CEQ	8								0,0001	0,0007	0,0090	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0006
CHC	9									0,0018	0,0001	0,0001	0,0595	0,5924	0,0001	0,0001	0,0011	0,0079	0,0001	0,0561	0,0381	0,0001
CJ	10										0,0009	0,0550	0,0346	0,2582	0,0001	0,0012	0,1702	0,0001	0,0001	0,2874	0,0001	0,2481
CSU	11											0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0268	0,0001	0,0001	
CTF	12												0,0001	0,0425	0,0001	0,0001	0,0068	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
EET	13													0,7052	0,0001	0,0001	0,0089	0,0303	0,0001	0,0096	0,1673	0,0001
GS	14														0,0011	0,0004	0,4285	0,1217	0,0006	0,0877	0,0762	0,0005
ICS	15															0,0001	0,0001	0,1488	0,0001	0,0001	0,0866	0,0001
IMC	16																0,2150	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0035
MA	17																	0,0001	0,0030	0,0053	0,0002	0,0001
MEX	18																		0,0001	0,0001	0,4691	0,0001
MOQ	19																		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
NA	20																			0,0002	0,0009	0,1592
OC	21																				0,0027	0,0001
PA	22																					0,0387

Tabela 7- Probabilidades de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre médias de grupos (GR) - análise multivariada para o peso de uma semente úmida, de uma semente seca, de sementes úmidas por fruto, de semente seca por fruto, peso total de fruto e relação semente seca semente úmida - teste de Wilks.

GR		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
ABR	1	0,7195	0,0017	0,0001	0,0001	0,0266	0,5842	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
BAH	2	0,0717	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001
BE	3	0,0165	0,0001	0,0001	0,0014	0,0001	0,2453	0,0009	0,6684	0,0001	0,0012
CA	4	0,0264	0,0005	0,0001	0,0016	0,0067	0,4869	0,0017	0,5051	0,0001	0,0002
CAS	5	0,0407	0,0054	0,0078	0,1253	0,2637	0,2437	0,3048	0,0143	0,0062	0,3475
CC	6	0,0001	0,0001	0,0002	0,0100	0,0009	0,0001	0,6148	0,0001	0,0001	0,1589
CCN	7	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CEQ	8	0,0011	0,0001	0,0001	0,0001	0,0057	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CHC	9	0,0002	0,0001	0,0001	0,2294	0,1559	0,0001	0,1580	0,0001	0,0001	0,2580
CJ	10	0,8160	0,0001	0,0001	0,0006	0,0121	0,9195	0,0080	0,0166	0,0001	0,0027
CSU	11	0,0389	0,0080	0,0001	0,0001	0,0610	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CTF	12	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
EET	13	0,0003	0,0001	0,0019	0,1828	0,0019	0,0003	0,8164	0,0002	0,0001	0,6092
GS	14	0,0500	0,0009	0,0310	0,6385	0,0411	0,2116	0,5867	0,1469	0,0557	0,3730
ICS	15	0,0001	0,0001	0,0578	0,0022	0,0001	0,0001	0,0101	0,0001	0,0066	0,0037
IMC	16	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0004	0,0001	0,0029	0,0001	0,0001
MA	17	0,0199	0,0027	0,0001	0,0078	0,0085	0,2985	0,0043	0,8075	0,0001	0,0060
MEX	18	0,0001	0,0001	0,0957	0,6634	0,0001	0,0001	0,0723	0,0001	0,4333	0,2298
MOQ	19	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0075	0,0001	0,0001
NA	20	0,6538	0,0024	0,0001	0,0021	0,1609	0,0272	0,0019	0,0008	0,0001	0,0067
OC	21	0,0001	0,0001	0,1117	0,4616	0,0006	0,0001	0,3448	0,0001	0,0249	0,8685
PA	22	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1061	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005
PER	23	0,1191	0,0585	0,0001	0,0011	0,0536	0,1000	0,0165	0,0040	0,0001	0,0793
POU	24		0,0002	0,0001	0,0001	0,0379	0,1011	0,0001	0,0018	0,0001	0,0001
RB	25			0,0001	0,0001	0,0382	0,0001	0,0001	0,0011	0,0001	0,0001
RIM	26				0,0273	0,0001	0,0001	0,1409	0,0001	0,0859	0,0167
SC	27					0,0031	0,0001	0,2199	0,0017	0,0991	0,5982
SCA	28						0,0057	0,0043	0,0007	0,0001	0,0090
SDE	29							0,0002	0,0027	0,0001	0,0003
SGU	30								0,0001	0,0115	0,5445
SPA	31									0,0001	0,0006
UF	32										0,0029

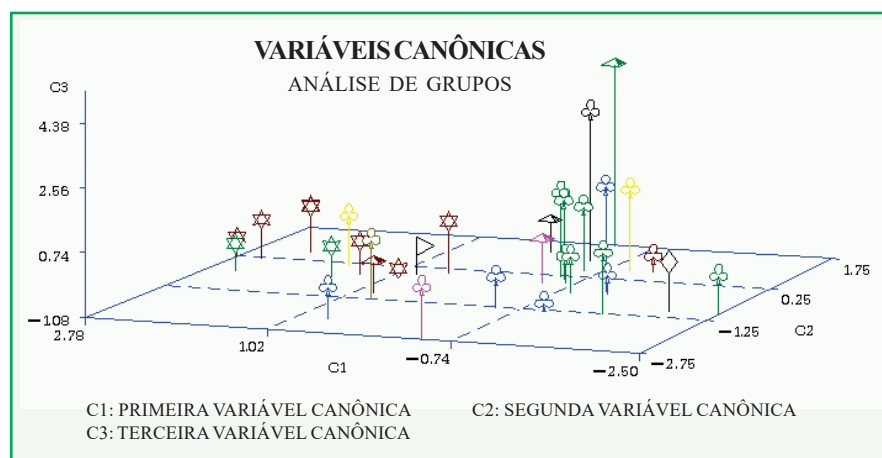


Figura 1 - Dispersão gráfica de séries segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis: peso de uma semente seca, peso de sementes úmidas por fruto, peso total de fruto, peso de semente seca por fruto e relação semente seca / semente úmida

publicada). Outro dos grupos procedentes da Amazônia está destacado (em marrom) e coloca-se próximo aos Trinitários e Criollos. Este grupo é o CAS cuja origem genética não é definida, conforme já citado (na Estação Experimental de Santarém, onde havia materiais procedentes do Peru, Trinitade, Costa Rica, Equador e da própria região, foram selecionados quatro clones CAS 1, 2, 3, 4, com base em características de fruto e resistência - Almeida et. al., 1987).

Os grupos procedentes do Peru estão representados em azul, com exceção do SCA, em rosa, cor também usada para o grupo formado por seus descendentes (pirâmide), este último próximo, ou mesmo inserido entre os grupos amazônicos (dentre os descendentes de Scavina há cruzamentos com Trinitários, mas não são predominantes), enquanto que o grupo Scavina realça-se na figura pelo menor valor para segunda variável canônica em razão da conjunção de baixo PSSF e baixa RSSSU.

O grupo CEPEC híbrido de Criollo, CHC - pirâmide vermelha, insere-se, coerentemente, próximo aos grupos de Trinitários e Criollos e o grupo CEPEC Trinitários x Forasteros, CTF - pirâmide preta, aproxima-se dos Forasteros (os demais grupos podem ser identificados pela consideração conjunta da



Figura 1 e da Tabela 8, em que são apresentados os valores das coordenadas relativas a cada grupo para as três variáveis canônicas; e uma visualização geral de todos os acessos considerados pode ser obtida através da Figura 2, que preserva as mesmas codificações).

Tem-se, então que este grupo reduzido de variáveis, notadamente as relativas ao peso de sementes e frutos, distingue com eficiência materiais com origens e formação diferentes, inclusive posicionando híbridos de forma intermediária, conforme o maior ou menor peso de cada tipo de ascendência.

Tabela 8 - Valores para grupos de origem comum de variáveis canônicas (CAN) formadas a partir das variáveis: peso de uma semente seca, peso de sementes úmidas por fruto, peso total de fruto, peso de semente seca por fruto e relação semente seca/ semente úmida

GRUPO	CAN1	CAN2	CAN3	GRUPO	CAN1	CAN2	CAN3
ABR	-0,855	-0,461	0,008	MEX	2,528	0,227	0,044
BAH	-1,185	0,652	-0,570	MOQ	-0,417	0,990	3,323
BE	-0,544	0,543	0,818	NA	-0,793	-0,909	-1,079
CA	-0,538	0,111	1,242	OC	2,470	-0,429	-0,283
CAS	0,726	-1,259	0,653	PA	0,709	-2,181	-0,147
CC	0,945	-0,214	-0,857	PER	-0,494	-1,276	-0,176
CCN	-0,329	1,747	4,379	POU	-1,188	-0,402	-0,499
CEQ	-2,021	-0,957	0,310	RB	-1,526	-1,283	0,706
CHC	0,834	-0,983	-0,103	RIM	2,225	0,625	0,254
CJ	-0,614	-0,028	-0,280	SC	1,614	0,149	0,398
CSU	-2,500	-0,977	0,035	SCA	-0,458	-2,754	0,397
CTF	0,114	1,292	-0,080	SDE	-0,434	-0,138	0,265
EET	0,842	-0,063	-0,280	SGU	1,319	-0,244	-0,117
GS	0,574	0,061	0,427	SPA	-0,943	0,684	1,299
ICS	2,779	0,234	-0,509	UF	2,278	0,742	0,229
IMC	-1,125	-0,296	1,960	VE	1,382	-0,706	-0,011
MA	-0,476	0,186	1,417				

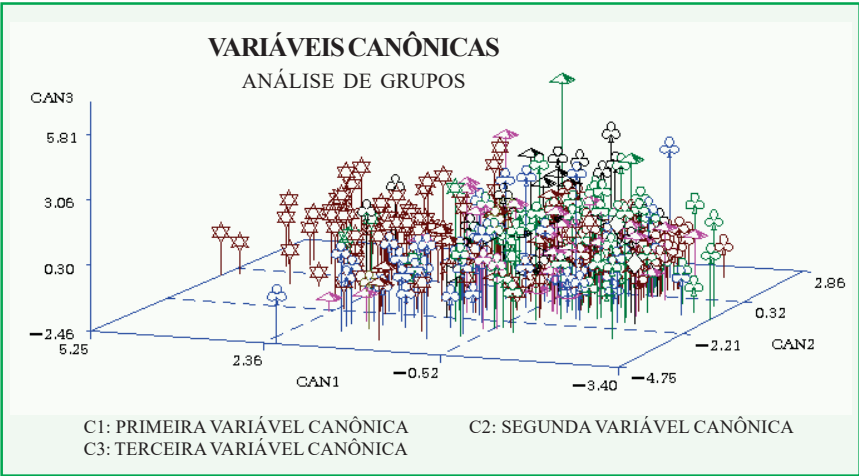


Figura 2 -Dispersão gráfica de acessos segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis: peso de uma semente seca, peso de sementes úmidas por fruto, peso total de fruto, peso de semente seca por fruto e relação semente seca / semente úmida.

**Relações entre o desempenho “per se” de clones e a capacidade geral de combinação**

Para o estudo da importância da avaliação de germoplasma em respeito à seleção de genótipos para a introdução em programas de melhoramento, ou da eficiência da seleção de clones para processos recorrentes de melhoramento, foram analisados, a princípio, para as variáveis PSU, PSS e RSSSU, dois ensaios de avaliação de cultivares híbridas, denominados no CEPEC de ensaios 4 e 32. Para estes as distribuições de frequências seguiram padrão de curvas normais sem desvio importante (respectivamente, D = 0,027 e 0,032), embora tenham sido identificadas como distintas da normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e, apesar da significância do teste de Bartlett para a homogeneidade das variâncias, não houve distinções maiores que 5,1 vezes entre a menor e maior variância dentro de tratamento para as variáveis consideradas, nos dois ensaios.

O ensaio 4 foi analisado tendo-se como fontes de variação a época, o bloco, o grupo 1 (clones: DR2, ICS3 e UF 613), o grupo 2 (progenitores da série SIC), a interação grupo 1 x grupo 2, semente dentro de grupo 1 x grupo 2, e as interações: época x grupo 1, época x grupo 2, época x grupo 1 x grupo 2 e época x semente dentro de grupo 1 x grupo 2 (PROC GLM – SAS System –SAS Institute, 1988).

Considerados os efeitos ajustados apenas para aqueles que os precedem, foram observados efeitos significativos de época, grupo 1 e grupo 2 (a 0,01%) para PSU, PSS e RSSSU, mostrando a possibilidade de identificação de diferenças para a capacidade geral de combinação mesmo em grupos de clones com grande uniformidade, como é o caso das seleções locais. Foi, ainda, constatada significância (a 0,01% de probabilidade) para as interações grupo 1 x grupo 2, ou capacidade específica de combinação, para as três variáveis; e todas as interações foram significativas (a 5% para época x grupo 1, com a variável PSS e a 0,01% para as demais interações e efeitos), a exceção daquelas que incluíram o efeito de semente dentro de grupo 1 x grupo 2. Não foram identificadas diferenças significativas entre sementes dentro de progênie (grupo 1 x grupo 2).

Tomando-se as médias ajustadas de progenitores, obtidas com a redução do modelo, pela desconsideração das interações e efeito de planta, verificou-se significância (a 5%) para a correlação entre estes valores e os obtidos com as avaliações dos clones “per se” apenas para o caso da variável RSSSU com o grupo 2 (0,68). Assim pequenas diferenças observadas na avaliação de germoplasma, como as entre os clones SIC para PSU e PSS não permitiram a previsão das diferenças quanto à capacidade geral de combinação, ao contrário do que ocorre quando de distinções mais nítidas, como será mostrado com o ensaio 32.

Este foi analisado em modelo com blocos, grupo 1 (Ca 4, Ma 15, ICS 1 e UF 613), grupo 2 (IMC 67, Pound 12 e Pa 150) e interação grupo 1 x grupo 2 como fontes de variação. Houve diferenças significativas entre os progenitores do grupo 2 para PSU, PSS e RSSSU (0,01% de probabilidade) e entre os do grupo 1 para PSU e PSS (0,01%). As interações foram significativas a 0,01% para PSU e PSS e a 5% para RSSSU. Neste caso, as correlações de Pearson entre as médias de progenitores (obtidas sem a necessidade de redução do modelo) e as da avaliação “per se” foram significativas (a 10%), para o grupo 1 com as variáveis PSU (0,94) e PSS (0,93) (para o grupo 2, cujos clones tem menores diferenças de PSU e PSS as correlações foram não significativas).

Desta forma foi possível observar que distinções expressivas observadas entre genótipos avaliados na coleção de germoplasma podem ser indicadores eficientes de diferenças quanto à capacidade geral de combinação, comprovando a importância deste processo de avaliação.

A relação entre o desempenho “per se” de clones e o comportamento destes como progenitores também foi avaliada para a variável PSUF. Para tal, foram considerados dados dos ensaios 1, 33, 34, 35, 37, 40, 41 e 42 (Monteiro et al, 1995). Todos mostraram distribuição diferente da normal pelos testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov, mas as curvas de distribuição de frequência não mostraram qualquer desvio importante (na ordem,  $W = 0,948$ ;  $D = 0,020$ ;  $0,051$ ;  $0,050$ ;  $0,057$  e para o conjunto 40-41-42,  $D = 0,055$ ). Foi constatada heterogeneidade de variância dentro de tratamentos pelo teste de Bartlett, a 5%, para todos os ensaios a exceção do 1, mas os tratamentos considerados (listados anteriormente) apresentaram variâncias cujas diferenças não superam o valor 7. As relações entre maiores e menores variâncias foram de 6,38 para o ensaio 1 (na verdade, neste caso, combinações com um quinto progenitor, o ICS 1, pertencente ao desenho original, que conduziam a não homogeneidade pelo teste de Bartlett, tiveram que ser desconsiderados para manter as diferenças entre variáveis dentro do limite de 7 vezes); de 1,8 para o ensaio 33; de 2,86 para o ensaio 34; de 2,87 para o ensaio 35; de 2,13 para o ensaio 37 e de 3,32 para a análise conjunta dos ensaios 40, 41 e 42.

Houve efeito significativo de ano (a 0,01%) para os ensaios com esta fonte de variação (ensaios 1, 33, 34, 35 e 37); as interações ano x mãe foram significativas (a 0,01%) nos ensaios 33, 35 e 37 e as interações ano x pai e ano x pai x mãe foram não significativas (a 5% de probabilidade) nos 5 ensaios. Os ensaios com dados por planta mostraram efeito significativo a 0,01% para planta dentro de pai x mãe (33, 34, 35 e 37) ou planta dentro de tratamento (conjunto 40, 41, 42). Com o ensaio 1, foram observados efeitos significativos a 0,01% para mãe e pai (neste caso o conjunto de mães e pais é o mesmo, pois temos aqui um dialelo completo) e interação mãe x pai. O mesmo foi observado para os ensaios 34, 35 e 37. Com o ensaio 33 verificou-

se significância para as diferenças entre mães (a 0,01% de probabilidade), ausência de efeitos significativos de pais (a 5%) e efeito significativo da interação mãe x pai (a 1%).

Para os ensaios com dados tomados durante mais de um ano (ensaios 1, 33, 34, 35 e 37), a análise do PSUF como medidas repetidas (PROC GLM - MANOVA, para a interpretação dos efeitos de pai, mãe e interação pai x mãe e PROC GLM REPEATED para os efeitos de ano e interação que incluem este fator - SAS System, SAS Institute, 1988) levou a resultados análogos. As diferenças dignas de nota foram: para o ensaio 33 a interação ano x pai x mãe foi significativa a 5% pelos teste de Wilks; e para o 34 foi significativa, a 5%, a interação ano x pai.

Para o grupo de ensaios 40-41-42 foram observados efeitos significativos de ensaio (a 0,01%), ausência de efeitos significativos da interação entre tratamentos comuns e ensaios (a 1% de probabilidade) e diferenças significativas entre tratamentos (a 0,01%). Analisado pela metodologia de Griffing este conjunto de ensaios mostrou diferenças amplamente significativas para a capacidade geral de combinação das mães e pais (valor de F superior a 20.000) e para a capacidade específica de combinação (valor de F superior a 15.000, com 12.693 graus de liberdade do resíduo).

Desta forma, constata-se a possibilidade de identificação de diferenças quanto à capacidade geral de combinação mesmo para grupos ou populações mais uniformes como a representada pelas séries SIC, SIAL e EEG (exemplo ensaios 34, 35 e 37) e há, de modo geral, amplos efeitos em relação às combinações específicas.

Quanto à predição da capacidade geral de combinação pela avaliação “per se” dos clones, foram observadas correlações altas entre médias geradas pela avaliação de germoplasma e médias de progenitores dos diversos ensaios. Estas correlações tiveram valores de 0,99 (Pearson, significativa a 1% de probabilidade) para o grupo de pais dos ensaios 40, 41 e 42, que incluem dois clones Trinitários com maiores valores e dois locais, e de 0,87 (significativa a 1%) para o grupo de mães que contempla apenas materiais da Amazônia brasileira. Para os demais ensaios, cujos grupos de progenitores, em sua maioria, têm número menor

de representantes, o que torna as comparações menos precisas, foram observados os valores: 0,85 para o grupo de mães do ensaio 37 (não significativo – 3 representantes, todos do tipo comum) e 1,0 para o grupo de pais (significativo a 1% - 3 representantes); 0,75 para o grupo de mães do ensaio 34 (significativo a 10% - 8 representantes, sendo todos seleções obtidas dentro das variedades tradicionais da Bahia) e 1,0 para pais (não significativo - apenas dois representantes); 0,84 para o grupo de mães do ensaio 33 (não significativo – 3 representantes), para o qual não houve diferenças significativas entre médias de pais; e 0,88 para o grupo de progenitores do ensaio 1 que é um dialelo completo (não significativo - 4 representantes). Apenas para o ensaio 35 os valores das correlações foram inferiores a 0,7: 0,58 para as 5 mães e 0,50 para os 3 pais (estes últimos são seleções locais e não há dados de avaliação “per se” de um quarto pai: o SIAL 169).

Assim, considerando estes resultados conjuntamente, e tendo-se em conta a tendência geral de valores superiores a 0,7 para os coeficientes de correlação, podemos considerar que a avaliação de germoplasma para o caráter é um processo importante na seleção de genótipos para serem introduzidos em programas de melhoramento.

## Conclusões

Foi possível constatar que: há limitações nos processos tradicionais de caracterização de germoplasma de cacau para os descritores de fruto e semente; a consideração de duas amostras de 40 sementes em um único período de safra pode ser sugerida como um método rápido e de baixa demanda de esforços para a avaliação do peso da semente em coleções de germoplasma, e para a análise do peso de frutos e semente úmidas por fruto, pode ser sugerida a utilização de 4 ou 5 amostras em dois períodos de safra; frutos maiores e com maiores pesos de sementes tendem a ter sementes maiores, o que simplifica o melhoramento para estes caracteres em conjunto; a maior parte dos grupos importantes quanto a possibilidade de fornecer genes de resistência à vassoura-de-bruxa e à podridão parda e para o incremento do teor de gordura possuem frutos e

sementes pequenas, que são maiores em populações domesticadas e híbridos; os caracteres considerados podem ser usados como elementos de caracterização de materiais e em conjunto propiciam clara separação de séries de diferentes origens; são identificáveis diferenças para a capacidade geral de combinação para características físicas frutos e sementes mesmo dentro de grupos de clones com elevada uniformidade; há efeitos expressivos da capacidade específica de combinação para o peso de uma semente e peso de sementes por fruto; e distinções entre genótipos ‘per se’ podem ser indicadores eficientes de diferenças quanto à capacidade geral de combinação, para o peso de sementes e o peso de sementes por fruto, comprovando a importância desta avaliação para a seleção de progenitores e comprovando a possibilidade de melhoramento genético para estes caracteres.

### Literatura Citada

- ALMEIDA, C. M. V. C. de et al. 1987. Evolução do programa de conservação de recursos genéticos de cacau na Amazônia brasileira. CEPLAC/DEPEA/ Belém, PA. Boletim Técnico n. 5. 108 p.
- BARTLEY, B. G. D. 2001. Refractorio – An explanation of the meaning of the term and its relationship to the introductions from Ecuador in 1937. INGENIC Newsletter (UK) 6: 10-15.
- CRUZ, C. D. 1997. Programa GENES; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG, UFV. 442p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. 1997. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG, UFV. 390p.
- DANFORD, M. B. et al. 1960. On the analysis of repeated measurements experiments. Biometrics (UK) 16:547-565.
- ENGELS, J. M. M.; Bartley, B. G.; Enriquez, G. A. 1980. Cacao descriptors, their states and modus operandi. Turrialba 30 (2): 209-218.
- INTERNATIONAL COCOA GERMPLASM DATABASE - ICGD. 2024. Reading: University of Reading. Available at: <<http://www.icgd.rdg.ac.uk>>. Accessed on: July 2024.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. 1999. Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall. 816p.
- LYNCH, M.; WALSH, B. 1988. Genetics and Analysis of Quantitative Traits. Sinauer Associates, Massachusetts Inc. 980p.
- LITTELL, R. C. et al. 1996. SAS System for Mixed Models. Cary, NC: SAS Institute Inc. 633p.
- MARTIN, F. G. 1995. Statistical design and analysis. Gainesville, FL, University Copy Center.
- MONTEIRO, W. R. et al. 1995. Desenvolvimento e avaliação de cultivares híbridas de cacau. Informe de Pesquisas, 1987/90, CEPLAC, Ilhéus, BA, Brasil. p.19-23.
- PEREIRA, M. G. et al. 1994. Influência do progenitor paterno sobre caracteres físicos e químicos da semente, relacionados com a qualidade do cacau. Agrotrópica (Brasil) 6(2): 31-40, 1994.
- PIRES, J. L. et al. 1995a. Avaliação de caracteres relacionados com a qualidade de amêndoas de cacau – Ensaio 04. Informe de Pesquisas, 1987/90, CEPLAC, Ilhéus, BA, Brasil. p.11-12.
- PIRES, J. L. et al. 1995b. Avaliação de caracteres relacionados com a qualidade de amêndoas de cacau – Ensaio 32. Informe de Pesquisas, 1987/90, CEPLAC, Ilhéus, BA, Brasil. p.13-15.
- PIRES, J. L. et al. 1997. Resistência em campo de clones de cacauero à podridão parda, causada por *Phytophthora spp.* na Bahia, Brasil. Fitopatologia Brasileira 22: 375-380.
- PIRES, J. L. et al. 1998. Increasing cocoa butter yield through genetic improvement of *Theobroma cacao* L.: Seed fat content variability, inheritance and association with seed yield. Euphytica (USA) 103, 115-121.
- PIRES, J. L.; LUZ, E. D. M. N.; MELO, G. R. P. 2021. New sources of resistance - Cacao germplasm evaluation for natural incidence of witches' broom. Agrotrópica (Brasil) 33(2):91-100.



PIRES, J. L. et al. 2022. Identification of resistance sources to Witches' broom disease – Cacao germplasm evaluation. *Agrotropica (Brasil)* 34(3): 169-180.

SAS INSTITUTE INC. 1988. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03. Cary, NC: SAS Institute Inc, 1028p.



## AValiação GENÉTICA E FENOTÍPICA DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SERINGUEIRA NA REGIÃO NOROESTE PAULISTA

*Ligia Regina Lima Gouvêa<sup>1</sup>, Elaine Cristine Piffer Gonçalves<sup>2</sup>, Ivana Marino Bárbaro<sup>2</sup>, Antônio Lúcio Mello Martins<sup>3</sup>, José Antônio Alberto da Silva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Agronômico (IAC), Av. Barão de Itapura, 1.481, Botafogo, 13020-902, Campinas, SP, Brasil, ligia.gouvea@sp.gov.br; <sup>2</sup>Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Departamento de Descentralização do Desenvolvimento, Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana - CP 35, 15830-000 Colina, SP, Brasil, e-mails: elaine.piffer@sp.gov.br; ivana.torneli@sp.gov.br; joasilva@sp.gov.br; <sup>3</sup>Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Departamento de Descentralização do Desenvolvimento, Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Norte - CP 24, Rod. Washington Luiz, km. 372 Rural, 15830-000 - Pindorama, SP - Brasil, almartins@sp.gov.br

O objetivo deste estudo foi realizar a avaliação genotípica e a fenotípica do desempenho de produção de borracha de cultivares de seringueira na região Noroeste Paulista. O experimento foi instalado sob delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e dez plantas por parcela, no espaçamento 8 m entre linhas e 2,5 m entre plantas. Os tratamentos utilizados foram oito cultivares (PM 10, PR 255, PB 291, IAC 400, IAC 402, IAC 403, IAC 404, IAC 405) e duas testemunhas (RRIM 600 e GT 1). A avaliação da produção de borracha foi realizada a partir do sétimo ano, por duas safras. A idade do seringal no período de avaliação da produção de borracha correspondeu a sete/oito anos e oito/nove anos, respectivamente. Para estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos das análises individuais e conjunta dos dois anos de produção foi utilizado o procedimento de modelo linear misto Reml/Blup (Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição Linear não Viesada). Nos dados fenotípicos, os clones IAC 404, IAC 405, PB 291, PM 10, IAC 403 e IAC 400 superaram a testemunha RRIM 600 em 141%, 139%, 122%, 120%, 106% e 102%, respectivamente. Os quatro melhores clones em valores genotípicos foram IAC 404, IAC 405, PB 291 e PM 10. As médias preditas com a seleção foram: 21,27 %, 20,48 %, 16,26 % e 13,91%, superiores à média do experimento, respectivamente. O plantio diversificado com clones produtivos é uma alternativa para aumentar a produtividade dos cultivos comerciais de seringueira e consequentemente o lucro do produtor.

**Palavras-chave:** Diversificação clonal, parâmetros genéticos e fenotípicos, produção de borracha, seleção.

### **Genetic and phenotypic evaluation of the productive performance of rubber tree cultivars in the Northwest Region of São Paulo.**

This study aimed to perform the genotypic and phenotypic evaluation of the rubber production performance of rubber tree cultivars in the Northwest region of São Paulo. The experiment was evaluated in a randomized block design, with three replications and ten plants per plot, with a spacing of 8m between rows and 2.5m between plants. The treatments used were eight cultivars (PM 10, PR 255, PB 291, IAC 400, IAC 402, IAC 403, IAC 404, IAC 405) and two controls (RRIM 600 and GT 1). The evaluation of rubber production was carried out from the seventh year onwards, for two harvests. The age of the rubber plantation in the rubber production evaluation period corresponded to seven/eight years and eight/nine years, respectively. To estimate the genetic and phenotypic parameters of the individual and joint analyses of the two years of production, the Reml/Blup (Restricted Maximum Likelihood/Best Unbiased Linear Prediction) procedure was used. In the phenotypic data, the clones IAC 404, IAC 405, PB 291, PM 10, IAC 403 and IAC 400 outperformed the control RRIM 600 by 141%, 139%, 122%, 120%, 106% and 102%, respectively. The four best clones in genotypic values were IAC 404, IAC 405, PB 291 and PM 10. The averages predicted with their selection were: 21.27%, 20.48%, 16.26% and 13.91%, higher than the experiment average, respectively. Diversified planting with productive clones is an alternative to increase the productivity of commercial rubber tree crops and consequently the producer's profit.

**Key words:** Clonal diversification, genetic and phenotypic parameters, rubber production, selection.

## Introdução

A seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. A.D. de. Juss. Müell-Arg.)] é uma espécie de grande importância, por ser a principal fonte de borracha natural. No Brasil, o estado de São Paulo é o maior produtor de borracha natural, atingindo 60,5% da produção nacional, em 2023 (IBGE, 2025). O clone mais cultivado em terras paulistas é o clone malaio RRIM 600 (Santanna et al., 2021; Lopes et al., 2022). Esse clone foi introduzido no estado na década de 1950, pelo Instituto Agrônomo (IAC) e é cultivado em vastas áreas, situação que oferece risco de vulnerabilidade genética no caso de praga ou doença que se adapte ao clone (Gonçalves & Marques, 2014).

No Brasil, há dezenas de cultivares (clones) de seringueira obtidos no país e registrados no Ministério da Agricultura (CultivarWeb, 2024), aptos para comercialização. O Instituto Agrônomo (IAC) vem desenvolvendo há décadas um programa de melhoramento genético da seringueira para o Estado de São Paulo. Entre os cultivares obtidos pelo IAC, há vários que apresentaram desempenho produtivo superior ao clone RRIM 600 (Gonçalves et al., 1999, 2001, 2002, 2006, 2007 e 2011) e, também, clones tolerantes às doenças que ocorrem na seringueira (Antonio et al., 2021, Gonçalves et al. 2002 e 2000). Esses clones podem ser utilizados para diversificar o cultivo de seringueira.

A validação agrônoma de cultivares em área de produtor é uma das estratégias de pós-melhoramento genético que pode potencializar a adoção de cultivares de programa de melhoramento genético (Zacharias et al., 2020). Além disso, o uso diversificado de cultivares produtivos de seringueira em plantios comerciais, pode contribuir para um cultivo mais eficiente. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é fazer a avaliação genotípica e fenotípica do desempenho de produção de borracha de cultivares de seringueira.

## Material e Métodos

O experimento é composto por 10 tratamentos, sendo oito cultivares (PM 10, PR 255, PB 291, IAC 400, IAC 402, IAC 403, IAC 404, IAC 405) e duas testemunhas (RRIM 600 e GT 1). A genealogia desses clones é descrita em Gonçalves et al. (2021). O

experimento foi conduzido em área comercial no município de Pontes Gestal, Região Noroeste do Estado de São Paulo, com coordenadas geográficas 20° 12' 03" S; 49° 39' 03" W. O solo é do tipo Argissolo vermelho amarelo, textura argilosa. O experimento foi instalado sob o delineamento de Blocos ao Acaso, com três repetições e dez plantas por parcela, no espaçamento 8 m entre linhas e 2,5 m entre plantas.

A avaliação da produção de borracha foi realizada a partir do sétimo ano. As safras 1 e 2 são referentes às idades de sete/oito e oito/nove anos, respectivamente. Foi utilizado o sistema de sangria,  $\frac{1}{2}$  S d/4 5d/7 ET 2,5% nos dois anos (duas safras), no qual  $\frac{1}{2}$  S corresponde a sangria em meio espiral, d/4 sangrias realizadas a cada quatro dias e 5d/7 corresponde ao período de sangrias em 5 dias da semana e ET 2,5% refere-se à estimulação de Etefon a 2,5%. O registro da produção foi efetuado pelo látex coagulado, pesado a cada ciclo de coleta. O total anual de borracha foi dividido pelo número de árvores e pelo número de sangrias (52 cortes na primeira safra e 63 na segunda safra). Houve 5 e 7 coletas, respectivamente. Para cada coleta, o conteúdo de borracha seca (DRC) foi analisado na usina de beneficiamento e utilizado para converter a borracha fresca em borracha seca. O resultado final foi expresso em gramas de borracha seca, por árvore, por sangria ( $g\ s^{-1}\ a^{-1}$ ). As análises estatísticas foram realizadas utilizando os dados médios de produção de borracha em  $g\ s^{-1}\ a^{-1}$ , por parcela.

Para estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos das análises individuais e conjuntas dos dados de produção de borracha foi utilizado o procedimento de modelo linear misto Reml/Blup (Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição Linear não Viesada), conforme descrito em Resende (2007). As análises foram realizadas utilizando o programa Selegen Reml/Blup. O modelo 20 foi utilizado nas análises individuais e o modelo 29 na análise conjunta entre anos.

As análises individuais foram analisadas pelo modelo:

$$y = X_r + Z_g + e$$

em que:  $y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumido como fixo) somados à média geral,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatório),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatório). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os parâmetros genéticos estimados na análise individual foram:

$\hat{\sigma}_g^2$  = variância genotípica;

$\hat{\sigma}_{amb}^2$  = variância ambiental;

$\hat{\sigma}_f^2$  = variância fenotípica;

$(\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{amb}^2); \hat{h}_g^2$  = herdabilidade no sentido amplo;

$\widehat{AC}_{clone}$  = Acurácia de clones;

$CV_{gi} \%$  = coeficiente de variação genotípica e

$CV_e \%$  = coeficiente de variação residual.

Para estimar os parâmetros da análise conjunta dos dois anos de produção e prever as médias com a seleção dos melhores clones, os dados foram analisados pelo modelo utilizado na análise da interação clones x safras. Esse modelo é expresso pela equação:

$$y = X_m + Z_g + W_p + e$$

Em que:  $y$  é o vetor de dados,  $m$  é o vetor dos efeitos das combinações safras-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de parcelas (assumidos como aleatórios) e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. O vetor  $m$  contempla todas as safras em todas as repetições e ajusta simultaneamente para os efeitos de repetições, safras e interação repetições x medições.

Os parâmetros estimados na análise conjunta foram:

$\hat{\sigma}_g^2$  = variância genotípica;

$\hat{\sigma}_{perm}^2$  = variância de ambiente permanente;

$\hat{\sigma}_{amb}^2$  = variância ambiental;

$\hat{\sigma}_f^2$  = variância fenotípica;

$(\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{perm}^2 + \hat{\sigma}_{amb}^2) e \hat{h}_g^2$  = herdabilidade no sentido amplo.

A significância em relação ao efeito de clones na análise conjunta foi verificada sobre os valores da razão da máxima verossimilhança [LTR ( $\chi^2$ )] da análise de

deviance (Resende, 2016). A classificação da herdabilidade seguiu o critério de Resende (2002) e a classificação da acurácia o critério de Resende e Duarte (2007).

## Resultados e Discussão

Nas médias de produção de borracha (Tabela 1), verifica-se que os clones IAC 404, IAC 405, PB 291, PM 10, IAC 403 e IAC 400 superaram a testemunha RRIM 600 em 141%, 139%, 122%, 120%, 106% e 102%, respectivamente. A superioridade dos clones IAC 400, IAC 403 e IAC 405 sobre o RRIM 600 já tinha sido verificada em Jaú (Gonçalves et al., 2007). Esses valores superiores mostraram a vantagem do plantio diversificado com cultivares produtivos sobre a média obtida com o clone comercial RRIM 600.

Na análise individual por ano, a variância ambiental ( $\hat{\sigma}_{amb}^2$ ) foi o componente de variação que mais contribuiu para variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) (Tabela 2). No primeiro ano, a variância ambiental ( $\hat{\sigma}_{amb}^2$ ) foi equivalente à 55,83% da variação fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) e a variância genética ( $\hat{\sigma}_g^2$ ) equivalente à 44,06%. Já, no segundo ano, foram equivalentes à 64,51% e 35,94%, respectivamente. As herdabilidades no sentido amplo ( $\hat{h}_g^2$ ) foram médias e as acurácias ( $\widehat{AC}_{clone}$ ) altas. A acurácia é o parâmetro que indica a confiabilidade da predição de dados (Resende e Duarte, 2007). Os valores estimados do coeficiente de variação genética

Tabela 1. Produção média de borracha seca em gramas por árvore por sangria ( $g \cdot a^{-1} \cdot s^{-1}$ ) e desvio padrão de dois ensaios com dez clones avaliados em Pontes Gestal, SP.

Clones	Ano 1	Ano 2	Média		
	Média	Média	( $g \cdot a^{-1} \cdot s^{-1}$ )	% em relação à Testem.	Ordem
PM 10	40,62 ± 12,38	28,61 ± 6,13	34,61	120	4
PR 255	24,84 ± 1,24	24,86 ± 5,37	24,85	86	10
PB 291	31,97 ± 1,89	38,21 ± 6,43	35,09	122	3
IAC 400	32,55 ± 2,06	26,35 ± 3,89	29,45	102	6
IAC 402	29,04 ± 5,35	22,78 ± 6,29	25,91	90	9
IAC 403	32,58 ± 4,20	28,42 ± 6,79	30,50	106	5
IAC 404	45,36 ± 5,49	36,08 ± 5,08	40,72	141	1
IAC 405	43,03 ± 11,40	37,11 ± 8,92	40,07	139	2
RRIM 600*	32,01 ± 1,35	25,72 ± 3,79	28,87	100	7
GT 1*	30,88 ± 0,97	24,64 ± 2,24	27,76	96	8

\*Testemunhas



( $CV_{gi}$  %) são condizentes com o que foi já observado na avaliação da produção de borracha de 23 clones (Gouvêa et al., 2010). Isso é uma condição favorável, considerando que a variação observada está ocorrendo, também, por causas genéticas. Os coeficientes de variação experimental no primeiro e segundo anos estão dentro da faixa de variação que já foi observada entre clones de seringueira (Gonçalves et al., 2007 e 2002).

O coeficiente de correlação genotípica ( $r = 0,7659^{**}$ ) foi superior ao de correlação fenotípica ( $r = 0,4885$ ) na comparação entre os dois anos. A magnitude maior e significativa da correlação genotípica indica que há associação entre os caracteres de um ano para o outro devido a fatores genéticos.

Os parâmetros genéticos e fenotípicos estimados na análise conjunta dos dois anos de produção de borracha são apresentados na Tabela 3. A variância ambiental ( $\hat{\sigma}_{amb}^2$ ) foi a que mais contribuiu para variação fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), sendo equivalente a (51,03%), semelhante ao que foi observado nas análises individuais por ano (Tabela 1). A variância do efeito ambiental permanente ( $\hat{\sigma}_{perm}^2$ ) foi equivalente a 11% da variação fenotípica. Os valores estimados das herdabilidade no sentido amplo ( $\hat{h}_g^2$ ) foram médios, conforme observado nas análises individuais. A significância de clones nessa análise de deviance ([LTR ( $\chi^2$ )] indica possibilidade de seleção de clones que representem os dois anos.

A seleção dos melhores clones foi realizada comparando os valores genotípicos (u+g) (Tabela 4). O melhor clone foi o IAC 404, com média predita de 38,54 g s<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. A seleção desse clone promove um aumento na média geral do experimento de 21,27%. Os quatro melhores clones em valores genotípicos foram (IAC 404, IAC 405, PB 291 e PM 10) por apresentarem valores genotípicos positivos. A média predita com a seleção desses quatro melhores clones é de 36,20 g s<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, promovendo ganhos genéticos da ordem de 13,91% sobre a média geral. Os clones (IAC 404, IAC 405, PB 291, PM 10, IAC 403 e IAC 400) apresentaram valores genotípicos superiores ao RRIM 600.

Os desempenhos fenotípicos dos clones IAC 404, IAC 405, PB 291, PM 10, IAC 403 e IAC 400 (Figura 1) foram superiores ao da testemunha (RRIM 600). Os clones IAC 404, IAC 405, PB 291, PM 10, IAC 403 e IAC 400 superaram a testemunha RRIM 600 (28,87

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de produção de borracha seca em gramas por sangria por árvore de dois ensaios de competição de clones avaliados no município de Pontes Gestal - SP

Parâmetro	Ano 1	Ano 2
$\hat{\sigma}_g^2$	29,97	20,27
$\hat{\sigma}_{amb}^2$	38,04	36,85
$\hat{\sigma}_f^2$	68,01	57,12
$\hat{h}_g^2$	0,44	0,35
$\widehat{AC}_{clone}$	0,84	0,79
$CV_{gi}$ %	15,97	15,38
$CV_e$ %	17,99	20,73
Média geral (g.s <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	34,29	29,28

$\hat{\sigma}_g^2$  = variância genotípica;  $\hat{\sigma}_{amb}^2$  = variância ambiental;  $\hat{\sigma}_f^2$  = variância fenotípica;  $\hat{h}_g^2$  = herdabilidade no sentido amplo;  $\widehat{AC}_{clone}$  = Acurácia de clones,  $CV_{gi}$  % = coeficiente de variação genotípica;  $CV_e$  % = coeficiente de variação residual.

$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{amb}^2$  [LTR ( $\chi^2$ )] =  $\chi^2$  dos valores da razão da máxima verossimilhança da análise de deviance para efeito de clones. Tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de significância de 5% (\*) e 1% (\*\*), respectivamente.

Tabela 3. Estimativas dos componentes de variância (REML) para produção de borracha seca em gramas por sangria por árvore (g a<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>), da análise conjunta de dois anos de produção de borracha

Parâmetro	Valores estimados
$\hat{\sigma}_g^2$	23,66
$\hat{\sigma}_{perm}^2$	6,98
$\hat{\sigma}_{amb}^2$	31,93
$\hat{\sigma}_f^2$	62,57
$\hat{h}_g^2$	0,38
Média geral (g.s <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	31,78
LTR ( $\chi^2$ )	6,45*

$\hat{\sigma}_g^2$  = variância genotípica;  $\hat{\sigma}_{perm}^2$  = variância de ambiente permanente;  $\hat{\sigma}_{amb}^2$  = variância ambiental;  $\hat{\sigma}_f^2$  = variância fenotípica;  $\hat{h}_g^2$  = herdabilidade no sentido amplo.  $\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{perm}^2 + \hat{\sigma}_{amb}^2$  [LTR ( $\chi^2$ )] =  $\chi^2$  dos valores da razão da máxima verossimilhança da análise de deviance para efeito de clones. Tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de significância de 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 4. Valores genotípicos preditos dos componentes de médias da análise conjunta de dois anos de produção de borracha de dez cultivares de seringueira, avaliados no Ensaio 2 no município de Pontes Gestal-SP

Clone	g	u + g	Ganho	Nova Média (g. s <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
Ensaio B				
IAC 404	6,75	38,54	6,75	38,54 (21,27 %)
IAC 405	6,26	38,05	6,51	38,29 (20,48 %)
PB 291	2,50	34,28	5,17	36,95 (16,26 %)
PM 10	2,14	33,92	4,41	36,20 (13,91%)
IAC 403	-0,97	30,81	3,34	35,12
IAC 400	-1,76	30,02	2,49	34,27
RRIM 600	-2,20	29,58	1,82	33,60
GT 1	-3,04	28,74	1,21	32,99
IAC 402	-4,44	27,34	0,58	32,37
PR 255	-5,24	26,54	0,00	31,78
u = 31,78				

u + g média geral + o ganho em gramas  
(%) desvio em função da média

g s<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) em 141%, 139%, 122%, 120% 106% e 102%, respectivamente (Figura 1). Esses clones apresentaram baixa dispersão de dados em torno da média, com exceção do IAC 405 que apresentou maior desvio padrão.

Observa-se a superioridade da maioria dos clones avaliados sobre o clone RRIM 600 em relação a produção de borracha (Tabela 4 e Figura 1). Isso evidencia a vantagem de plantio diversificado e de utilização de novos cultivares. Clones com bom

desempenho produtivo podem ser cultivados em blocos monoclonais. Essa forma de cultivo já é empregada por empresas produtoras de eucalipto (Martins et al., 2014).

## Conclusão

Os cultivares IAC 404, IAC 405, PB 291 e PM 10 apresentam desempenho genético e fenotípico superior aos demais avaliados.

O plantio diversificado de clones é uma alternativa para aumentar a produtividade dos cultivos comerciais de seringueira e o lucro do produtor.

## Agradecimentos

Agradecemos ao produtor rural, Sr. Antônio Cesar Merenda, que disponibilizou a área para o experimento e toda infraestrutura necessária para realização do mesmo. Ao Dr. Paulo de Souza Gonçalves que cedeu o material genético para realização do experimento. Ao gerente da fazenda onde se encontra o experimento, o Sr. José Maria Alves da Silva, que ajuda em todas as etapas do projeto. Ao viveiro de mudas Citrosol pela doação de mudas do experimento. Agradecemos à Coopbor (Cooperativa dos produtores de borracha natural) e à FUNDAG (Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola) pelo apoio financeiro.

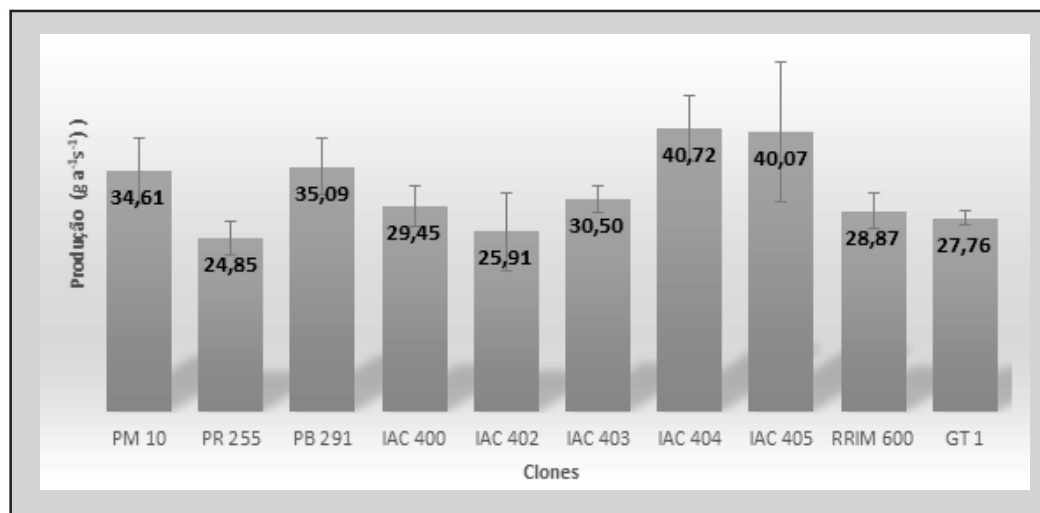


Figura 1. Produção média de borracha seca em gramas por sangria por árvore (g s<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) da média de dois anos de produção de borracha seca e desvio padrão, do experimento avaliado em Pontes Gestal, SP.

## Literatura Citada

- ANTONIO, G. L. et al. 2021. Clonal resistance of rubber tree to *Colletotrichum* spp. Forest Pathology (Alemanha) 51 (3) e12685. <https://doi.org/10.1111/efp.12685>
- CULTIVARWEB. 2024. Seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.) Disponível:[https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php) [acesso em 24 de abril de 2024]
- GONÇALVES, P. S. et al. 1999. Phenotypic stability and genetic gain in six-year girth growth of *Hevea* clones. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34:1223-1232.
- GONÇALVES, P. S. et al. 2000 Clones promissores de seringueira para a região do Vale do Ribeira, São Paulo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35 (2):2343-2353.
- GONÇALVES, P.S. et al. 2001 Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 selecionados para a região noroeste do Estado de São Paulo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 36:589-599.
- GONÇALVES, P. S. et al. 2002. Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 na região do Planalto de São Paulo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 37:113-138.
- GONÇALVES, P. S. et al. 2007. Performance of new *Hevea* clones from IAC 400 séries. Scientia Agricola (Brasil) 64:241-248.
- GONÇALVES, P. S. et al. 2011. Assessment of growth and yield performance of rubber tree clones of the IAC 500 series. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46:1643-1649.
- GONÇALVES, E. C. P. et al. 2021. Vigor assessment of juvenile rubber tree clones in Northwestern São Paulo State, Brazil. Revista Ceres (Brasil) 68:564-568.
- GONÇALVES, P. S.; GOUVÊA, L. R. L.; AGUIAR, A. T. E. 2006. Expressão fenotípica de clones de seringueira na região noroeste do Estado de São Paulo. Bragantia (Brasil) 65:389-398.
- GONÇALVES, P. S.; MARQUES, J. R. B. 2014. Clones de seringueira: influência dos fatores ambientais na Produção e recomendação para o plantio. In: Alvarenga, A.P. (Eds.), Seringueira. Epamig, Viçosa, MG. pp.247-325.
- GOUVEA, L. R. L.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, P. S. 2010. Divergence and genetic variability among superior rubber tree genotypes. Pesquisa Agropecuária Brasileira 45:163-170
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/borracha-latex-oagulado/br>. Acesso em 14 março 2025.
- LOPES, M. P. B. et al. 2022. Initial studies of the response of rubber tree seedlings treated with saprobic fungi from the Semiarid Region of Northeast Brazil to anthracnose. Plants (Suíça) 11:1-11.
- MARTINS, G. S. et al. 2014. Performance of *Eucalyptus* Clones in Auto and Allocompetition. Silvae Genetica (Alemanha) 63:1-2.
- RESENDE, M. D. V. 2002. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. 975p.
- RESENDE, M. D. V. 2007. SELEGEN REML/BLUP: Sistema Estatístico e seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos. Embrapa Florestas, Colombo. 362p.
- RESENDE, M. D. V. 2016. Software Selegen-Reml/Blup: a useful tool for plant breeding. Crop Breed Applied Biotechnology 16: 330-339.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. 2007. Precision and quality control in variety trials. Pesquisa Agropecuária Tropical 37:182-194.
- SANT'ANNA, I. C. et al. 2021. Genetic diversity associated with natural rubber quality in elite genotypes of the rubber tree. Scientific Report (Inglaterra) 11: 1-10.
- SARASWATHYAMMA, C. K.; LICY, J.; MARATTUKALAM, J. G. 2000. Planting material, in natural rubber: Agro-Management and Crop Processing, Rubber Research Institute of India, Kottayam, Kerala. 20p.
- ZACHARIAS, A. O. et al. 2020. Pós-melhoramento de Passifloras no Brasil: a experiência da Embrapa em inovação tecnológica. Documentos, nº 359. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados. 102p.

## CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DAS MADEIRAS DE *Artocarpus heterophyllus* LAM. (MORACEAE) E *Erythrina poeppigiana* (WALP.) O.F. COOK (FABACEAE)

*Murilo Pereira da Silva, Mara Lúcia Agostini Valle\**

Universidade Federal do Sul da Bahia, Itabuna, Bahia, Brasil, Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Laboratório Central de Tecnologia de Produtos Florestais - Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 22, Ilhéus-BA, 45604-811, CEPLAC-CEPEC  
mmpsmurilogta@gmail.com; maraagostini@ufsb.edu.br

\*Autor para correspondência: maraagostini@ufsb.edu.br

As angiospermas passaram por diversas adaptações essenciais para a sua colonização nos ambientes terrestres, ocasionando o surgimento de células especializadas no xilema secundário. A morfologia dessas células, juntamente com suas dimensões e distribuição, está diretamente relacionada às propriedades tecnológicas da madeira, sendo também um critério importante para a classificação e identificação das espécies, bem como para uso industrial do lenho. O objetivo deste estudo é descrever anatomicamente a madeira de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) e da *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (Fabaceae), popularmente conhecidas com jaqueira e eritina, respectivamente. As amostras de madeira foram obtidas em uma área experimental da Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), em Ilhéus, estado da Bahia. As lâminas foram preparadas para estudo histológico por desidratação gradual em álcool, e foram coradas com safranina. Para o macerado, aplicou-se o método nitro-acético. As imagens foram capturadas com uma câmera acoplada ao microscópio. Conclui-se a partir das características anatômicas que a madeira de *A. heterophyllus* é recomendada para usos em construções internas ou externas, movelaria, laminados e painéis, enquanto a de *E. poeppigiana* é recomendada para usos internos e de curta duração, em compensados ou brinquedos. Além disso, ambas as espécies apresentam fibras muito curtas, permitindo melhor formação da folha de papel, porém há necessidade de estudos mais detalhados para essa finalidade.

**Palavras-chave:** Descrição anatômica, economia florestal, Mata Atlântica, utilização da madeira.

### **Anatomical characterization of wood from *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) and *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (Fabaceae).**

Angiosperms have undergone several essential adaptations for their colonization in terrestrial environments, resulting in the emergence of specialized cells in the secondary xylem. The morphology of these cells, together with their dimensions and distribution, is directly related to the technological properties of the wood and is also an essential criterion in the classification and identification of species, as well as for the industrial use of wood. The aim of this study is to describe the wood anatomy of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) and *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (Fabaceae). The wood samples were obtained from an experimental area of the Executive Commission for Cocoa Farming (CEPLAC), in Ilheus, Bahia, Brazil. The slides were prepared for histological study by gradual dehydration in alcohol and stained with safranin. The nitro-acetic method was applied for maceration. The images were captured with a camera attached to the microscope. From the anatomical characteristics, it can be concluded that the wood of *A. heterophyllus* is recommended for use in internal or external construction, furniture, laminates and panels, whereas *E. poeppigiana* is recommended for internal and short-term use, in plywood or toys. In addition, both species have very short fibers, allowing better formation of the paper sheet, but more detailed studies are needed for this purpose.

**Key words:** Anatomical description, forest economy, Atlantic Forest, use of wood.



## Introdução

A madeira é um material biológico e heterogêneo, sendo que suas propriedades tecnológicas, que sejam físicas, químicas, mecânicas ou anatômicas, podem apresentar diferenças entre espécies e dentro de uma mesma espécie (Júnior *et al.*, 2016). Além disso, sua estrutura celular e química são as principais responsáveis pelo seu comportamento em atividades de processamento industrial (Burguer e Richter, 1991), tornando-se de grande importância para sua correta utilização.

Nos estudos quantitativos da estrutura celular do lenho, os principais parâmetros anatômicos para a descrição e caracterização da madeira são os comprimentos das fibras e dos raios, espessura das paredes celulares, frequência de vasos por mm<sup>2</sup>, assim como diâmetro e comprimento dos elementos dos mesmos (Iawa Committee, 1989).

Os estudos anatômicos possibilitam a identificação das espécies e, mais do que isso, informações sobre a estrutura do lenho permitem identificar as relações entre o lenho e as características gerais da madeira, principalmente nos aspectos referentes à resistência mecânica, permeabilidade, resistência natural e trabalhabilidade (Castro *et al.*, 2007).

As fibras são células encontradas exclusivamente nas angiospermas. Ocupam geralmente a maior porcentagem do lenho, podendo chegar até a 80%, possuem aspecto alongado e extremidades afiladas, e desempenham a função principal de sustentação. Os raios são células parenquimáticas que formam feixes, estão dispostos radialmente ao tronco, e sua função principal é direcionada ao armazenamento de substâncias nutritivas. Por fim, os vasos são as células responsáveis pela condução de líquidos, possuem um formato tubiforme e são encontradas somente nas angiospermas (Burguer e Richter, 1991).

A jaqueira *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) e a eritrina *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook. (Fabaceae) são duas espécies que foram introduzidas no sul da Bahia e que integram o acervo arbóreo brasileiro. *Artocarpus heterophyllus* é exótica e nativa do continente asiático, precisamente da Índia. Foi introduzida no Brasil durante o período colonial no século XVII (Lorenzi *et al.*, 2006). Está listada entre as espécies invasoras nas Unidades de

Conservação Federais do Brasil, é atualmente abundante na Mata Atlântica, onde é considerada um obstáculo para o reflorestamento de áreas desmatadas, sendo necessária não só sua remoção, mas o manejo adequado de sua madeira (Xavier *et al.*, 2023).

A jaqueira tem sido amplamente utilizada por diversas marcenarias na região e é considerada uma madeira com boas qualidades para utilização em movelaria. No entanto, os conhecimentos anatômicos e tecnológicos sobre sua madeira ainda são insuficientes para tomadas de decisões certas a respeito de seu uso.

Por sua vez, *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (Fabaceae), é uma espécie nativa do continente americano, ocorrendo naturalmente na Região Amazônica, América Central e Caribe. Suas inflorescências são utilizadas pelas populações nativas como condimento e as árvores contribuem ao paisagismo regional por seu aspecto ornamental no período de floração. Essa árvore é encontrada facilmente nas margens de rios, e está presente de forma subspontânea no estado do Espírito Santo e no Sul da Bahia, onde foi introduzida para sombreamento dos cacauais (Lorenzi 2016).

Estudos recentes realizados pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) apontaram uma associação inadequada das *Erythrina* spp. com as plantações de cacauais *Theobroma cacao* L. (Malvaceae). Segundo Marques e Monteiro (2016), a presença dessa árvore tem causado excesso de sombreamento, armazenamento e proliferação de patógenos e competição por nutrientes, afetando diretamente o plantio comercial de cacau. Por isso, o fator sustentável dessa associação foi questionado, embora tenha potencial de fixação biológica de nitrogênio, essa espécie não oferece produtos ou recursos que possam gerar renda significativa ao produtor, como frutos ou outros subprodutos que agreguem valor à atividade agrícola ocasionando um mal uso da terra. Por isso, a substituição da espécie por outras árvores com maior potencial produtivo e econômico está atualmente sendo recomendada. De forma a se aproveitar a exploração desta árvore, o conhecimento de suas propriedades tecnológicas e anatômicas se torna importante para que, assim, a madeira extraída seja destinada para um uso correto.

Apesar de *A. heterophyllus* e *E. poeppigiana* serem muito frequentes na Região Cacaueira da Bahia e em outras regiões, há escassez de estudos sobre a anatomia e características tecnológicas de suas madeiras e, por isso, o presente estudo visa descrever anatomicamente as madeiras das mesmas e de sugerir sua utilização mais adequada.

## Material e Métodos

### Confecção dos corpos-de-prova

Foram estudadas as madeiras das espécies *A. heterophyllus* e *E. poeppigiana*, a partir de espécimes coletados numa área experimental da CEPLAC, situada nas coordenadas 14°45'2" S; 39°13'2" O, no km 22 da BR 415, município de Ilhéus, estado da Bahia, Brasil. A idade das árvores era desconhecida, mas foi estimado que as eritrinas tinham em torno de 40 anos, baseado em relatos de plantio por servidores da CEPLAC.

Foram utilizados três indivíduos de cada espécie para determinação das características anatômicas quantitativas. Após a derrubada das árvores, estas foram levadas para a serraria da instituição, onde foi confeccionado um corpo de prova por indivíduo, com dimensões de 3 x 3 x 5 cm, sendo esta última no sentido axial.

Posteriormente, os corpos de prova foram levados ao Laboratório Central de Tecnologia de Produtos Florestais (LCTPF), na Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) para preparação das lâminas para estudo histológico e macerado.

### Descrição anatômica

Para a descrição anatômica microscópica, foram confeccionadas cinco lâminas histológicas. As amostras foram submersas em um Becker com água por 60 dias, com o intuito de deixá-las mais maleáveis para o corte. Em seguida, foram realizados os cortes anatômicos com o auxílio de um micrótomo, convertendo-se em seções com cerca de 16 µm (micrômetros) de espessura, nas seções transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial.

Posteriormente, seguindo a metodologia apresentada por Burger e Richter (1991), foi realizado um clareamento da madeira com água sanitária, seguida pelo processo de coloração com safranina aquosa a 3%,

seguindo-se com uma desidratação gradual usando álcool etílico a 30%, 50%, 70%, 95% e duas passagens em álcool absoluto e acetato de butila. Em seguida, as três seções (transversal, tangencial e radial) foram fixadas em lâminas permanentes de vidro e cobertas com bálsamo. Após secas, as lâminas histológicas foram analisadas, observando-se suas estruturas anatômicas. Para a descrição dos elementos anatômicos, foi utilizada a norma Iawa Committee (1989).

Para frequência dos vasos, foram realizadas a contagem dos poros em cinco imagens de cada espécie, com um aumento de 4x, conforme a norma Iawa Committee (1989).

Para medir as fibras e vasos, os corpos de prova foram macerados pelo método nitro-acético de Silva (2005): inicialmente, pequenos fragmentos de madeiras retirados da sessão longitudinal radial foram removidos dos corpos de prova e imersos em água. Em seguida, uma solução a base de ácido nítrico concentrado e ácido acético glacial foi preparada, na proporção de 1:5 (v/v), e adicionada aos fragmentos de madeira dentro de um tubo de ensaio. Essa preparação foi colocada em banho-maria em ebulição até que o material apresentasse uma coloração embranquecida, finalizando com a lavagem das amostragens com água destilada e coloração do macerado com safranina.

Com a maceração concluída, foram montadas lâminas semipermanentes, onde as dimensões das fibras e dos vasos foram determinadas. Para as fibras, foram medidos diretamente o comprimento, largura e diâmetro do lume. A espessura da parede das fibras se deu de forma indireta por meio da metade da diferença entre sua largura e o diâmetro do lume. Comprimento e largura dos vasos foram medidos. Para o macerado, foram realizadas 50 medições das fibras e 30 para os vasos. Para as dimensões de comprimento das fibras foi utilizada objetiva de 4x, para largura das fibras, objetiva de 40x para as paredes e lúmen, e o comprimento dos vasos utilizamos a objetiva de 10x.

Para as obtenções das imagens e avaliações anatômicas, foi utilizado um microscópio acoplado à câmera, modelo LEICA ICC50 W e para medição dos elementos anatômicos utilizou-se o software de imagens Prime Cam Pro, e avaliadas conforme Iawa Committee (1989). Foram realizadas 100 medições dos raios (comprimento e largura) e vasos (diâmetro do lume) para cada indivíduo em objetiva de 4x.

Resultados e Discussão

Os dados referentes às dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *A. heterophyllus* e *E. poeppigiana* estão apresentados na Tabela 1.

Os resultados obtidos neste estudo para os valores de comprimento das fibras das madeiras de *A. heterophyllus* e *E. poeppigiana* foram de 514,33 (± 90,68) µm e 646,51 (± 117,38) µm, respectivamente. Consequentemente, é possível classificá-las como de fibras curtas, conforme classificação da Iawa Committee (1989) que determina que o comprimento médio das fibras é classificado em ≤0,9 mm (fibras curtas), 0,9 a 1,6 (fibras médias) e ≥1,6 mm (fibras longas). Em geral, madeiras de angiospermas são consideradas espécies de fibra curta. Segundo Zhang et al., (2020), o comprimento e espessura da parede das fibras são parâmetros que estão associados a qualidade da madeira, sendo que cada empregabilidade industrial tem definido seus valores de referência.

Para a largura das fibras, as espécies apresentaram valores de 18,07 µm (± 2,88) para *A. heterophyllus* e 18,88 µm (± 4,62) para a *E. poeppigiana*. As médias de espessura da parede foram de 2,53 µm (± 0,76) para a primeira espécie e 3,08 µm (± 0,71) para a segunda. *A. heterophyllus* apresentou a menor largura do lúmen, com 8,38 µm (± 2,24), enquanto a *E. poeppigiana* apresentou o maior valor médio de 12,73 µm (± 4,17).

As fibras têm um papel importante no desempenho mecânico das árvores (Apezato-da-Glória e Carmello-Guerreiro, 2012), além de estarem diretamente correlacionadas com sua utilização para

produção de papel e celulose, onde Faria et al. (2019) e Ramos et al. (2017) destacam a importância das dimensões das fibras para a avaliação de madeiras para a produção de celulose e papel, sendo um critério comercial básico para a escolha de espécies adequadas para a fabricação de papel.

As propriedades tecnológicas da madeira estão diretamente ligadas a essas características, uma influenciando a outra. Segundo Burguer e Richter (1991); Poubel et al. (2011) e Gonzales et al. (2014), o diâmetro do lúmen e a espessura da parede das fibras influenciam a densidade da madeira. Quanto maior o diâmetro do lúmen e menor a espessura da parede, menor será sua densidade; por outro lado, quanto maior a espessura das paredes e menor o diâmetro do lúmen, maior será sua densidade. Essa relação é evidente ao se comparar os valores de densidade encontrados na literatura com os valores de diâmetro do lúmen e espessura da parede obtidos neste estudo. Por exemplo, Farias et al. (2024) encontraram um valor de 0,26 g/cm³ para a densidade da madeira de eritrina. Já para a madeira de jaqueira, Xavier et al. (2023) encontraram um valor de densidade de 0,46 g/cm³, podendo se observar esse padrão mencionado.

As dimensões dos vasos da madeira de *E. poeppigiana* observadas neste estudo foram de 242,57 µm (± 21,16) para o comprimento e 177,29 µm (± 52,09) para o diâmetro. Valores próximos aos apresentados por Silva et al. (1988), onde descreveram a anatomia da madeira de nove espécies leguminosas presentes na Venezuela, incluindo *E. poeppigiana*, foram de 242,1 µm para o comprimento e 217,4 µm para o diâmetro dos vasos. Para a madeira de *A.*

*heterophyllus*, os valores encontrados em nosso estudo foram de 138,28 µm (± 34,28) de comprimento de vasos e 58,16 µm (± 14,12) de diâmetro de vasos. O diâmetro dos vasos varia conforme as condições de crescimento da árvore, onde diâmetros maiores ocorrem nos períodos de intensa

Tabela 1. Média das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Artocarpus heterophyllus* e *Erythrina poeppigiana*, incluindo os raios, fibras e vasos, seguido pela lente objetiva e escala utilizada

Variáveis	Dimensões (µm)		Objetiva e (escala)
	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	<i>Erythrina poeppigiana</i>	
Comprimento dos raios	219,21 (± 48,40)	727,48 (± 60,16)	4x (90 µm)
Largura dos raios	18,07 (± 4,56)	47,81 (± 11,33)	4x (90 µm)
Comprimento das Fibras	514,33 (± 90,68)	646,51 (± 117,38)	4x (90 µm)
Largura das fibras	13,46 (± 2,88)	18,88 (± 4,62)	40x (10 µm)
Espessura das paredes das fibras	2,53 (± 0,76)	3,078 (± 0,71)	40x (10 µm)
Largura do lúmen das fibras	8,38 (± 2,24)	12,73 (± 4,17)	40x (10 µm)
Comprimento dos vasos	138,28 (± 34,28)	242,57 (± 21,16)	10x (35 µm)
Diâmetro dos vasos	58,16 (± 14,12)	177,29 (± 52,09)	4x (90 µm)

Médias seguidas do desvio padrão (±).

atividade vegetativa, visando aumentar a eficiência de transporte de líquidos (Esteban et al., 2003; Ribeiro et al., 2022).

Na literatura, a faixa de dimensões definidas para diâmetro do lume são  $\leq 50$ , 50-100, 100-200, e  $\geq 200$   $\mu\text{m}$  (Burguer e Richter, 1991; Ribeiro et al., 2022). No entanto, é mais comum encontrar diâmetros médios entre 100-200  $\mu\text{m}$ . Já o comprimento médio dos elementos de vasos é classificado nas faixas de  $\leq 350$ , 350-800 e  $\geq 800$   $\mu\text{m}$  (Iawa Committee, 1989). Classificando vasos de tamanho médios e grandes respectivamente, Dias e Lahr (2002) afirmam que, quanto maior o diâmetro dos vasos, mais espaços vazios existem na madeira e consequentemente menor será sua densidade.

A Figura 1 apresenta os elementos de vasos das espécies estudadas, sendo possível observar a presença e ausência de apêndices nos dois indivíduos.

As espécies estudadas diferiram quanto a presença de apêndices (Figura 1), onde *E. poeppigiana* não apresentou apêndices nas suas extremidades. Por sua vez, *A. heterophyllus* apresentou vasos sem apêndices e vasos com apêndices nas duas extremidades. A presença de apêndices nas extremidades dos elementos de vasos é uma característica morfológica relevante para identificação de espécies, estando também atrelada às condições fenotípicas e aos estágios de crescimento da árvore (Rodrigues e Estelita, 2009). Alguns autores justificam a presença de apêndices nas

extremidades dos elementos de vasos como sendo resquícios das iniciais fusiformes que as formaram. Segundo Castro et al. (2009), existe uma tendência evolutiva onde os elementos de vaso estão reduzindo seu comprimento e aumentando seu diâmetro, com placas de perfuração simples e menor ângulo de inclinação, favorecendo a condução hídrica. A existência de apêndices pode estar associada ao estágio de desenvolvimento dos elementos de vaso, assim como a alteração no ângulo da placa de perfuração.

A madeira de *E. poeppigiana* apresentou frequência de vaso de 3,75 poros/ $\text{mm}^2$ , com porosidade difusa e grande quantidade de células de parênquima axial, distribuídas em faixas tangenciais largas estando associadas aos vasos. Segundo Burguer e Richter (1991), a abundância de células parenquimáticas em uma madeira ocasiona uma maior leveza, baixa resistência mecânica e baixa durabilidade natural por conta de as células parenquimáticas serem mais susceptíveis ao ataque de agentes xilófagos.

Por sua vez, a madeira de *A. heterophyllus* apresentou frequência de vasos de 19,9 poros/ $\text{mm}^2$ , com porosidade difusa e arranjo difuso, com menor quantidade de células parenquimáticas, apresentando um padrão predominante de parênquima paratraqueal axial confluyente.

Para o comprimento e largura dos raios, foram encontrados neste estudo valores médios de 219,21  $\mu\text{m}$  ( $\pm 48,40$ ) de comprimento e 18,07  $\mu\text{m}$  ( $\pm 4,56$ ) de largura para a madeira de *A. heterophyllus*. Já *E. poeppigiana* apresentou valores de 727,48  $\mu\text{m}$  ( $\pm 60,16$ ) de comprimento e 47,81  $\mu\text{m}$  ( $\pm 11,33$ ) de largura. Os raios são faixas horizontais de comprimento indeterminado, são constituídos de células parenquimáticas, sua principal função é armazenamento de substâncias nutritivas, além disso, podem também fazer o transporte horizontal de nutrientes. São bastante utilizados como critério de identificação de espécies, sendo avaliada sua morfologia e disposição na madeira (Burguer e Richter, 1991).

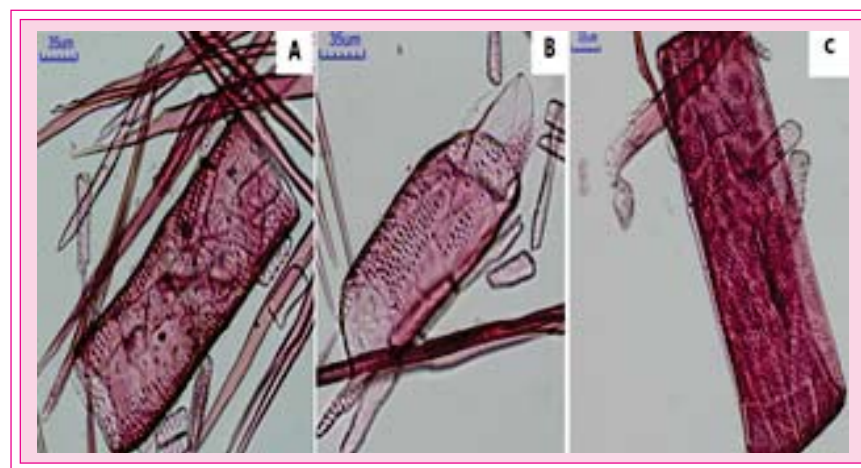


Figura 1. Elementos de vasos da madeira de *Artocarpus heterophyllus* e *Erythrina poeppigiana*. A - Elemento de vaso da madeira de *A. heterophyllus* sem a presença de apêndices; B - Elemento de vaso da madeira de *A. heterophyllus* com presença de apêndices nas duas extremidades; C - Elemento de vaso da madeira de *Erythrina poeppigiana* sem a presença de apêndices. Fonte: M. P. da Silva e M. L. A. Valle.



## Descrição microscópica da madeira

A seguir são apresentadas as descrições microscópicas das espécies em estudo e seus detalhes.

### Descrição anatômica microscópica da madeira de *Erythrina poeppigiana*

Anéis de crescimento indistinto, com porosidade difusa e arranjo tendendo para o radial com agrupamento solitário, geminado e múltiplo. Pontoação vascular alterna, raios multisseriados, heterogêneos com células procumbentes e quadradas. Fibras com espessura de parede espessa e pontuações simples. Parênquima paratraqueal confluyente e aliforme. Diâmetro do lume com média de 12,73  $\mu\text{m}$ , frequência dos vasos de 3,75 poros/ $\text{mm}^2$ , altura e largura dos raios de 727,48 e 47,81  $\mu\text{m}$ , respectivamente; e altura e diâmetro dos elementos

de vasos de 242,57  $\mu\text{m}$  e 177,29  $\mu\text{m}$ , respectivamente (Figuras 2 e 3).

### Descrição anatômica microscópica da madeira de *Artocarpus heterophyllus*

Anéis de crescimento indistinto, com porosidade difusa e arranjo difuso com agrupamento solitário em sua maioria, apresentando também poros geminado, múltiplo de três e arranjo em cachos. Pontoação vascular oposta, raios multisseriados, heterogêneos com células procumbentes e quadradas. Fibras com espessura de parede espessa e pontuações simples. Parênquima paratraqueal confluyente e aliforme. Diâmetro do lume com média de 8,38  $\mu\text{m}$ , frequência dos vasos de 19,9 poros/ $\text{mm}^2$ , altura e largura dos raios de 219,21 e 18,07  $\mu\text{m}$ , respectivamente e altura e diâmetro dos elementos de vasos de 138,28 e 58,16  $\mu\text{m}$ , respectivamente (Figuras 4 e 5).

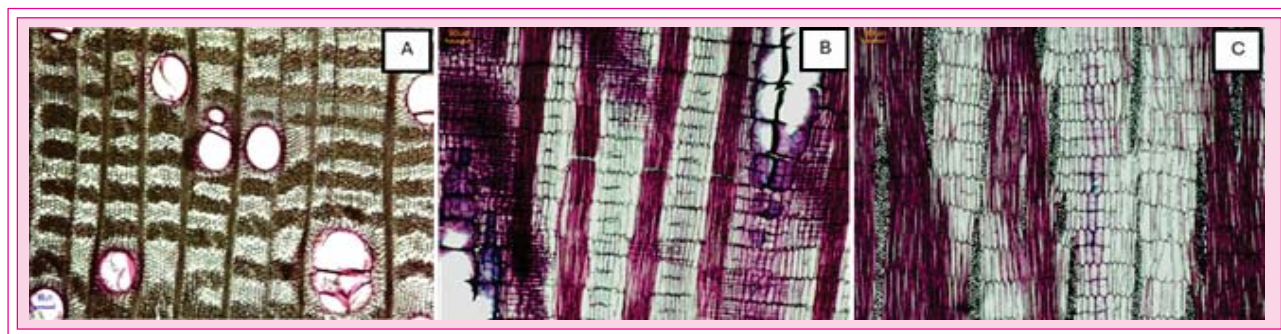


Figura 2. Anatomia microscópica da madeira de *Erythrina poeppigiana* tirada com objetiva de 4x. A – Plano Transversal; B – Plano Longitudinal Radial; C – Plano Longitudinal Tangencial. Fonte: M. P. da Silva e M. L. A. Valle.

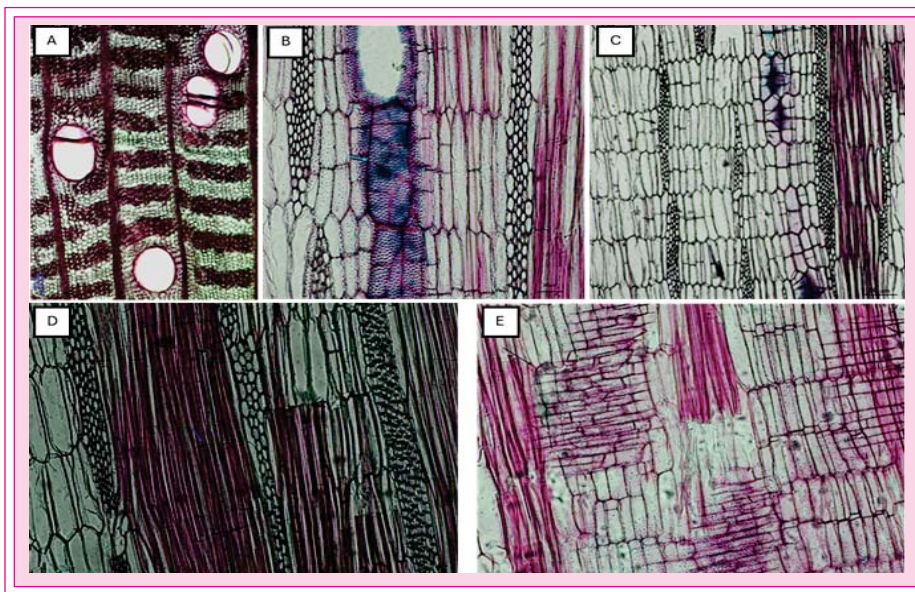


Figura 3. Detalhes anatômicos da madeira *Erythrina poeppigiana*. A - Plano transversal (objetiva de 4x) poros solitários, geminados e múltiplos de 3; B - Plano longitudinal tangencial (objetiva 10x) pontoações vasculares alternas; C – Plano longitudinal tangencial (objetiva de 10x) raios multisseriados; D - Plano longitudinal tangencial (objetiva de 10x) fibras septadas; E – Plano longitudinal radial (objetiva de 10x) raios heterogêneos. Fonte: M. P. da Silva e M. L. A. Valle.



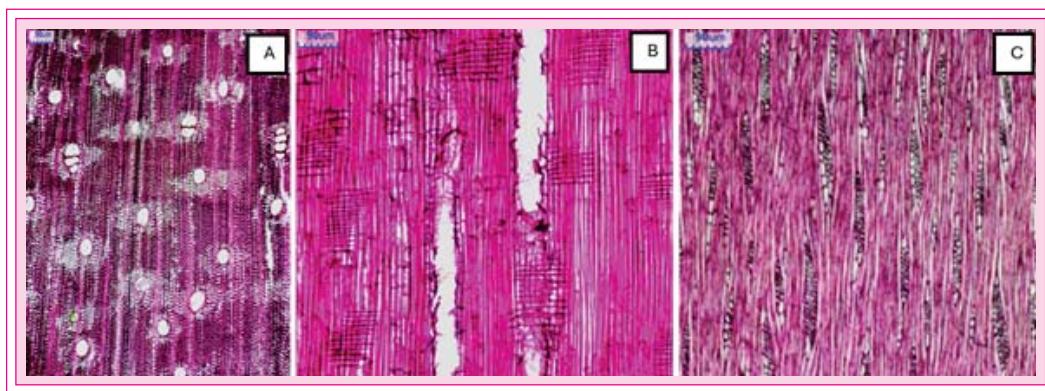


Figura 4. Anatomia microscópica da madeira de *Artocarpus heterophyllus* tirada com objetiva de 4x. A - Plano Transversal; B - Plano Longitudinal Radial; C – Plano Longitudinal Tangencial. Fonte: M. P. da Silva e M. L. A. Valle.

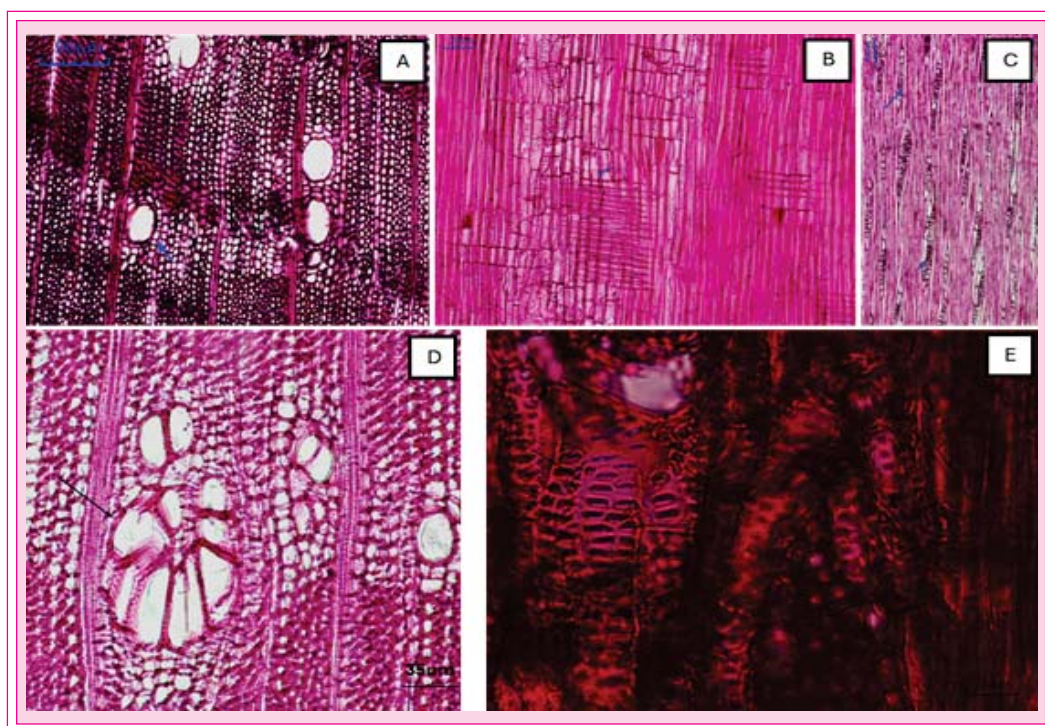


Figura 5. Detalhes da anatomia da madeira de *Artocarpus heterophyllus*. A - Plano transversal (objetiva de 4x) poros solitários; B - Plano Longitudinal Radial (objetiva de 10x) raios heterogêneos; C – Plano Longitudinal Tangencial (objetiva de 4x) raios multisseriados; D - Plano Transversal (objetiva de 10x) poros em cacho; E- Plano Longitudinal Tangencial (objetiva de 40x) pontuação vascular oposta. Fonte: M. P. da Silva e M. L. A. Valle.

### Conclusões

A partir do presente estudo, pode-se concluir que:

- A madeira de *E. poeppigiana* tem características anatômicas de madeira leve com abundância de parênquima axial. O uso recomendável é: compensados, brinquedos, construções de curta duração e não expostas às intemperias, miolo de aglomerado, lenha e carvão.

- A madeira de *A. heterophyllus* tem características anatômicas de madeira mais pesada e seu uso recomendado é: construções internas e externas, movelaria, laminados e painéis.

- Ambas as espécies apresentam fibras bastante curtas, parecendo adequadas na fabricação de papel. Porém, estudos anatômicos mais detalhados para essa finalidade se fazem necessários.

### Literatura Citada

- APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. 2012. Anatomia Vegetal. Ed. UFV-Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. 1991. Anatomia da Madeira. São Paulo, SP, Livraria Nobel. 80p.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.
- ESTEBAN, L. G. et al. 2003. Madera y su anatomía. Madri: AMVE Ediciones. 327p.
- FARIAS, L. B. S. et al. 2024. Uso sustentável de *Erythrina poeppigiana* em compensados sem formaldeído: análise ambiental e energética. Ambiente construído v 24, p. e132136.
- FARIA, D. et al. 2019. Qualidade da madeira de *Hevea brasiliensis* visando a produção de celulose e papel. Agrarian Academy 6(11): 303-314.
- GONZALES, J. C. et al. 2014. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. Scientia Forestalis 42(101): 81-89.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS - IAWA. 1989. List of microscopic features for hardwoods identification. IAWA Bulletin, v.10, [s.n.], p.220-332.
- JÚNIOR, J. B. G. et al. 2016. Caracterização tecnológica da madeira de *Myracrodruon urundeuva* em diferentes classes diamétricas. Enciclopédia Biosfera 12(24):250-261.
- LORENZI, H. 2016. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Volume 2, Avenida Brasil, 2000: Instituto Plantarium.
- LORENZI, H. BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. 2006. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo *in natura*). São Paulo, Instituto Plantarium de Estudos da Flora Ltda. 672p.
- MARQUES, J. R. B.; MONTEIRO, W. R. 2016. Substituição sustentável de eritrina por seringueira em SAF de cacauero. Agrotrópica 28:01-122,
- POUBEL, D. da S. et al. 2011. Estrutura Anatômica e Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. Floresta Ambiente 18: (2).
- RAMOS, L. M. A. et al. 2017. Morfologia de fibras e relação com índices de qualidade do papel em seringueiras nativas. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, 2017. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá.
- RIBEIRO, E.A. et al. 2022. Avaliação das fibras e elementos de vasos de espécies florestais nativas do cerrado. Revista Brasileira de Ciências Biológicas 9(21):49-66.
- RODRIGUES, A. C.; ESTELITA, M. E. M. 2009. Diferenciação dos feixes vasculares e dos elementos traqueais no rizoma de algumas Cyperaceae. Revista Brasil Botânica 32(2): 349-359.
- SILVA, A.; BLANCO, C.; LINDORF, H. 1988. Anatomia da madeira de novas leguminosas da Venezuela. Acta Botânica Brasilica 1 (Supl. 1): 115-133.
- SILVA, J. C. 2005. Anatomia da Madeira e Suas Implicações Tecnológicas. Apostila da disciplina ENF 351 – Estrutura anatômica e identificação da madeira. Viçosa: UFV, 138p.
- XAVIER, C. N.; NEVES JUNIOR, O. de F.; CARVALHO, A. M. de. 2023. Propriedades físicas das madeiras de quatro espécies tropicais. Em: Open Science Research VII. [s.l.] Editora Científica Digital. pp. 119–128.
- ZHANG, S. et al. 2020. Wood anatomy of boreal species in a warning world: A review. iForest, 13(2): 130-138.



## NOTA CIENTÍFICA

### PRIMEIROS REGISTROS DE *Herminodes* sp. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM AÇAIZEIROS NOS ESTADOS DO AMAPÁ E AMAZONAS, BRASIL

**Rodrigo Souza Santos<sup>1\*</sup>, Nagib Jorge Melém Júnior<sup>2</sup>, Adilson Lopes Lima<sup>3</sup>,  
Agno Nonato Serrão Acioli<sup>4</sup>, Neliton Marques da Silva<sup>4</sup>, Ricardo Adaime<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, Brasil, rodrigo.s.santos@embrapa.br

<sup>2</sup>Embrapa Amapá, Macapá, Amapá, Brasil, nagib.melem@embrapa.br, ricardo.adaime@embrapa.br

<sup>3</sup>Embrapa Pecuária Sul, Bagé, Rio Grande do Sul, Brasil, adilson.lopes@embrapa.br

<sup>4</sup>Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas (FCA/UFAM), Manaus, Amazonas, Brasil,  
acioli@ufam.edu.br e nmerinato@gmail.com

\*Autor para correspondência: rodrigo.s.santos@embrapa.br

O presente estudo documenta a ocorrência e danos de lagartas do gênero *Herminodes* em *Euterpe* spp. nos estados do Amapá e Amazonas. Em janeiro de 2024, foram observadas lagartas em plantios experimentais de *Euterpe oleracea* Mart. (cv. BRS Pai d'Égua e açaizeiro-branco), cultivados em terra firme no Campo Experimental do Cerrado, em Macapá, Amapá. Em abril de 2024, o inseto foi detectado em *E. oleracea* e *Euterpe precatoria* Mart. cultivados em sistemas agroflorestais, nas comunidades de São José do Miriti e Santa Maria, no Projeto de Assentamento Extrativista Jenipapo, no município de Manicoré, Amazonas. As lagartas estavam localizadas na junção das bainhas das folhas e estipes, causando amarelecimento e clorose das folhas, retardando o seu desenvolvimento ou mesmo casando sua morte. Estes são os primeiros registros de *Herminodes* sp. em açaizeiros nos estados do Amapá e Amazonas. Recomenda-se a realização de estudos adicionais que visem estimar o nível de dano e o desenvolvimento de métodos de controle desse inseto em áreas de extrativismo e em cultivos comerciais.

**Palavras-chave:** Amazônia, Arecaceae, inseto herbívoro, Noctuoidea.

**First records of *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) in açai palms in the states of Amapá and Amazonas, Brazil.** This study documents the occurrence and damage of caterpillars of the genus *Herminodes* on *Euterpe* spp. in the states of Amapá and Amazonas. In January 2024, caterpillars were observed in experimental plantations of *E. oleracea* Mart. (cv. BRS Pai d'Égua and white açai palm), which is cultivated on upland soil in the Cerrado Experimental Field, in Macapá, Amapá. In April 2024, the insect was detected in *E. oleracea* and *Euterpe precatoria* Mart. cultivated in agroforestry systems, in the communities of São José do Miriti and Santa Maria, in the Jenipapo Extractive Settlement Project, in Manicoré, Amazonas. The caterpillars were located at the junction of the leaf sheaths and stipes, causing yellowing and chlorosis of the leaves, delaying leaf development or even their death. These are the first records of *Herminodes* sp. in açai palms in the states of Amapá and Amazonas. We recommend carrying out additional studies aimed at estimating the level of damage and developing methods to control this insect in extractive areas and commercial crops.

**Key words:** Amazon, Arecaceae, herbivorous insect, Noctuoidea.



Dentre as espécies frutíferas nativas da região amazônica, destacam-se as palmeiras (Arecaceae) conhecidas vernaculamente por açaizeiro-solteiro (*Euterpe precatoria* Mart.) e açaizeiro-de-touceira (*Euterpe oleracea* Mart.). No Brasil, *E. precatoria* ocorre apenas na região Norte, encontrado, predominantemente, nos estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Pará. Já *E. oleracea* ocorre nas regiões Norte (Amapá, Pará e Tocantins) e Nordeste (Maranhão), em densas populações próximas aos rios que formam o estuário amazônico (Oliveira et al., 2022). Os frutos de *E. oleracea*, quando maduros, apresentam cor violácea devido à presença de antocianinas, porém existem plantas que apresentam frutos de cor verde quando maduros e recebem o nome vulgar de açaí branco (Yokomizo et al., 2023). Os autores detalham que o açaizeiro-branco é considerado uma etnovarietade da espécie, que tem como principal característica a ausência de antocianinas no epicarpo do fruto. Segundo Jardim e Oliveira (2014), etnovarietades ou etnoespécies são plantas conhecidas apenas por seus nomes populares, que apresentam semelhanças com uma determinada espécie, mas com algumas diferenças nas características morfológicas.

A produção de frutos de açaizeiro-solteiro no Amapá aumentou significativamente nos últimos anos, passando de 1.337 toneladas em 2009 para 3.298 toneladas em 2022 (IBGE, 2024). Com o aumento da demanda, houve expansão de plantios comerciais de *E. oleracea* além das áreas de várzea, com a utilização das cultivares BRS Pará e BRS Pai d'Égua (recomendadas para o plantio em terra firme), sendo o Amapá um dos estados que mais se destacaram na adoção dessa tecnologia (Embrapa, 2023). No Amazonas, a cultura do açaizeiro foi incluída na lista dos Projetos Prioritários do Governo Estadual, implantados no período de 2019 a 2022, em 12 municípios previamente selecionados com base na produção local, entre os quais o município de Manicoré, no sul do Estado (Idam, 2019). Este incentivo contribuiu para o aumento da área plantada no Estado, que passou de 1.337 ha em 2019 para 3.549 ha em 2022, além de melhorar o manejo e a adubação nos plantios existentes, resultando no incremento da produção de frutos, de 5.272 toneladas em 2019 para 18.062 toneladas em 2022 (Idam, 2020; 2023). A produção predominante no Amazonas ainda é do açaizeiro-

solteiro (*E. precatoria*), no entanto, para os plantios comerciais há maior demanda pela espécie *E. oleracea*, com destaque para as cultivares BRS Pai d'Égua e BRS Pará, além das etnovarietades Ver-o-Peso, Pérola e Chumbinho (Decares, R. F. C., comunicação pessoal, 2024).

O incremento da área plantada de açaizais em sistema de monocultivo poderá favorecer a ocorrência e permanência de artrópodes indesejáveis nas áreas de produção, como demonstrado por Altieri et al. (2003) para diversas espécies vegetais. Atualmente, os insetos-praga associados a *E. oleracea* no estado do Amapá são: o pulgão-preto-das-palmáceas [*Cerataphis brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Aphididae)], a cochonilha-do-coqueiro [*Aspidiotus destructor* Signoret (Hemiptera: Diaspididae)], a lagarta-desfolhadora [*Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae)], a broca-das-palmáceas [*Dynamis borassi* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae)], a broca-do-estipe-do-coqueiro [*Rhinostomus barbirostris* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae)], a broca-das-mudas-do-açaizeiro [*Castnia* sp. (Lepidoptera: Castniidae)], o bicho-do-coqueiro [*Pachymerus nucleorum* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae)], o bicudo-rajado-das-palmáceas [*Metamasius hemipterus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)] e o besouro-verde-do-açaizeiro [*Macraspis pseudochrysis* Landin (Coleoptera: Scarabaeidae)] (Silva et al., 2004; Jordão e Silva, 2006; Jesus-Barros et al., 2013).

Para o estado do Amazonas são registradas as seguintes pragas do açaizeiro: o pulgão-preto-das-palmáceas [*C. brasiliensis*], o gafanhoto-do-coqueiro ou tucurão [*Eutropidacris cristata* (Linnaeus) (Orthoptera: Acrididae)], a lagarta-desfolhadoras-das-palmeiras [*Brassolis sophorae* (Linnaeus) (Lepidoptera: Nymphalidae)], as saúvas [*Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae)], a broca-rajada [*M. hemipterus*] e a broca-do-pedúnculo-do-açaizeiro [*Ozopherus muricatus* Pascoe (Coleoptera: Curculionidae)] (Lemos et al., 2018; Cysne et al., 2020).

Conhecer as espécies de insetos que ocorrem em cada região, seus hábitos e biologia, é fundamental para evitar perdas agrícolas (Jordão e Silva, 2006). Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de relatar a ocorrência e os danos do ataque de lagartas de

*Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivos de açaizeiro-solteiro e açaizeiro-de-touceira nos estados do Amapá e Amazonas.

Em janeiro de 2024 foi detectado um problema fitossanitário em plantas de açaizeiro-de-touceira de três anos de idade, cultivados em terra firme, em plantios experimentais no Campo Experimental do Cerrado, pertencente à Embrapa Amapá, localizados no município de Macapá (Tabela 1). Em inspeção visual realizada em plantas nas áreas de cultivo, foi constatada a presença de lagartas localizadas sob a junção da bainha e o estipe de plantas, causando amarelecimento e clorose das folhas, retardando ou impedindo o desenvolvimento dos cachos (Figura 1). Os plantios correspondem a uma área total de 0,75 ha, da qual 0,5 ha é da cultivar BRS Pai D'Égua e 0,25 ha é composta por 15 linhagens de açaizeiro-branco. Os espaçamentos de plantio correspondem 6 x 5 m e 5 x 4 m de plantas de BRS Pai D'Égua e açaizeiro-branco, respectivamente. Ambos os cultivos foram implantados no mês de fevereiro de 2021 e manejados com três perfilhos, conforme recomendações técnicas para a cultura (Nogueira et al., 2005). Aplicações fitossanitárias limitaram-se ao uso do herbicida glifosato para o controle de plantas daninhas. Três semanas após a visita inicial, foi realizada uma nova inspeção na área, não sendo verificada a presença de lagartas. Provavelmente, os insetos já haviam atingido a fase adulta.

Em abril de 2024, foram realizadas visitas a agricultores nas comunidades São José do Miriti e Santa Maria, localizadas no Lago do Matupiri Grande, Projeto de Assentamento Agroextrativista Jenipapo, município de Manicoré, Amazonas. Os agricultores dessas comunidades têm ampliado a área de cultivo, principalmente com *E. precatoria*, e introduzido, cada vez mais, o cultivo do açaizeiro-de-touceira (*E. oleracea*) variedade BRS-Pará, desenvolvida para ecossistema de terra-firme. Vale destacar que os cultivos preferencialmente são realizados em Sistemas Agroflorestais (SAFs), quase sempre sem espaçamento padronizado entre as plantas. De 11 cultivos visitados, em sete os agricultores cultivam açaizeiros, predominantemente o açaizeiro-solteiro. Destes, dois agricultores cultivam as duas espécies, sendo que os plantios de açaizeiro-de-touceira são recentes e em pequenas quantidades compoem os SAFs. Mediante inspeção visual de algumas plantas, constatou-se a presença de lagartas entre a bainha da folha e o estipe, à semelhança do que foi observado no Amapá. A infestação foi constatada em seis dos sete açaizais visitados (Tabela 1), com maior incidência em uma área com 2.500 açaizeiros-solteiros. Nas duas propriedades em que se cultivavam *E. precatoria* e de *E. oleracea*, a lagarta atacou ambas as espécies, indistintamente.

Foi realizado o registro fotográfico dos danos e algumas lagartas foram coletadas e transportadas aos

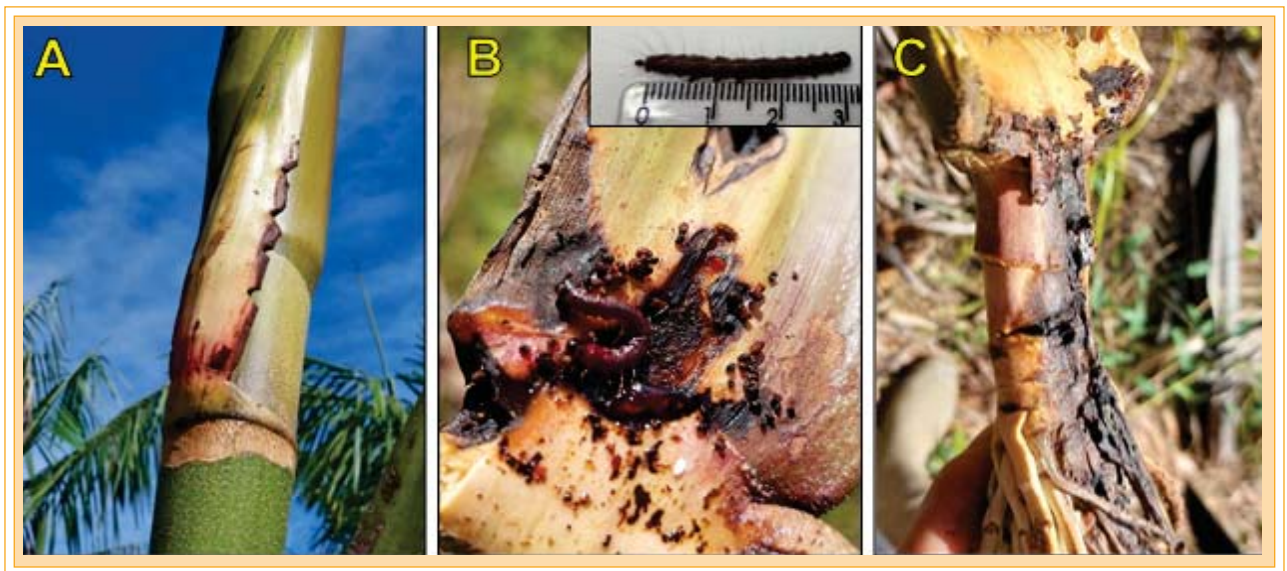


Figura 1. *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) em açaizeiro-de-touceira, em Macapá, AP: (A) Amarelecimento e clorose na espata e lesões na porção lateral direita; (B) Lagarta em detalhe; (C) Lesões e apodrecimento no local de ataque. Fotos: Paulo Silva Nascimento.

Tabela 1. Ocorrência de lagartas de *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de *Euterpe* spp. (Arecaceae) nos estados do Amapá e Amazonas, Brasil

Estados	Municípios	Localidades	Datas	Coordenadas geográficas		Espécies vegetais*	
				Latitude	Longitude	<i>Euterpe oleracea</i>	<i>Euterpe precatoria</i>
Amapá	Macapá	Campo Experimental do Cerrado	29/01/2024	0°22'55"N	51°01'40"O	X	
Amazonas	Manicoré	São José do Miriti	17/04/2024	5°37'33"S	61°19'31"O		X
		Santa Maria	18/04/2024	5°32'41"S	61°15'24"O	X	X
				5°32'28"S	61°15'35"O	X	X
				5°31'12"S	61°14'29"O		X
				5°33'24"S	61°16'15"O		X
				5°33'18"S	61°16'09"O		X

\*X = ocorrência de lagartas de *Herminodes* sp.

Laboratórios de Entomologia da Embrapa Amapá e da Universidade Federal do Amazonas. Em laboratório, pelas características morfológicas das lagartas, de acordo com o trabalho de Thomazini (2004), pela etologia do inseto e danos observados em campo, foi possível determinar que os insetos pertenciam ao gênero *Herminodes* (Lepidoptera: Noctuidae).

As lagartas de *Herminodes* possuem coloração marrom-avermelhada, pelos esparsos sobre o corpo e formam suas crisalidas em casulos fabricados com material retirado da planta hospedeira. Esses casulos ficam aderidos ao estipe ou na parte interna da folha, próximas à junção das mesmas com o estipe. O adulto é uma mariposa que mede cerca de 29 mm de envergadura, coloração pardo-acinzentada e pequenas manchas escuras e esparsas nas asas anteriores, as quais possuem bordas escurecidas (Thomazini, 2004).

A ocorrência de lagartas deste gênero já havia sido registrada em algumas areáceas, como a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) nos estados do Acre e Rondônia (Thomazini, 2004) e o açaizeiro-de-touceira no estado do Acre (Andrade Neto et al., 2016; Almeida et al., 2019). No estado do Pará, *Herminodes longistriata* Schaus (Lepidoptera: Noctuidae) foi registrada no bacabizeiro (*Oenocarpus mapora* Kasten) e na bacabeira-de-azeite (*Oenocarpus distichus* Mart.) por Couturier et al. (1999).

Neste trabalho, não foi realizado um inventário para verificar o número de plantas atacadas nas áreas ou o nível de infestação. No entanto, Thomazini (2004), em uma infestação registrada em *B. gasipaes* no estado do Acre, verificou que, em mais de 50% das plantas

ocorreram uma ou mais lagartas, com mortalidade de 5% dessas devido à natureza do ataque do inseto na área. Em *E. oleracea*, o amarelecimento e clorose das folhas, bem como a ocorrência de uma grande quantidade de fezes no local atacado, são sinais indicadores da presença das lagartas de *Herminodes* (Thomazini, 2004; Almeida et al., 2019). Portanto, o monitoramento sistemático do plantio é imprescindível para a detecção inicial do ataque da praga nos plantios.

Segundo Almeida et al. (2019), embora as lagartas de *Herminodes* sp. não penetrem no estipe da planta, estas provocam lesões nas bainhas das folhas (das quais se alimentam) e ocasionam deformações no caule e no pedúnculo da inflorescência. Além disso, o estipe das plantas atacadas apresenta lesões escurecidas, com pequenas rachaduras e deformações. A ação das lagartas impede que as bainhas se desprendam naturalmente do estipe, fazendo com que as folhas permaneçam aderidas ao caule, atuando, desse modo, como barreira física à emissão da inflorescência e posterior frutificação. Na base da bainha das folhas, que não se desprendem do caule, ocorre acúmulo de água, o que pode favorecer o ataque de fungos e consequente morte da inflorescência, principalmente no estágio inicial de desenvolvimento. Esses sinais e sintomas foram verificados nos cultivos no Amapá (açaizeiros-de-touceira) e no Amazonas (açaizeiros-solteiros e açaizeiros-de-touceira).

Para o monitoramento dos insetos adultos, sugere-se a utilização de armadilhas luminosas (1 armadilha/ha), providas de luz negra (Bernardi et al., 2011). Considerando que não há produtos registrados junto



ao Ministério da Agricultura e Pecuária para o controle da lagarta e do adulto de *Herminodes* sp. em açaizeiro, é necessário adotar medidas preventivas e profiláticas, como a limpeza da área e eliminação de outras palmeiras que possam abrigar o inseto (Andrade Neto et al., 2016). Uma técnica que poderia ser testada experimentalmente no controle de *Herminodes* sp. e outros insetos fitófagos em *E. precatoria*, seria o uso da endoterapia, que consiste na injeção ou infusão de um produto fitossanitário no tronco de uma árvore ou palmeira, o qual é translocado pelos tecidos vasculares internos da planta, atingindo as partes mais altas do dossel (Moura et al., 2023). Essa técnica já se mostrou eficiente no controle de insetos fitófagos em outras espécies de areáceas (Moura et al., 2023).

Estes são os primeiros registros de *Herminodes* sp. em *E. oleracea* no estado do Amapá e em *E. oleracea* e *E. precatoria* no estado do Amazonas. Devido à significativa importância socioeconômica que essas espécies vegetais apresentam para a região amazônica e o potencial danoso desse inseto para esses cultivos, novos estudos que busquem identificar o inseto em nível de espécie, quantificar o nível de dano, prospectar inimigos naturais associados, determinar a sazonalidade de ocorrência, além de testar experimentalmente métodos de controle, são fortemente recomendados, a fim de mitigar possíveis infestações desse inseto em plantios comerciais na região amazônica.

### Agradecimentos

ANSA, agradece ao Núcleo de Etnoecologia da Amazônia Brasileira, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas (NETNO/FCA/UFAM) e à Rede Transdisciplinar da Amazônia (RETA) pelo desenvolvimento das pesquisas, e ao Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGVces) pelo financiamento de passagens e atividades de campo.

### Literatura Citada

- ALMEIDA, U. O. et al. 2019. Registro de ocorrência de *Herminodes* sp. em açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no estado do Acre. South American Journal of Basic Education, Technical and Technological (Brasil) 6(1):541-545.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. 2003. O papel da biodiversidade no manejo de pragas. Ribeirão Preto, SP, Holos Editora. 226p.
- ANDRADE NETO, R. C. et al. 2016. Ocorrência e danos causados pela lagarta *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Nocutuidae) em cultivos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no estado do Acre. Documentos, 148. Rio Branco, Acre, Embrapa Acre. 22p.
- BERNARDI, O. et al. 2011. Levantamento populacional de análise faunística de Lepidoptera em *Eucalyptus* spp. no município de Pinheiro Machado, RS. Ciência Florestal (Brasil) 21(4): 735-744.
- COUTURIER, G.; OLIVEIRA, M. S. P.; BESERRA, P. 1999. Entomofauna fitófaga em palmeiras nativas da Amazônia. Pesquisa em andamento, 2. Belém, PA, Embrapa Amazônia Oriental. 3p.
- CYSNE, A. Q; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V. 2020. Ocorrência e dano da broca rajada causando morte em açaí solteiro no estado do Amazonas. Acta Iguazu (Brasil) 9(2):25-32.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2023. Área plantada com açaizeiros de terra firme gerados pela pesquisa cresce 675% no Brasil. Disponível em: <https://playnoagro.com.br/acaizeiros-de-terra-firme-gerados-pela-pesquisa-cresce-675-no-brasil/> Acesso em: 19 ago. 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção da extração vegetal e da Silvicultura. 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/pesquisa/16/12705> Acesso em: 19 ago. 2024.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAZONAS - IDAM. 2023. Relatório de Atividades - RAT Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2024/04/03-Producao-Vegetal-4o-Trim-2023.pdf> Acesso em: 19 ago. 2024.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO



- AMAZONAS - IDAM. Relatório de Atividades IDAM 2020. Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/RAIDAM2020.pdf> Acesso em: 19 ago. 2024.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAZONAS - IDAM. 2019. Relatório de Atividades. Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/10-RAIDAM2019.pdf> Acesso em: 19 ago. 2024.
- JARDIM, M. A. G.; OLIVEIRA, F. G. 2014. Morfologia floral de duas etnovariedades de *Euterpe oleracea* Mart. do estado do Pará. Biota Amazônia (Brasil) 4(4):6-9.
- JESUS-BARROS, C. R.; FREITAS, L. S.; GROSSI, P. C. 2013. Report of *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) on açai palms (*Euterpe oleracea* Mart.) in floodplains in the state of Amapá, Brazil. Biota Neotropica (Brasil) 13(1):380-382.
- JORDÃO, A. L.; SILVA, R. A. 2006. Guia de pragas agrícolas para o manejo integrado no Estado do Amapá. Ribeirão Preto, SP, Holos Editora. 182p.
- LEMONS, W. P.; LINS, P. M. P.; TREVISAN, O. 2018. Palmeiras. In: Silva, N. M.; Adaime, R.; Zucchi, R. A. (Eds.). Pragas agrícolas e florestais na Amazônia. Brasília, DF, Embrapa. 608p.
- MOURA, J. I. L. et al. 2023. Endoterapia como técnica alternativa às pulverizações. BioAssay (Brasil) 18:ba18003.
- NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIREDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. (Eds.). 2005. Açai. Embrapa Amazônia Oriental. Sistema de produção n. 4. 2ª ed. Belém, PA, Embrapa Amazônia Oriental. 139p.
- OLIVEIRA, M. S. P. et al. 2022. *Euterpe oleracea* e *E. precatoria*. Açai. In: Coradin, L.; Camillo, J.; Vieira, I. C. G. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial. Plantas para o futuro – Região Norte. Brasília, DF, MMA. 1.452p.
- SILVA, R. A.; MICHELOTTO, M. D.; JORDÃO, A. L. 2004. Levantamento preliminar de pulgões no estado do Amapá. Circular Técnica, 32. Amapá, Macapá, Embrapa Amapá. 11p.
- THOMAZINI, M. J. 2004. Ocorrência de *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) em pupunheira nos estados do Acre e Rondônia, Brasil. Acta Amazonica (Brasil) 34(3): 505-506.
- YOKOMIZO, G. I. et al. 2023. Estabilidade e adaptabilidade de progênies de açai da etnovarietade branca no Pará. Revista Univap (Brasil) 29(63):1-15.



## NOTA CIENTÍFICA

### NOVO REGISTRO DE PLANTA HOSPEDEIRA DE *Ceratitis capitata* (WIEDEMANN, 1824) (DIPTERA: TEPHRITIDAE) NO BRASIL

Álvaro Remígio Ayres<sup>1\*</sup>, Miguel Francisco de Souza-Filho<sup>2</sup>, Ricardo Adaime<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Castanhal, Pará, Brasil, alvaro.ayres@ifpa.edu.br

<sup>2</sup>Instituto Biológico, Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento em Sanidade Agropecuária, Campinas, São Paulo, Brasil, miguel.souza@sp.gov.br

<sup>3</sup>Embrapa Amapá, Macapá, Amapá, Brasil, ricardo.adaime@embrapa.br

\*Autores para correspondência: alvaro.ayres@ifpa.edu.br; ricardo.adaime@embrapa.br

*Pouteria macrophylla* Eyma (Sapotaceae) é registrada pela primeira vez como planta hospedeira da mosca-do-mediterrâneo [*Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae)] no Brasil, a partir de material coletado na ilha de Maiandeua, município de Maracanã, Pará, Brasil.

**Palavras-chave:** Mosca-do-mediterrâneo, moscas-das-frutas, Amazônia.

**New host plant record for *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) in Brazil.** *Pouteria macrophylla* Eyma (Sapotaceae) is recorded for the first time as a host plant of the Mediterranean fruit fly [*Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae)] in Brazil, from material collected on the island of Maiandeua, municipality of Maracanã, Pará, Brazil.

**Key words:** Mediterranean fruit fly, fruit flies, Amazon.

Originária do continente Africano, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), a mosca-do-mediterrâneo, é uma importante praga de distribuição mundial em cultivos de frutíferas, devido à sua ampla disseminação pelas atividades humanas e sua significativa capacidade de adaptação a numerosos ambientes (Zucchi, 2015). A espécie foi registrada pela primeira vez no Brasil em 1901, no estado de São Paulo (Ihering, 1901).

Na Amazônia brasileira, a primeira ocorrência de *C. capitata* foi registrada em Rondônia (Ronchi-Teles e Silva, 1996). Posteriormente, a mosca foi reportada no Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso, Roraima e Acre (Costa et al., 2022). Mais recentemente, foi observada pela primeira vez nos estados do Amapá (Costa et al., 2022) e Amazonas (Acioli et al., 2024). A introdução desta praga em vários estados da Região Amazônica foi, provavelmente, decorrente de frutos transportados de outras unidades da Federação (Silva et al. 2011a; Costa et al., 2022; Acioli et al., 2024).

*Ceratitis capitata* é uma espécie polífaga, cujas larvas desenvolvem-se em frutos de 419 espécies hospedeiras, distribuídas em 175 gêneros e 68 famílias (Liquido et al., 2020). No Brasil, esta espécie possui, até o momento, 116 hospedeiros pertencentes a 31 famílias (Zucchi e Moraes, 2025). Os mesmos autores detalham que as famílias com maior número de espécies hospedeiras de *C. capitata* são Myrtaceae (25 espécies), Rutaceae (20), Rosaceae (11), Anacardiaceae (7) e Sapotaceae (7).

*Pouteria macrophylla* Eyma é uma árvore da família Sapotaceae, cujos frutos são conhecidos como cutite, abiu-cutite ou abiurana (Figura 1). Segundo Lorenzi et al. (2015) e Lorenzi (2022), é uma planta lactescente, variando de 10 a 25 m de altura, dotada de copa alongada. Ocorre na Região Amazônica (mata pluvial) e na sua transição para a Campina e o Cerrado (mata semidecídua) no Mato Grosso. Ela é cultivada em pomares domésticos, principalmente na região Norte do Brasil, onde seus frutos são muito apreciados pela população local, comercializados em feiras livres e relativamente frequente na natureza, além de serem muito procurados por aves e outros animais silvestres. Os frutos são bagas globosas, lisas, aromáticas, com polpa amilácea e adocicada, contendo de uma a duas sementes, consumidos principalmente *in natura*.



Figura 1. Fruto de *Pouteria macrophylla* Eyma. Foto: Isabel Lima dos Anjos.

Em 11 de janeiro de 2024, foi coletada uma amostra de 51 frutos de *P. macrophylla*, totalizando 2,7 kg. Os frutos íntegros, recém-caídos ao solo, foram coletados em um pomar doméstico (0°37'34.9"S 47°32'40.6"W), na vila de Fortalezinha, situada na ilha de Maiandeuá, pertencente ao município de Maracanã, Pará, Brasil. Nessa região, predomina a vegetação de restinga, com padrão de feição de consolidação, representado exclusivamente pelas ilhas de Algodoal/Maiandeuá (Amaral et al., 2008). Os frutos coletados foram acondicionados em bandejas plásticas que foram transportadas até o Laboratório de Zoologia Agrícola do Instituto Federal do Pará - IFPA, em Castanhal, Pará.

No laboratório, foram seguidos os procedimentos recomendados por Silva et al. (2011b) para amostras de frutos agrupados. O material coletado foi examinado periodicamente e os pupários encontrados foram removidos e transferidos para potes de plástico contendo uma fina camada de areia umedecida, previamente esterilizada. Os potes foram cobertos com organza e tampa vazada, sendo inspecionados diariamente. A umidade nas bandejas e nos potes foi mantida por meio da reposição de água. Os adultos de moscas-das-frutas que emergiram foram armazenados em frascos de vidro contendo etanol 70%. A identificação taxonômica dos insetos obtidos foi realizada com base em Zucchi (2015).

Foram obtidos 29 pupários de moscas-das-frutas, caracterizando infestação de 10,7 pupários/kg de fruto. Dos pupários, emergiram 21 espécimes de *C. capitata* (15♀ e 6♂) (Figura 2), configurando viabilidade pupal de 72,4%.

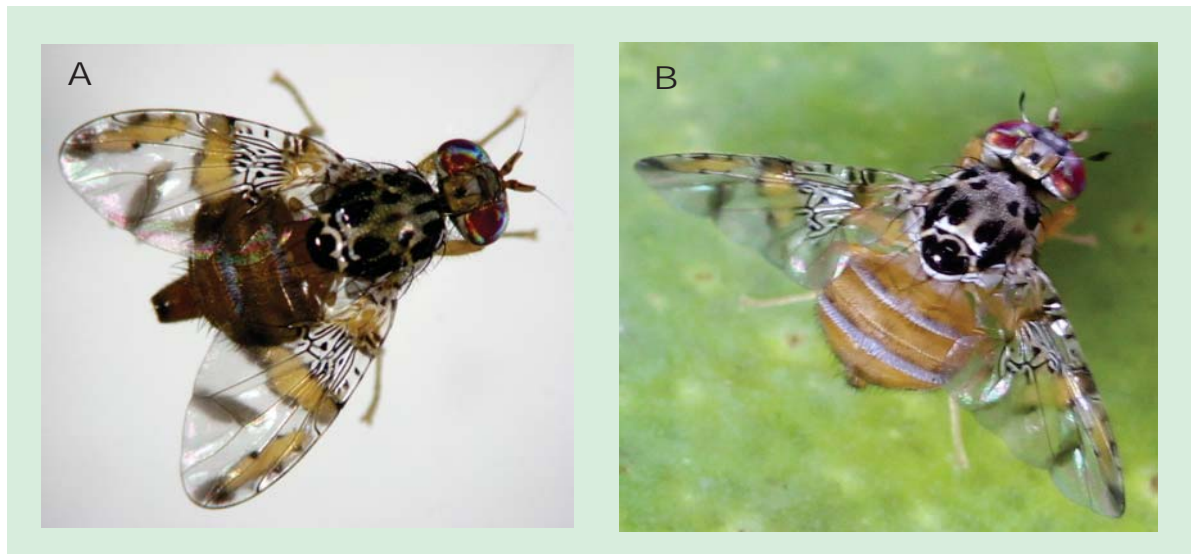


Figura 2. Adultos de *C. capitata*: fêmea (A) e macho (B). Fotos: Miguel F. de Souza-Filho.

Este é o primeiro registro de ocorrência de *C. capitata* em *P. macrophylla* (cutite) no Brasil. De acordo com Zucchi e Moraes (2025), em nosso país, *C. capitata* já havia sido reportada em outras sapotáceas do gênero *Pouteria*: *Pouteria caimito* Radlk., *Pouteria gardneriana* Radlk. e *Pouteria ramiflora* Radlk. Após este registro, *C. capitata* passa a ter no Brasil 117 espécies vegetais hospedeiras distribuídas em 31 famílias.

No Brasil, *P. macrophylla* foi reportada como planta hospedeira de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae), no estado do Amapá (Lemos et al., 2014). Também no mesmo estado, esta espécie vegetal foi reportada como hospedeira de *Neosilba glaberrima* (Wiedemann) e de *Neosilba zadolicha* McAlpine & Steyskal (Diptera: Lonchaeidae) (Strikis et al., 2011; Lemos et al., 2015).

Há mais de 10 anos, Silva et al. (2011a) já consideravam que a ocorrência de *C. capitata* na Amazônia brasileira ainda não estava bem esclarecida, especialmente quanto à distribuição e colonização de hospedeiros. Embora novos registros de ocorrência da praga e de seus hospedeiros tenham sido publicados nos últimos anos, o panorama ainda não mudou muito. Portanto, é necessário que estudos complementares sejam realizados, especialmente para entender as interações de *C. capitata*, espécie exótica registrada no Brasil há 124 anos, com espécies nativas, como sugerido por Costa et al. (2022).

### Literatura Citada

- ACIOLI, A. N. S. et al. 2024. March to the North: *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera, Tephritidae) reaches Manaus, state of Amazonas, Brazil. *Entomological Communications* 6: ec06015. doi: 10.37486/2675-1305.ec06015
- AMARAL, D. D. et al. 2008. Restingas do litoral amazônico, estados do Pará e Amapá, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 3(1): 35-67.
- COSTA, J. V. T. A. et al. 2022. *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) no estado do Amapá, Brasil: registro de entrada e pressupostos para o seu não estabelecimento. *Research, Society and Development* 11(10): e291111032879. Doi: 10.33448/rsd-v11i10.32879
- IHERING, H. 1901. Laranjas bichadas. *Revista Agrícola* 70: 179-191.
- LEMO, L. N. et al. 2014. New hosts of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. *Florida Entomologist* 97(2): 841-847.
- LEMO, L. N. et al. 2015. New findings on Lonchaeidae (Diptera: Tephritoidea) in the Brazilian Amazon. *Florida Entomologist* 98(4): 1233-1243. Doi: 10.1653/024.098.0433
- LIQUIDO, N. J. et al. 2020. Host plants of the



- Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), Version 4.0. USDA Compendium of Fruit Fly Host Information (CoFFHI). <https://coffhi.cphst.org>
- LORENZI, H. 2022. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Jardim Botânico Plantarum. 384p.
- LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C.; BACHER, L. B. 2015. Frutas no Brasil: nativas e exóticas de consumo *in natura*. São Paulo, Instituto Plantarum e Estudos da Flora. 768p.
- RONCHI-TELES, B.; SILVA, N. M. 1996. Primeiro registro de ocorrência da mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) na Amazônia Brasileira. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 25(3): 569-570.
- SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. 2011a. Ocorrência e hospedeiros de *Ceratitis capitata* na Amazônia brasileira. In: Silva, R. A.; Lemos, W. P.; Zucchi, R. A. (Eds.). Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Macapá, Embrapa Amapá. pp. 197-204.
- SILVA, R. A. et al. 2011b. Monitoramento de moscas-das-frutas na Amazônia: amostragem de frutos e uso de armadilhas. In: Silva, R. A.; Lemos, W. P.; Zucchi, R. A. (Eds.). Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Macapá, Embrapa Amapá. pp. 33-50.
- STRIKIS, P. C. et al. 2011. Conhecimento sobre Lonchaeidae na Amazônia brasileira. In: Silva, R. A.; Lemos, W. P.; Zucchi, R. A. (Eds.). Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Macapá, Embrapa Amapá. pp. 205-216.
- ZUCCHI, R. A. 2015. Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). In: Vilela, E. F.; Zucchi, R. A. (Eds.). Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros. Piracicaba, SP, FEALQ. pp. 153-172.
- ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. 2025. Fruit flies in Brazil - Hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly. <http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitis>.



## **AGRADECIMENTOS AOS CONSULTORES CIENTÍFICOS**

O sucesso de uma Revista depende não só da boa qualidade dos artigos submetidos para publicação, como também, dos comentários e sugestões dos assessores científicos, de cujos pareceres a Comissão Editorial não pode prescindir em suas decisões.

A Revista Agrotropica, através do seu conselho editorial, deseja expressar seu mais profundo agradecimento aos especialistas que, no ano de 2024, colaboraram na revisão de um ou mais artigos a eles enviados pelo editor. A publicação de seus nomes é um testemunho do nosso mais profundo reconhecimento pela sua valiosa colaboração com a revista.

- Carla Valéria da Silva Padilha
- Danusa Campos
- Edna Dora Martins Newman Luz
- Emili Rane de Jesus Nascimento
- Frederic Mendes Hughes
- Gabriel Vila Verde Nunes
- George Sodré
- Janisete Gomes da Silva Miller
- José Inácio Lacerda Moura
- José Luiz Bezerra
- Jucelho Dantas da Cruz
- Lindolfo Pereira dos Santos Filho
- Mário Luiz Bruno Ettare
- Mylena Franco Lopes
- Quintino de Araújo
- Rayanne França Pereira
- Renata Nascimento
- Ricardo Eduardo Vicente
- Rodrigo Daud
- Rodrigo Souza Santos
- Wesceley Evangelista



## **POLÍTICA EDITORIAL**

A Revista Agrotrópica foi criada em 1971, sendo originalmente conhecida como Revista Theobroma. Por ter um caráter interdisciplinar, constitui-se em um veículo de comunicação científica em várias áreas, como: Biodiversidade, Ciências Agrárias, Ciências Ambientais, Veterinária, Zootecnia, Tecnologia de Alimentos, Geografia, Geociências, Socioeconomia, entre outras. A revista é publicada quadrimestralmente e destina-se à divulgação de trabalhos originais que contribuem de forma significativa para o desenvolvimento agroecológico, ambiental e socioeconômico das Regiões Tropicais Úmidas.

A Revista Agrotrópica publica não apenas artigos científicos, mas também notas científicas ou técnicas, revisões bibliográficas relevantes e de natureza crítica, nos seguintes idiomas: Português, Inglês e Espanhol. Além disso, aceita cartas endereçadas ao editor sobre trabalhos publicados.

Os autores são os responsáveis exclusivos pelo conteúdo dos trabalhos; todavia, o editor, com a assessoria científica do Conselho Editorial, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações que considerar necessárias.

Editor Chefe

## **EDITORIAL POLICY**

The Agrotrópica Journal was established in 1971 and was formerly known as Theobroma Journal. With its interdisciplinary focus, it serves as a platform for scientific communication across various fields, including Biodiversity, Agricultural Sciences, Environmental Science, Veterinary Medicine, Animal Science, Food Technology, Geography, Geosciences, and Socioeconomics. The journal is published quarterly and aims to disseminate original scientific research that contributes to the agroecological, environmental, and socioeconomic development of tropical rainforest regions.

Agrotrópica publishes not only scientific articles but also technical notes, relevant bibliographical reviews, and critical analyses in Portuguese, English, and Spanish.

Additionally, it welcomes letters to the editor regarding published works. While authors are solely responsible for the content of their submissions, the editor, with input from the Editorial Board, reserves the right to suggest or request necessary changes.

Editor-in-Chief





MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA E  
PECUÁRIA

