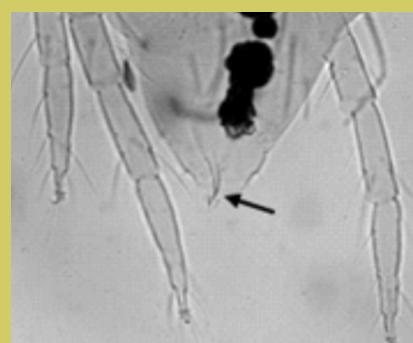
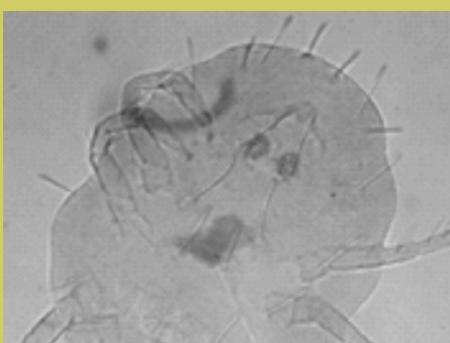


Agrotrópica

Volume 36, números 1,2, janeiro a agosto 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, n°1 (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: "Patossistema: *Theobroma cacao* L. (Cacaueiro) x *Ceratocystis cacaofunesta* (Murcha de Ceratocystis)", de A. N. dos Santos Júnior et al., fotos: Emili R. de J. Nascimento; "A Formiga Caçarema, *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) na Região Cacaueira da Bahia, Brasil: mais de um século de amor e ódio" de J. H. C. Delabie et al.; "Primeiros registros de *Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) em cultivos comerciais de açaizeiro (*Euterpe* spp.) em Rondônia", de R. S. Santos; "Infestação de *Mononychellus planksi* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae) em acessos de amendoim forrageiro em casa de vegetação", de R. S. Santos, G. J. N. de Vasconcelos; "Contribuição ao conhecimento dos gêneros de ascomicetos *Biscogniauxia* (Graphostromataceae), *Kretzschmaria* e *Stilbohypoxylon* (Xylariaceae) na Bahia, Brasil", de C. S. da Silva et al.

INFORMATION ON THE COVER: Cover pictures taken from the papers: "Pathosystem: *Theobroma cacao* L. (cocoa tree) x *Ceratocystis cacaofunesta* (Ceratocystis wilting)", by A. N. dos Santos Júnior et al., pictures: Emili R. de J. Nascimento; "The "caçarema" ant, *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) in the Cocoa Region of Bahia, Brazil: More than a century of love and hate", by J. H. C. Delabie et al.; "First records of *Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in commercial açaí palm trees (*Euterpe* spp.) plantations in the state of Rondônia, Brazil", by R. S. Santos; "Infestation of *Mononychellus planksi* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae) in forage peanut accessions in a greenhouse", by R. S. Santos and G. J. N. de Vasconcelos; "Contribution to the knowledge of ascomycetous genera *Biscogniauxia* (Graphostromataceae), *Kretzschmaria* and *Stilbohypoxylon* (Xylariaceae) from Bahia, Brazil", by C. S. da Silva et al.

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, Exper 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 quadrienal 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, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

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

AGROTRÓPICA

V. 36

Janeiro - Agosto

2024

N.1,2

CONTEÚDO

- 03 Instruções aos autores (Versão 2023/24).

ARTIGOS

- 07 Faixa de qualidade de atributos bioquímicos de amêndoas secas de cacau (em inglês). **G. A. H. de A. Loureiro, Q. R. de Araujo, D. Ahnert, E. I. M. Reyes, R. A. E. Valdez, V. C. Baligar, Y. C. Li.**
- 19 Considerações ecofisiológicas sobre o cultivo do cacaueiro no Cerrado do oeste da Bahia. **L. P. dos Santos Filho, G. A. Sodré, R. R. Valle, P. C. L. Marrocos.**
- 35 A Formiga Caçarema, *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) na Região Cacaueira da Bahia, Brasil: mais de um século de amor e ódio. **J. H. C. Delabie, C. D. Santos, J. T. dos Santos, J. L. dos Santos, L. da S. Bomfim, A. Arnhold, E. B. de A. Koch, C. dos S. F. Mariano.**

NOTAS CIENTÍFICAS

- 53 Contribuição ao conhecimento dos gêneros de ascomicetos *Biscogniauxia* (Graphostromataceae), *Kretzschmaria* e *Stilbohypoxylon* (Xylariaceae) na Bahia, Brasil (em inglês). **C. S. da Silva, F. J. S. Calaça, J. Pereira.**
- 63 Primeiros registros de *Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) em cultivos comerciais de açaizeiro (*Euterpe* spp.) em Rondônia. **R. S. Santos.**
- 69 Infestação de *Mononychellus planki* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae) em acessos de amendoim forrageiro em casa de vegetação. **R. S. Santos, G. J. N. de Vasconcelos.**
- 75 Viabilidade da extração de DNA de fungos em meio sólido. **A. N. dos Santos Júnior, J. P. A. de A. Takahashi, E. R. de J. Nascimento, F. J. de Andrade, G. S. Nascimento, N. R. dos S. Silva, K. P. Gramacho.**

NOTA TÉCNICA

- 78 Patossistema: *Theobroma cacao* L. (Cacaueiro) x *Ceratocystis cacaofunesta* (Murcha de Ceratocystis). **A. N. dos Santos Júnior, E. R. de J. Nascimento, R. F. Pereira, K. P. Gramacho.**



**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

January - August

2024

N.1,2

CONTENTS

- 03 Guidelines to authors.

ARTICLES

- 07 Quality range for biochemical attributes of cacao beans. **G. A. H. de A. Loureiro, Q. R. de Araujo, D. Ahnert, E. I. M. Reyes, R. A. E. Valdez, V. C. Baligar, Y. C. Li.**
- 19 Ecophysiological considerations on cocoa cultivation in Cerrado of Western Bahia (in Portuguese). **L. P. dos Santos Filho, G. A. Sodré, R. R. Valle, P. C. L. Marrocos.**
- 35 The “caçarema” ant, *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) in the Cocoa Region of Bahia, Brazil: More than a century of love and hate (in Portuguese). **J. H. C. Delabie, C. D. Santos, J. T. dos Santos, J. L. dos Santos, L. da S. Bomfim, A. Arnhold, E. B. de A. Koch, C. dos S. F. Mariano.**

SCIENTIFIC NOTES

- 53 Contribution to the knowledge of ascomycetous genera *Biscogniauxia* (Graphostromataceae), *Kretzschmaria* and *Stilbohypoxylon* (Xylariaceae) from Bahia, Brazil. **C. S. da Silva, F. J. S. Calaça, J. Pereira.**
- 63 First records of *Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in commercial açaí palm tree (*Euterpe* spp.) plantations in the state of Rondônia, Brazil (in Portuguese). **R. S. Santos.**
- 69 Infestation of *Mononychellus planki* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae) in forage peanut accessions in a greenhouse (in Portuguese). **R. S. Santos, G. J. N. de Vasconcelos.**
- 75 Viability of fungal DNA extraction from solid medium (in Portuguese). **A. N. dos Santos Júnior, J. P. A. de A. Takahashi, E. R. de J. Nascimento, F. J. de Andrade, G. S. Nascimento, N. R. dos S. Silva, K. P. Gramacho.**

TECHNICAL NOTE

- 78 Pathosystem: *Theobroma cacao* L. (cocoa tree) x *Ceratocystis cacaofunesta* (Ceratocystis wilting) (in Portuguese). **A. N. dos Santos Júnior, E. R. de J. Nascimento, R. F. Pereira, K. P. Gramacho.**

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

Agrotrópica 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). Na primeira página deverão constar o endereço postal completo e o endereço eletrônico do(s) autor(es). 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. Agrotrópica, 8(2): 39-44.

MEBS, D., POGODA, W., TOENNES, S.W. 2018. Loss of skin alkaloids in poison toads, *Melanophrhyniscus klappenbachi* (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 CO₂ - uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoietica 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

QUALITY RANGE FOR BIOCHEMICAL ATTRIBUTES OF CACAO BEANS

*Guilherme Amorim Homem de Abreu Loureiro¹, Quintino Reis de Araujo², Dario Ahnert³,
Etzli Itzel Morales Reyes⁴, Rodrigo Antonio Escalona Valdez⁵,
Virupax Chanabasappa Baligar⁶, Yuncong C. Li⁷*

¹Postgraduate Program in Forest Science, Postgraduate College (Postdoctoral Stays - Conahcyt), Campus Montecillo, Texcoco 56230, State of Mexico, Mexico. E-mail: gahal.85@gmail.com; ²Department of Agricultural and Environmental Sciences at the State University of Santa Cruz (UESC), Jorge Amado Road km 16 45662-000, Ilhéus, Bahia, Brazil (Retired). E-mail: quintino@uesc.br; ³Department of Biological Sciences at the UESC, Jorge Amado Road km 16 45662-000, Ilhéus, Bahia, Brazil. E-mail: darioa@uesc.br; ⁴Departament of Hydrosciences at the Postgraduate College, Montecillo Campus, km 36.5 México 136 5, Montecillo, 56230 Texcoco, State of Mexico. E-mail: etizel114@hotmail.com; ⁵Superior Normal School of Mexico (ENSM), Azcapotzalco, Manuel Salazar 201, Hacienda del Rosario, Ex el Rosario, Azcapotzalco, 02420, Ciudad de México, México. E-mail: rodrigo.escalona@aefcm.gob.mx; ⁶US Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (ARS), Beltsville Agricultural Research Centre, Beltsville 20705-2350, Maryland, United States (Retired). E-mail: baligarvc22@gmail.com; ⁷Department of Soil, Water, and Ecosystem Sciences, Tropical Research and Education Center. Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida, Homestead 33031, Florida, United States. E-mail: yunli@ufl.edu.

This research aimed to establish critical limits for the commercial classification and biochemical attributes of cacao beans that would reflect an optimal quality range by classifying the observations of the samples by the fermentation index (FI). Boundary line regressions represented the response of brown cacao beans, purple cacao beans, partially brown cacao beans, acetic acid, lactic acid, sucrose, fructose, glucose, total protein, total free amino acids, total lipids, theobromine, caffeine, (+)-catechin, (-)-epicatechin, and total phenolic substances as a function of pH variations sensitive to prior fermentation. The elliptical clustering was used to delimit a normal probability of occurrence of sample observations classified with FI values between 1 and 1.4. The optimal fermentation condition for these attributes is in the pH range between 5.79 and 6.05. Purple cacao beans, lactic acid, and sucrose were the most sensitive attributes to the FI quality range.

Key words: *Theobroma cacao* L., post-harvest processing, cacao quality, multivariate analysis, biochemical regressions, elliptical clustering.

Faixa de qualidade de atributos bioquímicos de amêndoas secas de cacau. O objetivo desta pesquisa foi estabelecer limites críticos para os atributos da classificação comercial e bioquímicos das amêndoas de cacau que refletissem uma faixa ótima de qualidade classificando as observações das amostras pelo índice de fermentação (IF). As regressões da linha de fronteira representaram a resposta de amêndoas de cacau marrons, amêndoas violetas, amêndoas parcialmente marrons, ácido acético, ácido láctico, sacarose, frutose, glicose, proteína total, aminoácidos livres totais, lipídios totais, teobromina, cafeína, (+) -catequina, (-)-epicatequina e substâncias fenólicas totais em função das variações de pH sensíveis à fermentação prévia. O agrupamento elíptico foi utilizado para delimitar uma faixa de probabilidade normal de ocorrência de observações amostrais classificadas com valores de IF entre 1 e 1,4. A condição ótima de fermentação para estes atributos é encontrada na faixa de pH entre 5,79 e 6,05. Amêndoas de cacau violetas, ácido láctico e sacarose foram os atributos mais sensíveis à faixa de qualidade IF.

Palavras-chave: *Theobroma cacao* L., processamento pós-colheita, qualidade do cacau, análise multivariada, regressões bioquímicas, agrupamento elíptico.

Introduction

The cacao (*Theobroma cacao* L.) production and its food quality are largely influenced by environmental, technical, and social factors (Araujo, Q.R. de et al., 2017, 2021; Araujo et al., 2018; Araujo et al., 2014, 2018; Franzen and Borgerhoff Mulder, 2007; Loureiro et al., 2016, 2017; Ploetz, 2016) for obtaining the biochemical profile of cacao beans that meets the criteria for industrial use and of food safety (Araujo et al., 2019; Cinar et al., 2021; Loureiro et al., 2017). For this reason, food science has sought to characterize and analyse the processes that define the quality attributes of dry cacao beans (Cinar et al., 2021; Loureiro et al., 2017). Cacao Quality Indexes (CQIs) were proposed recently to integrate groups of biochemical attributes according to the different interests of this primary product, such as the development of flavour and beneficial properties for human health (Araujo et al., 2019; Araujo et al., 2014). However, even with the literature support (Araujo et al., 2019; Araujo et al., 2014; Loureiro et al., 2017), the definition of the critical limits of the attributes used in these indexes needs to be revised in the biochemical context of the post-harvest processes of fermentation and drying.

The quality of dry cacao beans (DCB), the raw material for making chocolate results from biochemical transformations that occur in the seeds beginning in the fermentation process and ending in the drying process. Therefore, the quality of beans must be defined from thresholds (quality ranges) established experimentally for specific attributes, through monitoring and control of fermentation and drying conditions. However, most of these thresholds in the literature lack an analytical context because they are derived from samples that omit the origin, genotype of the cacao, and post-harvest processing conditions (Araujo et al., 2019; Loureiro et al., 2017). Therefore, the establishment of limits without due scientific basis may overestimate or underestimate the quality of commercial lots of cacao beans (MAPA, 2008), whose production and processing conditions are equally unknown.

The fermentation quality of Forastero or Trinitarian cacao can be monitored by the anthocyanins breakdown and formation of by-products such as cyanidin-3-b-D-galactoside and cyanidin-3-a-L-

arabinoside (Gourieva and Tserevitinov, 1979; Kim and Keeney, 1983). The oxidation of these products is related to the formation of brown pigments in completely fermented beans, which is detected by spectrophotometry from the increase in absorbance at 460 nm, and the decrease in absorbance at 530 nm (bin Said, 1989; Gourieva and Tserevitinov, 1979; Shahrir and Dimick, 1986). The absorbance ratio of 460 nm/530 nm is taken as the Fermentation Index (FI) (Gourieva and Tserevitinov, 1979). The literature indicated an FI quality range between 1 and 1.4 (Khairul Bariah, 2014; Romero-Cortes et al., 2013). The under-fermentation range corresponded to values lower than 1, and the over-fermentation range corresponds to values higher than approximately 1.4. Furthermore, an inverse relationship between the Fermentation Index (FI) and the potential of hydrogen (pH) was expected, which can be explained by the increase in total acidity due to the formation of acidic compounds during the fermentation process (Ilangantileke et al., 1991; Apriyanto et al., 2016). Therefore, from fermentation to drying, pH is a fundamental attribute to monitor the beans' acidity and is widely used by the cacao industry (Araujo et al., 2019; Loureiro et al., 2017).

Loureiro et al. (2023) implemented some techniques for the graphical analysis of free amino acid concentrations using FI and pH as predictive variables. For an adequate interpretation of results, certain particularities of the graphic analysis method need to be considered. The FI cannot be determined on DCB. Only pH or total acidity are variables capable of indicating the fermentation degree of sample observations. Although FI cannot be determined in DCB samples, the quality range ($1 < \text{FI} < 1.4$) can be detected and monitored by classifying cacao samples. These sorted samples have their distribution and probability domain. Therefore, it is also possible to verify clusters of observations of 'best fermented' samples within the two-dimensional space of the response of a biochemical attribute to pH variability. To verify the response trend of biometric or biochemical variables as a function of a predictor variable, that is, whose variability can be controlled or induced (by humans or by the environment), the polynomial borderline regression technique can be used (Walworth et al., 1986; Webb, 1972, 1973).

Retrospective fermentation monitoring by FI was carried out by clustering subsamples (Loureiro et al., 2023). Elliptical geometry is commonly used for clustering subsamples in the multivariate space generated by covariance or correlation matrices (Friendly et al., 2013; Jolicoeur, 1959). Elliptical clusters are calculated with the average as the centre of the subsample (Jolicoeur, 1959). The ellipse axis and its directions are calculated based on the maximum variation of the subsamples represented by the standard deviations of both axes (Friendly et al., 2013). Observations of samples sorted by FI values allowed an elliptical area with a multivariate normal distribution to be plotted on the scatterplot as the highest probability domain of the best fermentation condition. Thus, this research aimed to calibrate two-dimensional ranges of the response of biochemical attributes of DCB to pH variations through elliptical clustering of sample observations classified by ideal FI values.

Material and Methods

Cacao origin, sampling, and post-harvest processes

The fermented cacao beans (FCB) and DCB of the Porto Híbrido 16 (PH-16) clone, from 12 cropping sites in the south-eastern region of Bahia, are the origin of the analysed material. The trial was conducted in a completely randomized design with 36 observations (samples), from 12 cultivation sites and three replications by location. Fruit collections were carried out in November 2008, during the region's second annual cacao harvest. Fermentation processes of 168 h (7 days) and drying of 192 h (8 days) are completely reported by Loureiro, G.A.H. de A. et al. (2016, 2017).

Fermentation index

The FI determination is based on the method adapted from Gourieva and Tserevitinov (1979). Samples of 0.5 g of milled FCB were homogenized with 50 ml of a mixture of CH_4O (methanol) and HCl (hydrochloric acid) in a 97:3 volume ratio. The homogenate was left in a refrigerator at 8°C for 20 hours and then vacuum filtered. The FI, characterized by the percentage of beans that underwent different levels of fermentation indicated by their colour (completely brown, partially brown, violet, and slate)

in each sample, was obtained by calculating the ratio between the absorbance at 460 nm and the absorbance at 530 nm on the spectrophotometer (FEMTO® 600 plus, FEMTO, Brazil).

pH

The hydrogen ionic potential (pH) of the DCB was determined by method 970.21-1974 of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International (2005a).

Longitudinal cut for commercial classification

The longitudinal cut of DCB for commercial classification was determined according to Normative Instruction 38/2008 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (MAPA) from Brazil.

Organic acids and simple carbohydrates

The contents of organic acids (acetic acid - AA and lactic acid - LA) and simple carbohydrates (glucose - GLC, fructose - FRU, and sucrose - SUC) in DCB were determined by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) according to the method described by Schwan and Souza (1986), modified for this study. The samples triplicate of 20 g of milled DCB (endosperm) were weighed in a 300 ml beaker to which 200 ml of distilled water was added, then homogenised and centrifuged at 3000 revolutions per minute (rpm) for 10 minutes at 20 °C. Approximately 4 ml of the supernatant was placed in 2 Eppendorf Tubes® and centrifuged again at 14,000 rpm at 4°C for 10 minutes. The extracts were filtered through a 0.45 μm polyvinylidene fluoride (PVDF) membrane filter, and an aliquot (20 μl) was injected into the HPLC system (model-302, Gilson, Middleton, WI) equipped with a refractive index detector (RID-300, Japan Spectroscopic Co., Ltd., Tokyo). The separation of organic acids and simple carbohydrates was performed on an Aminex Ion Exclusion HPX-87H column (300 x 7.8 mm) using 0.005 N sulfuric acid as the eluent. Peak acquisition and integration were conducted using Star Chromatography Workstation 6.0 software (©Varian, Inc. 2004, Walnut Creek, CA, USA), based on previously prepared standard curves, with HPLC grade standards (Sigma-Aldrich, Merck, St Louis, MO, USA).

Protein and total free amino acids

Total protein (PRO) content in DCB (endosperm) was estimated based on conversion factor of 6.25 of the total nitrogen, which was determined using the micro-Kjeldahl assay according to the method 31.1.08 (AOAC International, 2005a). The steps for the analysis and determination of free amino acid (FAA) contents in DCB by HPLC were described by Loureiro et al. (2023).

Total lipids

The total lipid (LIP) content of DCB was determined according to the modified method 963.15-1973 of AOAC International (2005b). Samples of 5 g of milled DCB (endosperm) were placed in a Soxhlet extractor (including a heating plate and circulator with refrigeration). The 250 ml round-bottom flask with a 24/40 ground edge, and glass beads, was previously dried in an oven at 105 °C for 1 hour and weighed. The samples were placed in the round-bottom flask. The fat present in the cacao material was extracted in a Soxhlet extractor by siphoning petroleum ether (distillation range 30-60 °C; density at 15 °C 0.625-0.660 g ml⁻¹) for six hours. Petroleum ether was added in excess so that the fat extracted in the flask did not dry above the condenser. The fat was deposited at the bottom of the flask along with a small amount of petroleum ether and transferred to a beaker into a rotary vacuum evaporator to evaporate the petroleum ether. After evaporation, the fat (cream-coloured substance) that remained as a residue was weighed and expressed as a percentage.

Purine alkaloids

DCB milled (endosperm) was used for quantifying theobromine (THB) and caffeine (CAF) simultaneously with HPLC according to the method described by Brunetto et al. (2007).

Phenolic substances

The phenolic substances (-)-epicatechin (EPI) and (+)-catechin (CAT) contents of DCB (milled endosperm) were determined using the procedure described by Elwers et al. (2009). The total phenolic substances (PHE) of dried and milled cacao endosperm were determined using the Folin-Ciocalteu procedure described by Singleton and Rossi (1965) and Elwers et al. (2009).

Data analysis

The statistical procedures used in this study were performed using the R software (R Development Core Team 2021) and were described integrally by Loureiro et al. (2023).

Results and Discussion

According to the percentage of defects identified by the cut test of the cacao commercial classification (MAPA, 2008), all the observations in the sample correspond to DCB of Type I: mouldy (0-4%), smoky (0-1%), damaged by insects (0-4%), slate (0-5%), germinated (0-5%) and flattened (0-5%). Also, the moisture of the DCB is below the value of 8% established for Type I. The commercial classification of DCB by the cut test as Type I indicates that the post-harvest processing of fermentation and drying are within the standards required by Brazil and the world. The percents of brown, purple, and partially brown cacao beans corroborate this result (Table 1; Figure 1). None of these attributes were considered ‘defects’ when determining the commercial class of a batch of DCB. However, the presence of purple cacao beans (PCB) or bright PCB from the Forastero group or Trinitarian hybrids indicated either immature harvested fruit or insufficient fermentation (MAPA, 2008; Millena et al., 2023; Rahardjo et al., 2022). Brown cacao beans (BCB) indicated proper fermentation before drying (MAPA, 2008; Millena et al., 2023; Rahardjo et al., 2022). According to Hernández-Hernández et al. (2016), the dispersion of polyphenols during fermentation, followed by oxidation and reduction reactions due to external chemical substrates, produces this brown colour.

According to the Shapiro-Wilks test, the data obtained from the samples for the variables pH, LA, CAF, CAT, and EPI of DCB do not exhibit normality (Table 1). Loureiro et al. (2023) attribute these deviations from normality primarily to the reduction in sample observations. The data set used in this analysis corresponds to the sample observations from the study by Loureiro et al. (2023). Outliers in FAA, FI, and extreme outliers related to analytical errors were the main criteria used to eliminate 10 observations from the initial sample of 36 observations. Despite detecting some observations outside the interquartile range, some

Biochemical attributes of cacao beans

Table 1. Sample analysis of biochemical attributes of cacao beans of the Porto Híbrido 16 (PH-16) clone cropping in the Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

Type	Variable (Abbreviation or acronym, unit)	Descriptive statistics						Scatterplot analysis								
		S-W test ¹			Outliers' detection			Indexes ²			FI quality range (ellipse cluster)					
		W	p-value	(boxplot)	Minimum	Maximum	Average	Standard deviation	GVF ³	TAI ⁴	x variable	x min	x max	y variable	y min	y max
NA	Potential of hydrogen (pH, dimensionless)	0.86	<0.01	3	5.82	6.57	6.05	0.19	0.94	0.72	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Brown cacao beans (BCB, %)	0.98	0.92	0	10.00	84.00	47.12	19.12	0.91	0.66	pH	5.79	6.05	BCB	8.63	94.98	
Purple cacao beans (PCB, %)	0.93	0.09	1	0.00	30.00	11.35	7.17	0.96	0.76	pH	5.78	6.05	PCB	-0.30 (zero)	18.68	
Partially brown cacao beans (PBCB, %)	0.97	0.64	0	5.00	90.00	40.42	22.03	0.93	0.71	pH	5.78	6.05	PBCB	-10.36(zero)	85.60	
OAC ⁶	Acetic acid (AA, g kg ⁻¹)	0.99	1.00	0	9.27	33.84	22.14	5.92	0.93	0.73	pH	5.78	6.05	AA	3.49	41.42
Lactic acid (LA, g kg ⁻¹)	0.88	<0.01	2	4.84	18.45	9.09	2.94	0.95	0.74	pH	5.81	6.03	LA	2.35	13.59	
SCA ⁷	Sucrose (SUC, g kg ⁻¹)	0.97	0.62	0	0.76	2.73	1.60	0.48	0.95	0.78	pH	5.79	6.05	SUC	0.50	1.96
Fructose (FRU, g kg ⁻¹)	0.99	1.00	0	2.59	9.82	6.23	1.67	0.92	0.69	pH	5.79	6.05	FRU	0.54	9.32	
Glucose (GLC, g kg ⁻¹)	0.97	0.59	4	0.91	5.21	3.10	0.93	0.96	0.79	pH	5.79	6.04	GLC	-0.03 (zero)	5.52	
SSU ⁸	Total protein (PRO, g kg ⁻¹)	0.97	0.58	0	135.74	199.55	163.12	16.19	0.95	0.77	pH	5.79	6.05	PRO	120.40	210.05
Total free amino acids (FFAA, mg kg ⁻¹ FFDM ⁹)	0.97	0.61	0	10980.40	17276.53	13888.92	1754.92	0.94	0.76	pH	5.79	6.05	FFAA	9224.22	19632.43	
Total lipids (LIP, g kg ⁻¹)	0.98	0.81	2	307.67	436.80	368.68	28.74	0.94	0.75	pH	5.79	6.05	LIP	315.03	430.89	
PAL ¹⁰	Theobromine (THB, g kg ⁻¹)	0.97	0.75	0	24.77	34.08	29.68	2.31	0.95	0.76	pH	5.78	6.06	THB	25.09	35.82
Caffeine (CAF, g kg ⁻¹)	0.89	0.01	1	4.55	9.61	6.00	1.10	0.91	0.66	pH	5.80	6.04	CAF	3.93	6.83	
PSU ¹¹	(+)-Catechin (CAT, g kg ⁻¹)	0.84	<0.01	1	0.65	5.72	1.89	1.16	0.95	0.76	pH	5.78	6.06	CAT	-0.52(zero)	3.98
(-)-Epicatechin (EPI, g kg ⁻¹)	0.86	<0.01	3	2.22	16.58	6.14	3.15	0.95	0.74	pH	5.78	6.05	EPI	2.52	8.32	
Total phenolic substances (PHE, g kg ⁻¹)	0.99	0.97	1	45.99	92.38	68.63	11.18	0.95	0.77	pH	5.78	6.05	PHE	52.55	84.19	

¹Shapiro-Wilks test at 5% significance level. ²Indexes for assessing class intervals (Armstrong et al., 2003; Bivand et al., 2020). ³Goodness of variance fit. ⁴Tabular accuracy index. ⁵Color characterization by the cut test of commercial classification. ⁶Organic acids. ⁷Simple carbohydrates. ⁸Structural substances. ⁹Fat free dry material. ¹⁰Purine alkaloids. ¹¹Phenolic substances.

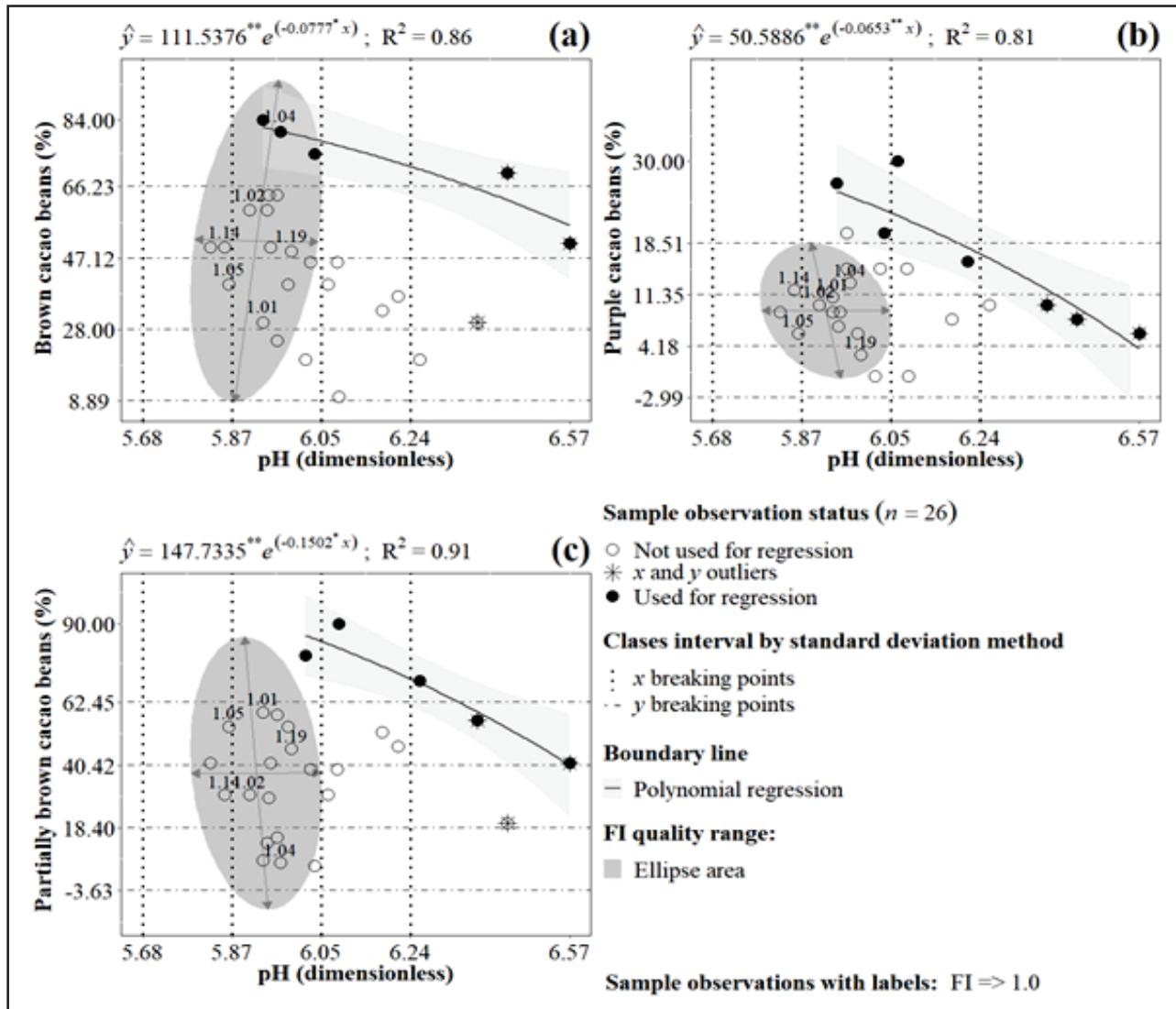


Figure 1. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the colour characterization by the cut test of commercial classification as a function of pH of dry cacao beans. Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**), and $0.01 > p \leq 0.05$ (*). Coefficient of determination (R^2). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

were retained as they did not represent typical chemical analysis errors and did not affect the frontier regression trend (Table 1; Figures 1-4).

The internal variability of the sample observations classified into four intervals was robust based on the GVF and TAI indices (Armstrong et al., 2003). The average was used as a class limit on the x- and y-axis of Figures 1 to 4, as explained by Evans (1977). GVF values equal to or higher than 0.90 for all variables in the graphical analysis (Table 1) indicate a good fit for the method of determining class intervals (Smith, 1986).

Only the variables BCB (Figure 1a), FRU (Figure 2d), and CAF (Figure 4b) showed TAI values lower than 0.70, suggesting some information loss due to sample size reduction or an inadequate number of classes to capture internal variability.

Loureiro et al. (2023) classified the sample observations with FI values equal to or higher than 1.0 (Ilangantileke et al., 1991; Tchouatcheu et al., 2019) as a category of the retrospective fermentation process. They grouped these samples with the multivariate elliptical analysis technique (Murdoch et

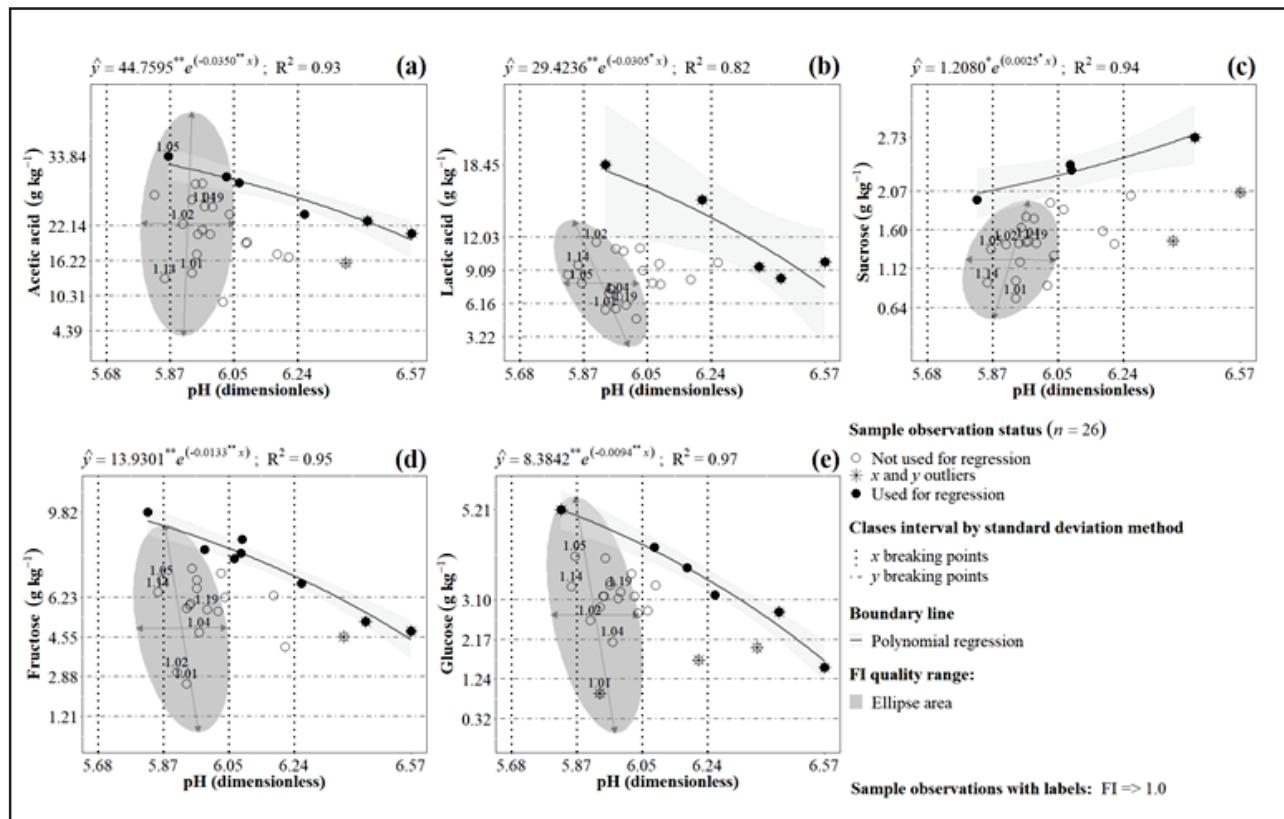


Figure 2. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the organic acids (a and b), and simple carbohydrates (c, d, and e) as a function of pH of dry cacao beans. Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**), and $0.01 > p \leq 0.05$ (*). Coefficient of determination (R^2). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

al., 2022; Wickham et al., 2020), projecting the clusters on scatterplots of the relations between pH and FAA. This study also verified which pH quality ranges are related to FI values equal to or higher than 1.00 for the 16 analysed attributes (Table 1; Figures 1-4). The boundary lines estimated by exponential polynomial regressions show the distribution trend of the selected extreme values in each class interval (Figures 1-4). Except for sucrose (Figure 4a), all boundary regressions show an inverse relation between response variables and pH. The scatterplots (Figures 1-4) illustrate how the variables behave as a function of pH and FI (retrospective). The FI cluster in Figure 1b clearly shows that samples with a lower percentage of PCB are better fermented. Therefore, the PCB attribute is a potential indicator of fermentative quality when corroborated by pH analysis. Similar clustering patterns appear in the graphs for LA (Figure 2b) and SUC (Figure 2c). The ideal FI cluster in the AA samples

suggests an ideal pH range associated with an optimal range for this variable (Figure 2b). Regarding SUC, it is evident that an increase in this attribute's concentration is not related to the good fermentative quality of the DCB.

Boundary line regressions are useful to represent biological processes or behaviours (Walworth et al., 1986; Webb, 1972, 1973). In this study, we use this technique to observe the biochemical processes in beans related to the monitoring of cacao quality. Furthermore, the elliptical cluster area (with the set of observations within the FI quality range) in the graphical analysis of bivariate relations, as well as the technique applied in multivariate analysis (Friendly et al., 2013; Jolicoeur, 1959), can be used to establish critical limits for these biochemical attributes for the same cacao genotype in different cropping sites.

The more density points observed in the scatterplot, the better the graphical analysis of the boundary line

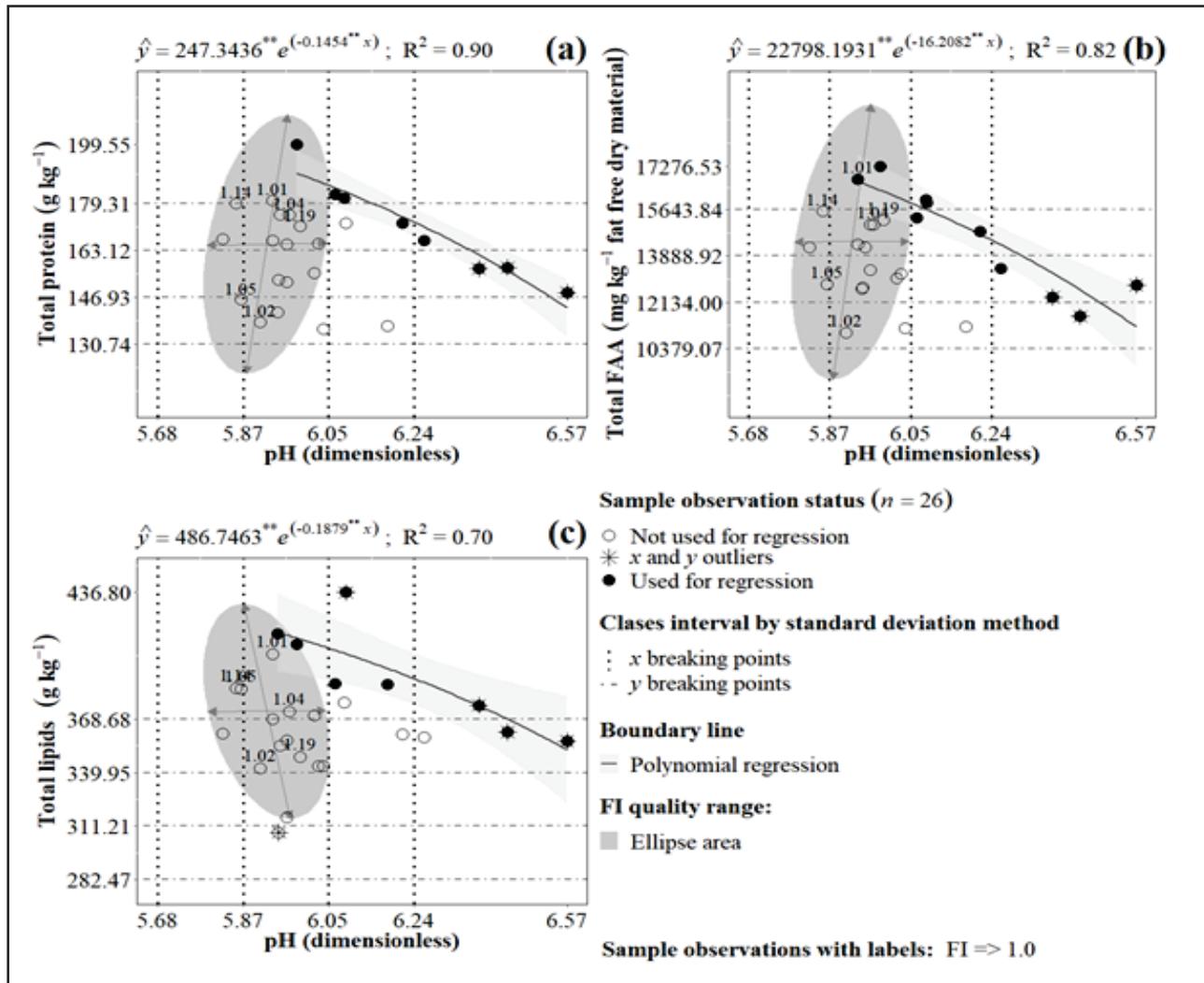


Figure 3. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the structural substances as a function of pH of dry cacao beans. Free amino acids (FAA). Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**). Coefficient of determination (R^2). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil

will be (Walworth et al., 1986; Webb, 1972). In addition, large samples ($n > 100$) seem more convincing because they meet the normal distribution criterion (Guttman and Smith, 1969). For example, the literature suggests detecting and eliminating outliers before performing a graphical analysis of boundary lines (Shatar and McBratney, 2004; Walworth et al., 1986), similar to the assumptions of an analysis of variance. However, an outlier in the interquartile range should not always be eliminated and may sometimes be overlooked, especially when dealing with small samples ($n < 100$). When the sample is small, as in this study, the number of gaps increases, meaning there is not always an ideal density

of observations. Therefore, each ‘outlier’ must be analysed in its analytical context to rule out the possibility that the values found are not commonly cited in the literature. Furthermore, increasing the number of repetitions of an experiment can result in unnecessary financial expense. For this reason, this study sought to solve the problem of critical limits through graphical techniques that are simple to execute and statistically feasible. Instead of eliminating all outliers from the sample and reducing the data set, they were identified graphically (Figures 1-4). Figures 1 to 4 show that the outliers are within the expected variability for the cacao bean attributes.

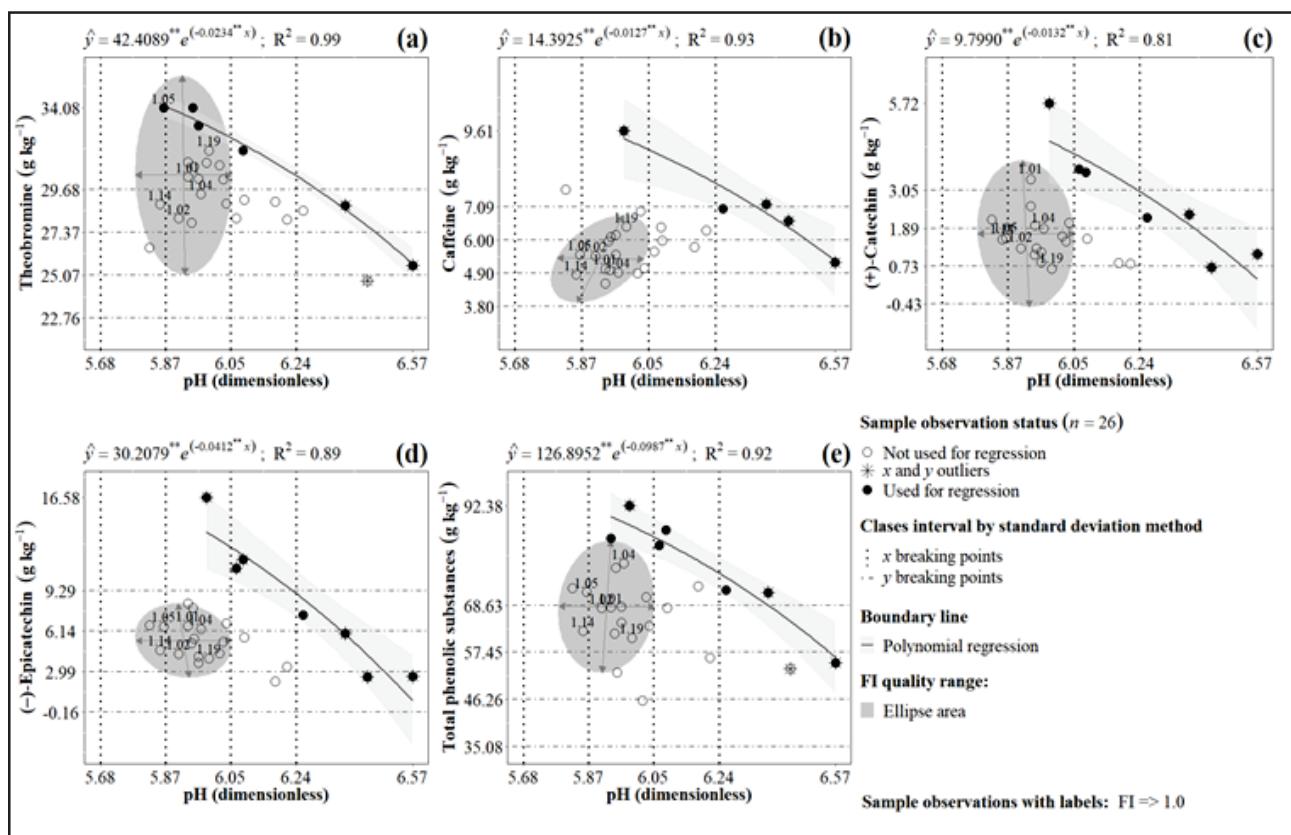


Figure 4. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the purine alkaloids (a and b), and phenolic substances (c, d, and e) with as a function of pH of dry cacao beans. Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**). Coefficient of determination (R^2). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

On the other hand, the estimated FI quality range was able to simultaneously delimit the critical limits of pH and other biochemical attributes (Table 1; Figures 1-4). By averaging the pH range values of all DCB attributes (Table 1; Figures 1-4), we obtain the following critical limits 5.79 and 6.05. This range indicates a higher probability of best-fermented cacao samples, and, consequently, a greater potential for using the biochemical and sensory characteristics of the beans for the chocolate industry, for example. However, the FI quality range is two-dimensional, that is, pH is not the only limiting variable, and each response variable (y) has its critical limits (Table 1; Figures 1-7). In practice, the FI quality range is an ideal or optimal one, and from it, it is possible to establish other critical ranges such as “over fermented” or “under fermented”. For example, the optimal range for total acidity lies between the values of 11.56 and 17.30 meq NaOH 100g⁻¹, and

the range of lower acidity (< 11.56 meq NaOH 100g⁻¹) corresponds to an under fermented condition (Loureiro et al., 2023). The range of higher acidity (> 17.30 meq NaOH 100g⁻¹) may indicate over fermentation. But the extreme values estimated by the ellipse area may require an operational correction as is the case for PCB, PBCB, GLC, and CAT, whose new lower bounds will be zero (Table 1; Figures 1b; 1c; 2e; and 4c). Furthermore, the interpretation of extreme values must be carried out according to the biochemical behaviour of the variable in the fermentation and drying processes. SUC, for example, breaks down to form the other sugars FRU and GLC. Therefore, SUC values above the upper limit of the FI quality range (> 1.96 g kg⁻¹) may indicate under-fermentation. Thus, the interpretation of the upper limits for FRU and GLC carbohydrates is inverted; their upper limits within the FI quality range indicate over-fermentation.

As in this research, because all post-harvest processes (fermentation and drying) were controlled, the variability found in most of the attributes may be related to the plant nutrition, as well as the degree of maturity of the fruits, their storage time and transport, until the beginning of the fermentation process of unfermented cacao beans (Araujo et al., 2017; Cruz et al, 2013; Dang and Nguyen, 2019; Loureiro et al., 2017). PCB, LA, and SUC are variables whose limits of the FI quality range (y-axis) have a good discriminatory potential. That is, the values of the y-variable corroborate the values of the pH range. For the other variables, only the pH range allows for discriminating the fermentative quality of the sample observations. The interpretation of these critical limits must be based on the specialised literature; however, only new experimental treatments could induce variability capable of improving and correcting the FI quality range area as a two-dimensional probability space.

Conclusion

The projection of the elliptical clustering area in two-dimensional space, representing the response of biochemical attributes to variations in the pH of dry cacao beans, proved to be a viable technique for monitoring samples within the optimal fermentation index range (1-1.4), a variable arising from the end of the controlled fermentation process.

The pH values between 5.79 and 6.05 represent an overall range in which the biochemical attributes of dry cacao beans (organic acids, simple carbohydrates, structural substances, purine alkaloids, and phenolic substances) are found in an optimal condition of fermentation quality.

Boundary line regressions represent the response trends of biochemical attributes as a function of pH prediction, a variable sensitive to different fermentation and drying conditions of cacao beans. However, the classification of samples outside the two-dimensional quality range must be interpreted within the biochemical context of each variable to accurately represent conditions of over- and under-fermentation.

In addition to the pH range, the upper limits of the FI quality range for purple cacao beans, lactic acid, and sucrose attributes have good discriminatory

potential. The critical limits of cacao quality were calibrated for the fermented and dry beans from the PH-16 clone; therefore, they should not be extrapolated to different cultivars or genetic varieties.

Acknowledgements

This paper is part of the project “Linking soil quality and cocoa quality in Bahia, Brazil” and, for running the fundamental steps of this research, the author Quintino R. de Araujo was supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) (grant Proc. 201739/2008-9 PDE) for performing Postdoctoral fellowship. The project SCA 58-1245-3-237F of USDA-ARS-FUNPAB partially supported research activities.

Literature Cited

- APRIYANTO, M. et al. 2016. Study on effect of fermentation to the quality parameter of cocoa bean in Indonesia. *Asian Journal of Dairy and Food Research.* 35(2):160-163. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.v35i2.10724>
- ARAUJO, Q. R. et al. 2014. Cocoa Quality Index – A proposal. *Food Control* 46:49-54. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.003>
- ARAUJO, Q. R. de et al. 2017. Impact of soils and cropping systems on mineral composition of dry cacao beans. *Journal of soil science and plant nutrition* 17(2):410-428.
- ARAUJO, Q. et al. 2018a. Soil quality index for cacao cropping systems. *Archives of Agronomy and Soil Science* 64(13):1892-1909.
- ARAUJO, Q. R. et al. 2018b. Impact of soils and cropping systems on biochemical attributes of dry cacao beans. *Agrotrópica* 30(3): 175-194. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2018v30n3p175-194>
- ARAUJO, Q. R. et al. 2019. Cacao quality index for cacao agroecosystems in Bahia, Brazil. *International Journal of Food Properties* 22(1):1799-1814. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1675691>
- ARAUJO, Q. R. et al. 2021. Effect of Different Edaphic Crop Conditions on the Free Amino Acid Profile of PH-16 Dry Cacao Beans. *Agronomy* 11(8):1637.
- ARMSTRONG, M. P.; XIAO, N.; BENNETT, D. A. 2003. Using Genetic Algorithms to Create

- Multicriteria Class Intervals for Choropleth Maps. Annals of the Association of American Geographers 93(3):595–623. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.9303005>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 2005a. Official Method 31.1.08. In: Horwitz, W.; Latimer Jr., G. W. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 2005b. Official Method 963.15-1973. In: Horwitz, W.; Latimer Jr., G. W. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 2005c. Official Method 970.21-1974. In: Horwitz, W.; Latimer Jr., G. W. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- BIN SAID, M. 1989. Some methods to determine the degree of fermentation in cocoa beans. In: Che Man Y. B.; Abdul Karim, M. N. B; Asbi, B. A. (Eds.). Conference on Food Processing: Prelude to the 90's. Faculty of Food Science and Biotechnology, UPM; pp. 41-51.
- BRUNETTO, M. del R. et al. 2007. Determination of theobromine, theophylline and caffeine in cocoa samples by a high-performance liquid chromatographic method with on-line sample cleanup in a switching-column system. Food Chemistry 100: 459-67.
- CINAR, Z.Ö. et al. 2021. Cocoa and cocoa bean shells role in human health: An updated review. Journal of Food Composition and Analysis. 103:104115. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104115>
- CRUZ, J. F. M. et al. 2013. Assessment of the fermentative process from different cocoa cultivars produced in Southern Bahia, Brazil. African Journal of Biotechnology 12(33):5218–5225. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12122>
- DANG, Y. K. T; NGUYEN, H. V. H. 2019. Effects of Maturity at Harvest and Fermentation Conditions on Bioactive Compounds of Cocoa Beans. Plant Foods for Human Nutrition 74: 54–60.
- ELWERS, S. et al. 2009. Differences between the content of phenolic compounds in Criollo, Forastero and Trinitario cocoa seed (*Theobroma cacao* L.). European Food Research and Technology 229:937–948. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1132-y>
- EVANS, I. S. 1977. The Selection of Class Intervals. Transactions of the Institute of British Geographers 2(1):98. <https://doi.org/10.2307/622195>
- FRANZEN, M.; BORGERHOFF MULDER, M. 2007. Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. Biodiversity and Conservation 16(13):3835–3849. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9183-5>
- FRIENDLY, M.; MONETTE, G; FOX, J. 2013. Elliptical Insights: Understanding Statistical Methods through Elliptical Geometry. Statistical Science 28(1):1–39. <https://doi.org/10.1214/12-STS402>
- GOURIEVA, M. B.; TSEREVITINOV, O. B. 1979. Methods for evaluating the degree of fermentation of cocoa beans (Patent No. 646254). USSR Patent.
- GUTTMAN, I.; SMITH, D. E. 1969. Investigation of Rules for Dealing With Outliers in Small Samples from the Normal Distribution: I: Estimation of the Mean. Technometrics 11(3):527–550. <https://doi.org/10.1080/00401706.1969.10490710>
- HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ et al. 2016. Evaluation of different fermentation processes for use by small cocoa growers in Mexico. Food Science & Nutrition 4(5):690–695. <https://doi.org/10.1002/fsn3.333>
- ILANGANTILEK, S. G.; WAHYUNDI, T.; GRACIA BAILON, M. A. 1991. Assessment Methodology to Predict Quality of Cocoa Beans for Export. Journal of Food Quality 14:481–496. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1991.tb00088.x>
- JOLICOEUR, P. 1959. Multivariate Geographical Variation in the Wolf *Canis lupus* L. Evolution 13(3): 283–299. <https://doi.org/10.2307/2406106>
- KHAIRUL BARIAH, S. 2014. Impact of Fermentation Duration on the Quality of Malaysian Cocoa Beans Using Shallow Box. Asia-Pacific Journal of Science and Technology 19:74-80.
- KIM, H.; KEENEY, P. G. 1983. Method of Analysis for (-)-Epicatechin in Cocoa Beans by High Performance Liquid Chromatography. Journal of Food Science 48(2): 548-551.
- LOUREIRO, G. A. H. A. et al. 2016. Influence of environmental factors on cacao biometric attributes. Agrotrópica 28(2):123-140. <https://doi.org/0.21757/0103-3816.2016v28n2p123-140>

- LOUREIRO, G. A. H. A. et al. 2017a. Cacao quality: Highlighting selected attributes. *Food Reviews International* 33(4):382–405. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1175011>
- LOUREIRO, G. A. H. A. et al. 2017b. Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12): 579-587. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>
- LOUREIRO, G. A. H. A. et al. 2023. Quality range for free amino acids of cacao beans. *Agrotrópica* 35(1):5–14. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2023v35n1p5-14>
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA - MAPA. 2008. Instrução Normativa No. 38, de 23 de junho de 2008. Diário Oficial da União, Seção 1(117), 8. Publicado em 24 de junho de 2008. <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=v250964455>
- MILLENA, C. G. et al. 2023. Effect of fermentation stages on the nutritional and mineral bioavailability of cacao beans (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 115:104886. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104886>
- MURDOCH, D.; CHOW, E. D.; CELAYETA, J. M. F. 2022. Package ‘ellipse’. Functions for Drawing Ellipses and Ellipse-Like Confidence Regions. R Package Version 0.4.3. R: The R Project for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/web/packages/ellipse/ellipse.pdf>
- PLOETZ, R. 2016. The Impact of Diseases on Cacao Production: A Global Overview. In: Bailey, B., Meinhardt, L. (Eds). *Cacao Diseases*. Springer International Publishing. p. 33–59.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2021. R: A Language and Environment for Statistical Computing (4.1.2). R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- 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>
- ROMERO-CORTES T. et al. 2013. Relationship between fermentation index and other biochemical changes evaluated during the fermentation of Mexican cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93(10):2596–2604. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6088>
- SHAHRIR, S.; DIMICK, P. S. 1986. Qualitative and quantitative measurements of cocoa beans fermentation. In: *Proceedings of the Cocoa Biotechnology Symposium*. Pennsylvania: Pennsylvania State University. pp. 55-78.
- SHATAR, T. M.; MCBRATNEY, A. B. 2004. Boundary-line analysis of field-scale yield response to soil properties. *J. Agric. Sci.* 142(5):553–560.
- SMITH, R. M. 1986. Comparing traditional method for selecting class intervals on choropleth maps. *The Professional Geographer* 38(1): 62–67. <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1986.00062.x>
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16:144–158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- SCHWAN, R. F.; SOUZA, S. M. M. 1986. Quantificação por HPLC de álcool etílico, ácido láctico e ácido acético, produzidos na fermentação tradicional de cacau. Ilhéus, Bahia, CEPEC/CEPLAC.
- TCHOUCHEU, G. A. N. et al. 2019. Effect of cacao bean quality grade on cacao quality evaluation by cut test and correlations with free amino acids and polyphenols profiles. *Journal of Food Science and Technology* 56(5): 2621-2627. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03749-y>
- WALWORTH, J. L.; LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E. 1986. Use of Boundary Lines in Establishing Diagnostic Norms. *Soil Science Society of America Journal* 50(1):123-128. <https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000010024x>
- WEBB, R. A. 1972. Use of the Boundary Line in the analysis of biological data. *Journal of Horticultural Science* 47(3):309-319. <https://doi.org/10.1080/00221589.1972.11514472>
- WEBB, R. A. 1973. A possible influence of pedicel dimensions on fruit size and yield in strawberry. *Scientia Horticulturae* 1(4):321–330. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(73\)90016-2](https://doi.org/10.1016/0304-4238(73)90016-2)
- WICKHAM, H. et al. 2020. Package ‘ggplot2’. Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. R Package Version 3.3.3. R: The R Project for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/ggplot2.pdf>.

CONSIDERAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS SOBRE O CULTIVO DO CACAUEIRO NO CERRADO DO OESTE DA BAHIA

*Lindolfo Pereira dos Santos Filho¹, George Andrade Sodré², Raúl René Valle²,
Paulo César Lima Marrocos¹*

¹MAPA/CEPLAC/CEPEC, km 22, Rod. Ilhéus/Itabuna. 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil;
lindolfo.filho@agro.gov.br; paulo.marrocos@agro.gov.br

²Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Rod. Ilhéus/ Itabuna, km16, 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil.
gsodre@uesc.br; rvalle@uesc.br

No processo de expansão das fronteiras agrícolas e da pressão da abertura de novas áreas agrícolas no Brasil, o cultivo do cacau se encaixa estrategicamente no contexto de uso sustentável do bioma Cerrado. Nesse processo, espera-se além de obter boa produtividade, promover a conservação da biodiversidade assim como os recursos ambientais e naturais desse bioma. Os objetivos deste estudo foram avaliar as condições meteorológicas para o cultivo do cacau em uma área no município de Barreiras no oeste do estado da Bahia (cerrado baiano) e compreender os fatores que favorecem a produção de cacau neste ambiente. Foram utilizadas variáveis climáticas, como dados horários das Normais Climatológicas: precipitação pluvial (mm), temperatura do ar (°C), temperaturas máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa do ar (%). Empregou-se o método indutivo, sustentado por observações técnicas e literatura científica. Dois períodos foram adotados: um chuvoso, de outubro a abril, e outro de escassez hídrica, de maio a setembro. No período úmido, os resultados mostraram que o processo vegetativo (ciclo foliar) e o início do processo reprodutivo do cacau (floração e, especificamente, a bilhação ou formação de frutos de até 21 dias de desenvolvimento) podem ser adequadamente ajustáveis às condições meteorológicas. No período seco onde se verificaram temperaturas altas e constantes, práticas de manejo, especialmente a irrigação e a fertilização, tornam-se imperativas. Nesse período, os dados indicam que o subperíodo junho a setembro se apresenta com comportamento atípico em relação às regiões tradicionais produtoras de cacau. Diante das condições agroambientais apresentadas e das variedades clonais disponíveis e já implantadas, sugerem-se estudos para avaliar: o custo/benefício da colheita de duas safras (dois ciclos reprodutivos) por ano agrícola; a adaptação de práticas, tais como tipos de poda, uso de quebra-ventos e estratégias de fertilização e irrigação, que evitem a perda excessiva de água por transpiração; os padrões fenológicos entre clones e condições de manejo; a produtividade da planta em relação ao uso do sombreamento; e a análise dos tipos de irrigação visando à gestão de água em relação à quantidade de água necessária para a produção de folhas e à evapotranspiração.

Palavras-chave: *Theobroma cacao* L., cerrado, biodiversidade.

Ecophysiological considerations on cocoa cultivation in Cerrado of Western Bahia. In the process of expanding agricultural frontiers and responding to the pressure to open new agricultural areas in Brazil, cocoa cultivation strategically fits into the context of sustainable use of the Cerrado biome. This process aims not only to achieve good productivity but also to promote biodiversity conservation and enhance the management of environmental and natural resources in this biome. The aims of this study were to evaluate the meteorological conditions for cocoa cultivation in an area of the municipality of Barreiras, located in the western part of the state of Bahia (Bahian Cerrado), and to understand the factors that favor cocoa production in this environment. Climatic variables utilized included hourly data from Climatological Normals: rainfall (mm), air temperature (°C), maximum temperature (°C), minimum temperature (°C), dew point temperature, and relative humidity (%). The inductive method was employed, supported by technical observations and scientific literature. Two periods were analyzed: a rainy season from October to April and a dry season from May to September. During the

wet season, the results indicated that the vegetative process (leaf cycle) and the onset of the reproductive process of the cocoa tree (flowering and specifically the formation of fruits during the first 21 days of development) can be effectively aligned with meteorological conditions. In the dry season, where high and constant temperatures were observed, management practices, particularly irrigation and fertilization, become essential. During this period, data suggest that the subperiod from June to September exhibits atypical behavior compared to traditional cocoa-producing regions. Given the agro-environmental conditions outlined and the clonal varieties currently available and established, further studies are recommended to evaluate: the cost-benefit of harvesting two crops (two reproductive cycles) per agricultural year; the adaptation of practices such as pruning methods, the use of windbreaks, and strategies for fertilization and irrigation that minimize excessive water loss through transpiration; the phenological patterns among clones and their management conditions; the productivity of the plants in relation to shading practices; and the analysis of irrigation types aimed at effective water management concerning the water needed for leaf production and evapotranspiration.

Key words: *Theobroma cacao* L., cerrado, savanna, biodiversity.

Introdução

A ecorregião do Cerrado brasileiro possui elevada diversidade de plantas adaptadas às diferentes fitofisionomias e respondem estrutural e funcionalmente aos fatores estressantes bióticos e abióticos (Gusson, 2017).

A biodiversidade do cerrado, em particular sua riqueza em espécies endêmicas, é reconhecida mundialmente. Segundo o Ministério do Meio Ambiente MMA, o cerrado possui a savana biologicamente mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas. É também reconhecido como a “*caixa d’água do Brasil*”, uma vez que acolhe as nascentes de rios de oito importantes bacias hidrográficas do país, em particular, três das maiores bacias da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero.

Entretanto, ainda de acordo com o MMA, depois da Mata Atlântica, este bioma “é o que mais sofreu alterações com a ocupação humana ou expansão da fronteira agrícola brasileira. Com a crescente pressão para a abertura de novas áreas, visando incrementar a produção de carne e grãos para exportação, tem havido um progressivo esgotamento dos recursos naturais da região”.

Por ser uma importante atividade econômica e agroflorestal tropical, o cultivo do cacaueiro integra o processo de expansão e pressão da abertura de novas áreas agrícolas no Brasil. No entanto, estrategicamente, esse cultivo se encaixa no programa destinado à conservação e ao uso sustentável do bioma (Decreto 5577/2005), viabilizando reverter os impactos socioambientais negativos desta região, ou seja, promover aumento da conservação da biodiversidade

e melhorar o manejo dos recursos ambientais e naturais do bioma Cerrado.

Neste sentido, a cacaicultura se posiciona como uma atividade estratégica de conservação e de uso sustentável do bioma cerrado, além de participar do plano de expansão da produção de cacau no Brasil, como modelo econômico inovador e de elevado valor agregado.

Contudo, especialistas entrevistados na Comissão Executiva de Recuperação da Lavoura Cacaueira - CEPLAC observam que, no Brasil, ainda é bastante reduzido o número de estudos avaliando o cultivo do cacaueiro em regiões marginais aos biomas Mata Atlântico e Amazônico, especialmente nas áreas do Cerrado.

Pesquisas têm demonstrado que o cultivo do cacaueiro é sensível ao estresse hidrotérmico, em especial ao déficit de pluviosidade, de umidade do solo e da temperatura, e dependente da aplicação intensiva de água e de nutrientes (Sodré et al., 2017). No entanto, com boas práticas de manejo, disponibilidade de recursos hídricos e reposição de nutrientes, admite-se que o cultivo do cacaueiro é viável economicamente em ambiente sob sombreamento mínimo ou mesmo a pleno sol.

Considerando que, em climas semiúmidos, o gerenciamento de práticas adequadas de manejo e o reabastecimento de recursos hídricos e nutricionais sustentam os desafios e a necessidade estratégica da produção de cacau, objetivou-se compreender a ecofisiologia do cacaueiro, em particular, analisar a relação entre o funcionamento (vegetativo e reprodutivo) e as relações hídricas em ambiente de cerrado no estado da Bahia, em uma área do município de Barreiras - BA.

Material e Métodos

No cerrado baiano, especificamente no município de Barreiras-BA (AMB), as condições meteorológicas se caracterizam pelo clima tropical semiúmido, tipo Aw, classificação de (Köppen, 1936).

Utilizaram-se dados de três estações meteorológicas, uma convencional e duas automáticas. Cada estação meteorológica pode representar condições de clima de um raio de 150 km (Rodrigues et al. (2022) citando Fiorin e Ross, 2015; Almeida, 2016).

Das estações automáticas foram obtidos dados horários históricos, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet, estação climatológica, A402, localizada na latitude: -12.12472221, longitude: -45.02694443, altitude: 474.17, Barreiras - BA (AMB), durante o período de 01/01/2002-31/12/2023. Em relação às fontes Weatherspark.com and Cedar Lake Ventures, Inc. (2018), o período utilizado foi primeiro de janeiro de 1980 a 31 de dezembro de 2016. Ambos os bancos de dados se compõem das variáveis: precipitação pluvial (mm), temperatura do ar (°C), temperaturas máxima (Tmax °C), temperatura mínima (Tmin °C), umidade relativa do ar (UR%) e temperatura do ponto de orvalho (°C). Quanto à consistência dos dados (Inmet), dias com menos de 20 registros foram descartados, o que significou 17,3% de todos os horários possíveis do período (33.432 de 192.840 horários de registros). Tal descarte não foi limitante aos objetivos e resultados do estudo.

Os dados climatológicos da Região Sudeste da Bahia (RCB) foram obtidos da estação convencional agroclimatológica da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira/Centro de Pesquisas do Cacau - CEPLAC/CEPEC, km 22 Rodovia Ilhéus-Itabuna, (14°45'15"S e 39°13'59"W) em Ilhéus, Bahia, Brasil. A estação está situada a 6 km da cidade de Itabuna - BA, aproximadamente no centro da região, onde se concentra o cultivo tradicional do cacaueiro sob a sombra de árvores maiores. Os dados meteorológicos da RCB foram utilizados por oferecer as condições meteorológicas de referência ao cultivo do cacaueiro, durante o período 01/01/1990 a 31/12/2023.

Considerou-se que as áreas de cultivo do cacaueiro na AMB adotam a ambiência a pleno sol, enquanto as da RCB são sob árvores de sombra.

Explorou-se a influência que as condições do ar, especialmente a temperatura e a umidade relativa do ar, exercem sobre o conforto térmico dos humanos, fazendo analogia com os cacaueiros. Utilizou-se o índice de calor¹ (Tabela 1) que visa determinar a intensidade do calor que uma pessoa sente, variando em função da temperatura e da umidade relativa do ar.

$$IC = \frac{5}{9} (c_1 + c_2 T + c_3 R + c_4 TR + c_5 T^2 + c_6 R^2 + c_7 T^2 R + c_8 TR^2 + c_9 T^2 R^2)$$

Onde,

IC = índice de calor (em graus Celsius)

T = temperatura (em graus Fahrenheit) $\Rightarrow T^{\circ}\text{F} = 1,8 * T^{\circ}\text{C} + 32$

R = umidade relativa (em porcentagem)

Índice	Parâmetros	Índice	Parâmetros	Índice	Parâmetros
c ₁	-42.3790000	c ₄	0.22475541	c ₇	0.00122874
c ₂	2.04901523	c ₅	-0.00683783	c ₈	0.00085282
c ₃	10.14333127	c ₆	-0.05481717	c ₉	-0.00009990

Tabela 1 - Níveis de alerta e possíveis sintomas fisiológicos em humanos, de acordo com o Índice de Calor¹ (temperaturas à sombra)

Temperatura	Notas
27-32 °C	Cuidado - possibilidade de fadiga após exposição e atividade prolongadas
32-41 °C	Cuidado extremo - hipertermia e câimbras de calor possíveis
41-54 °C	Perigo - hipertermia e câimbras de calor prováveis
> 54 °C	Perigo extremo - hipertermia e câimbras de calor iminentes

Seguiram-se os fundamentos de que, no período da madrugada, são maiores as probabilidades de ocorrência natural do orvalho e da temperatura mínima (Varejão-Silva, 2001). Desse modo, combinou-se a temperatura que regula a velocidade das reações metabólicas da planta e a umidade do ar, que proporciona a presença de água na forma líquida sobre as folhas. Avaliou-se, com o uso da depressão da temperatura do ponto de orvalho (DPO) as semelhanças entre o município de Barreiras-AMB, localizado na região oeste e o município de Itabuna, região Sudeste da Bahia (RCB).

¹[Agrotrópica 36\(1,2\) 2024](https://pt.wikipedia.org/wiki%C3%8Dndice_de_calor#:~:text=O%20%C3%ADndice%20de%20calor%20visa,a%20temperatura%20aparente%20do%20ar. Acesso: 17/05/2024.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Adotou-se a equação 1 para definir o balanço hídrico:

$$Ch + I = -(Et + \Delta M) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

Ch = Precipitação pluvial

I = Irrigação

Et = Evapotranspiração

ΔM = Variação de armazenamento de água.

No cálculo do DPO, utilizaram-se as equações 2, 3 e 4 de Tetens (Silva et al., 2016). Os DPO foram classificados em três faixas: $\leq 2,0^{\circ}\text{C}$; entre 2,0 e $3,8^{\circ}\text{C}$ e; $> 3,8^{\circ}\text{C}$. Avaliou-se também a sequência de horas em que a DPO permaneceu nestas faixas. Segundo esses mesmos autores, adotam-se 2°C para a deposição do orvalho e $3,8^{\circ}\text{C}$ para sua secagem, mas essa faixa depende do cultivo.

Pressão de saturação de vapor (e_s (kPa))

$$e_s \text{ (kPa)} = 0.61 * 10^{(7.5 * \text{Tar}) / (237.3 + \text{Tar})} \quad (\text{Eq. 2})$$

Pressão parcial de vapor (e_a (kPa))

$$e_a \text{ (kPa)} = e_s * \text{UR} * 0.01 \quad (\text{Eq. 3})$$

Temperatura do ponto de orvalho

$$To(^{\circ}\text{C}) = (237.3 * \log(e_a / 0.61)) / (7.5 - \log(e_a / 0.61)) \quad (\text{Eq. 4})$$

Depressão do ponto de orvalho

$$\text{DPO } (^{\circ}\text{C}) = \text{Tar} - To \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

Tar = temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)

UR = umidade relativa (%).

Enquadraram-se os processos vegetativo e reprodutivo dos cacaueiros, com base nas normas climatológicas do município de Barreiras-BA, empregando-se o método indutivo, sustentado por observações técnicas e publicações científicas e, em particular, os documentos "Considerações sobre a fenologia de lançamento foliar, floração e frutificação do cacauheiro na região Sudeste da Bahia" (Santos Filho et al., 2020) e "Ecofisiologia do Cultivo do Cacauheiro. Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacauheiro" (Muller e Valle, 2012).

Na preparação dos dados, definiu-se a safra agrícola do cacauheiro (ciclos vegetativo e reprodutivo) de outubro de determinado ano a setembro do ano seguinte (Cazorla et al., 1989). Conforme Cazorla et al. (1989), considerou-se que: o desenvolvimento dos frutos ocorre em cinco fases: bilro (Figura 1), fruto pequeno, médio, adulto e maduro, e também que o processo vegetativo do cacauheiro (lançamento foliar e floração) do ano agrícola na RCB começa na primavera; que no mês de agosto aumenta a intensidade do lançamento foliar, se intensifica em setembro e atinge o pico em outubro-novembro, decrescendo até julho. A floração segue essa mesma trajetória deslocada de aproximadamente 30 dias para frente. O perfil sazonal da produção de frutos bilros (frutos até 21 dias de desenvolvimento) na região Sudeste da Bahia é uma particularidade. Segundo Cazorla et al. (1989) ao longo do ano agrícola, os processos de produção são superpostos e definem as safras temporária e principal (Figura 1).

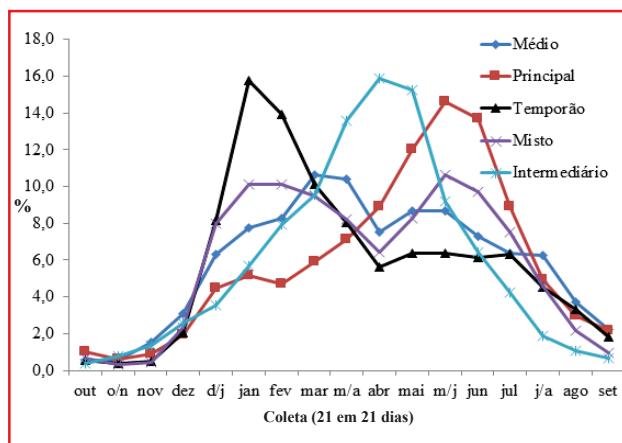


Figura 1. Padrões de perfis do fruto bilro na região cacauiera da Bahia. (Fonte: CEPLAC/Cepec). Período 1987-2019.

Dados, gráficos e tabelas foram organizados e analisados com o auxílio do software Excel para Windows. Para calcular a razão de mistura, utilizou-se a calculadora de umidade da Vaisala (<https://humiditycalculator.vaisala.com>). Nas Tabelas 3, 4 e 8, usou-se o procedimento “Formatação condicional do Excel” com estilo de formatação escala tricolor para ponto médio percentil 50, valor mais baixo e valor mais alto.

Resultados e Discussão

Condições climáticas

Com base na precipitação pluvial observaram-se dois períodos distintos: o úmido, de outubro a abril e o seco, de maio a setembro. Os meses abril e outubro foram considerados como de inflexão entre os períodos. Observou-se (Tabela 2) que o período úmido registrou volume de 813,1 mm de chuva, contra 21,8 mm no período seco, e este representou apenas 2,7% do volume anual. Os maiores volumes de chuva ocorreram nos meses de novembro, dezembro, janeiro e março (Tabelas 2 e 3).

Muller e Valle (2012) consideraram a faixa da temperatura do ar e a distribuição da precipitação

pluvial como fatores determinantes ao cultivo do cacaueiro. Constataram que a maioria das regiões produtoras de cacau apresenta precipitação pluvial média anual de 1.400 a 2.000 mm ou seja, 117,0 mm a 167,00 mm de média mensal.

Caso não se faça uso da irrigação, neste intervalo, a área em estudo com média mensal de 69,6 mm (116,2 e 4,4 mm por período úmido e seco, respectivamente) não está dentro das condições da maioria dos casos (Tabela 2). A quase ausência da precipitação pluvial durante todos os horários dos dias, principalmente do período seco, limitaria os processos produtivos do cacaueiro e pode ser, inicialmente, um fator limitante da eficácia produtiva do cultivo na área (Tabela 3).

Tabela 2. Dados meteorológicos do município de Barreira - Bahia (AMB), Normais Climatológicas de 2002-2023 e médias mensais das Normais Climatológicas de 1990-2023, da região sudeste da Bahia (RCB)

Atributos		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	AMB	RCB	Úmido	Seco
Chuva	Volume Total	154,9	75,8	135,1	73,0	10,4	4,8	0,0	1,1	5,5	65,2	146,1	163,0	69,6	133	116,2	4,4
	Nº de dia	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	Volume/dia	5,0	2,7	4,4	2,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,2	2,1	4,9	5,3				
Temperatura do ar (°C)		25,6	25,3	25,4	25,2	24,6	23,5	23,4	25,1	27,7	28,7	26,6	26,0	25,6	23,7	26,1	24,9
Umidade Relativa (%)		73,9	76,6	77,0	75,2	68,4	61,5	54,5	46,2	39,8	47,6	66,7	71,4	63,2	83,8	69,8	54,1
Temp. do Ponto de Orvalho (°C)		19,9	20,4	20,5	19,9	17,5	14,6	12,5	11,5	11,5	14,8	18,8	19,6	16,8	20,6	19,1	13,5
Temperatura Máxima (°C)		31,4	31,0	31,1	31,2	31,6	31,3	31,4	32,7	35,2	35,3	32,4	31,7	32,2	28,9	32,0	32,4
Temperatura Mínima (°C)		21,0	20,9	21,0	20,6	18,8	16,7	15,9	17,4	19,8	22,3	21,9	21,4	19,8	19,9	21,3	17,7
Amplitude (°)		10,5	10,1	10,0	10,6	12,8	14,6	15,5	15,3	15,4	13,1	10,6	10,4	12,4	9,0	10,8	14,7

Tabela 3. Dados da Precipitação pluvial do município de Barreiras - Bahia, 01/01/2002- 31/12/2023. Formatação escala tricolor para ponto médio percentil 50 (amarelo), valores mais baixos (vermelho) e mais altos (azul).

Atributos		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez				
Chuva	Volume Total	154,9	75,8	135,1	73,0	10,4	4,8	0,0	1,1	5,5	65,2	146,1	163,0				
	Nº de dia	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	Volume/hora	5,0	2,7	4,4	2,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,2	2,1	4,9	5,3				
Volume/hora (mm)	0	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,4				
	1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4				
	2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2				
	3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3				
	4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2				
	5	0,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2				
	6	0,2	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2				
	7	0,2	0,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2				
	8	0,2	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2				
	9	0,3	0,2	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2				
	10	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1				
	11	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1				
	12	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1				
	13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1				
	14	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2				
	15	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2				
	16	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3				
	17	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1				
	18	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2				
	19	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2				
	20	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2				
	21	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4				
	22	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3				
	23	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3				
00:00 - 12:00		94,0	42,8	88,1	51,3	6,1	3,6	0,0	0,3	2,1	39,6	89,6	86,0				
13:00 - 00:00		60,9	33,0	47,0	21,7	4,3	1,2	0,0	0,8	3,4	25,6	56,5	77,0				

Quanto ao limite de tolerância térmica, Muller e Valle (2012), citando Alvim (1977), expuseram que o cacaueiro se desenvolve bem na faixa de 18,0 °C a 28,0 °C de temperatura média mensal, mas é fortemente influenciado pela temperatura em locais com grandes diferenças sazonais.

Na área estudada, a faixa de temperaturas do ar (Ts) do período úmido foi de 25,2 °C a 28,7 °C, com média de 26,9 °C. A do período seco, de maior amplitude, foi de 23,4 °C a 27,7 °C, média 24,9 °C. A média mensal da amplitude térmica foi de 12,4 °C, o que significa três graus acima da registrada na RCB. Notou-se que a redução da temperatura mínima foi determinante no aumento da amplitude térmica no período seco (ver Tabela 2).

Dentro de um contexto de planejamento ao turismo a weatherspark (2018) classifica a temperatura média horaria em quatro faixas: das 00:00 a 09:00 horas a temperatura permanece **agradável** (18 °C a 24 °C); das 09:00 às 12:00 apresenta-se **morna** (24 °C a 29°C); das 12:00 às 17:00 **quente** (29 °C a 35 °C); das 17:00 às 00:00 horas volta ao tipo **morna** (24 °C a 29 °C). Nos meses de setembro e outubro das 13:00

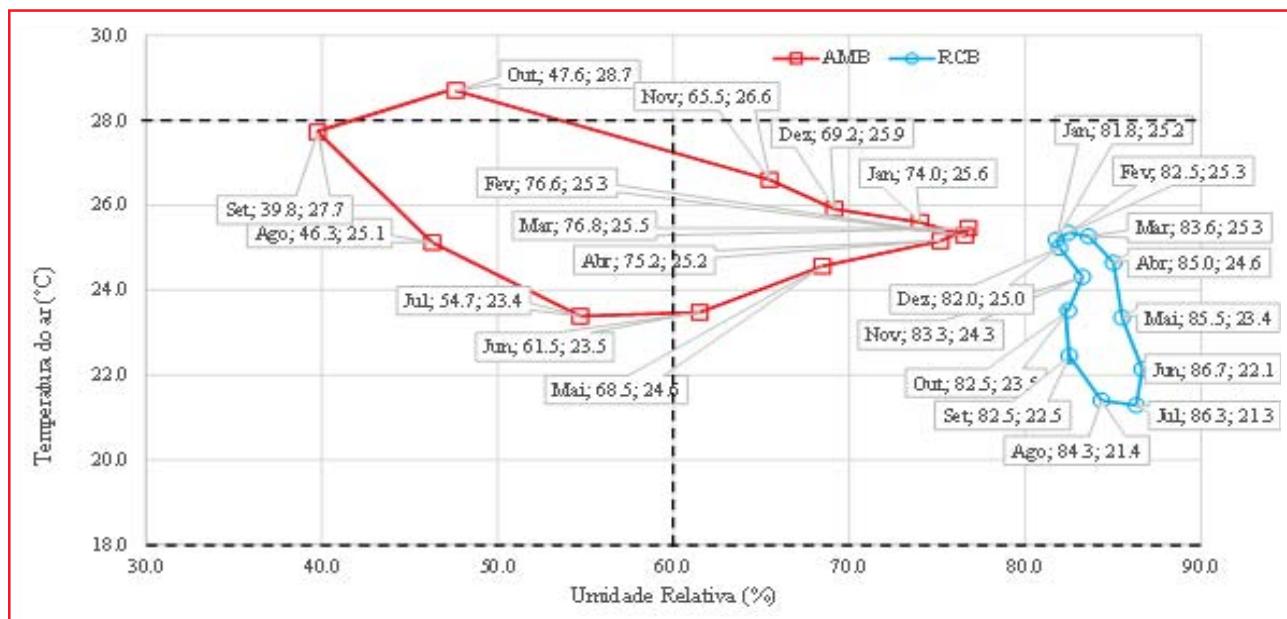
às 17:00 horas, a temperatura atinge marcas em torno de 35°C, classificando-se como horário **escaldante**. (Tabela 4).

A Figura 2 representa o termohigrograma (umidade Relativa e a Temperatura do ar) da RCB e da AMB. Assumindo como referência os limites do polígono da RCB, a superposição entre os locais mostrou que a temperatura do ar na faixa de 18 °C a 28 °C e a umidade acima de 60% proporcionaram condições ambientais com maior probabilidade de sucesso em termos de produtividade e sustentabilidade do cultivo. No entanto, no período da safra principal, as condições da umidade relativa da AMB, devido à pluviosidade quase nula, destoou dos limites desejáveis.

Ainda na fundamentação da relação fluxo de calor e água, verificou-se (Figura 3) que, para AMB, entre os meses de outubro a julho, a temperatura do ar (Ta) apresentou redução expressiva de 5,3 °C e a umidade relativa do ar (UR) com média mensal de 63,0 % variou entre 39,8 % e 77,1%. As menores UR foram registradas nos meses de agosto (46,3 %), setembro (39,8 %) e outubro (47,7 %), que fazem parte, naturalmente, do período seco.

Tabela 4. Dados da Temperatura do ar do município de Barreiras - Bahia, período 2002-2023. Formatação escala tricolor para ponto médio percentil 50 (amarelo), valor mais baixo (azul) e valor mais alto (vermelho)

Atributos		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Indicadores	Máxima período	31,4	31,0	31,1	31,2	31,6	31,3	31,4	32,7	35,2	35,3	32,4	31,7
	Média	25,6	25,3	25,4	25,2	24,6	23,5	23,4	25,1	27,7	28,7	26,6	26,0
Horas	0	24,5	24,1	24,1	23,6	22,8	21,6	21,9	24,1	26,8	27,9	25,5	24,8
	1	23,8	23,4	23,5	23,0	22,2	21,0	21,1	23,1	25,8	27,0	24,8	24,0
	2	23,2	22,9	23,1	22,6	21,8	20,7	20,5	22,4	24,9	26,4	24,3	23,6
	3	22,8	22,6	22,7	22,3	21,4	20,2	20,1	21,9	24,4	25,8	23,9	23,1
	4	22,3	22,2	22,4	22,0	20,9	19,6	19,4	21,3	23,8	25,3	23,6	22,8
	5	22,0	21,9	22,1	21,7	20,5	18,9	18,6	20,4	23,1	24,8	23,2	22,5
	6	21,7	21,7	21,8	21,4	20,0	18,3	17,9	19,6	22,3	24,2	22,9	22,2
	7	21,5	21,4	21,6	21,2	19,6	17,7	17,2	18,9	21,5	23,6	22,6	21,9
	8	21,3	21,2	21,4	20,9	19,3	17,3	16,6	18,3	20,7	23,0	22,2	21,6
	9	21,1	21,1	21,2	20,7	18,9	16,8	16,1	17,7	20,1	22,7	22,3	21,7
	10	22,3	22,0	22,1	21,7	19,9	17,6	16,8	18,7	22,0	24,5	23,7	23,1
	11	24,0	23,7	23,7	23,5	22,2	20,6	20,0	22,0	25,1	26,8	25,4	24,8
	12	26,0	25,6	25,6	25,5	24,7	23,5	23,0	25,0	27,7	28,9	27,1	26,6
	13	27,5	27,2	27,3	27,4	27,1	26,1	25,8	27,3	29,7	30,6	28,6	28,1
	14	28,7	28,4	28,5	28,8	28,8	28,0	27,8	29,1	31,5	32,1	29,8	29,2
	15	29,5	29,2	29,4	29,7	30,0	29,4	29,2	30,4	32,9	33,3	30,7	30,0
	16	30,1	29,8	29,9	30,2	30,7	30,3	30,2	31,5	33,9	34,0	31,3	30,5
	17	30,4	30,1	30,3	30,6	31,2	30,8	30,9	32,1	34,6	34,5	31,5	30,8
	18	30,4	30,1	30,3	30,5	31,2	31,0	31,2	32,5	34,8	34,6	31,4	30,7
	19	30,2	29,8	29,9	30,2	30,9	30,9	31,1	32,4	34,7	34,3	31,1	30,4
	20	29,5	29,1	29,1	29,4	29,9	30,0	30,4	31,9	34,0	33,5	30,2	29,6
	21	28,3	27,8	27,5	27,2	26,9	26,7	27,6	29,8	32,2	31,8	28,9	28,4
	22	26,5	26,0	25,8	25,4	24,8	24,1	24,8	27,2	30,1	30,2	27,4	26,8
	23	25,4	24,9	24,8	24,3	23,6	22,6	23,2	25,5	28,4	28,9	26,3	25,6



período úmido que aumentaram para 3,7 m/s no seco) e aumento da amplitude térmica (Tmax - Tmin), de 10,6 °C em abril para 15,5 °C em julho, devido à redução da temperatura mínima.

Tal constatação vai de encontro ao que ocorreu na RCB. Na Figura 4, se observou que, na RCB a temperatura e a umidade relativa do ar estão inversamente relacionadas, especialmente no período de abril a julho. Destaca-se que, nesse período, a média da Ta (°C) na AMB é maior que a da RCB e, segundo Carzola et al. (1989), na RCB devido à superposição de safras nesse período (abril a julho), ocorrem os processos vegetativo e produtivo da safra principal (especialmente a bileração) e o produtivo da safra temporária.

Em suma, esse comportamento da Ta e UR no período seco reflete a quantidade de vapor de água, volume ocupado pelo ar e energia presente no ambiente e aumenta as dúvidas quanto a satisfação das necessidades fisiológicas do cacaueiro nesse período.

Além da Ta e UR, algumas propriedades do ar também se destacaram na avaliação da eficácia do cultivo do cacaueiro, em especial na capacidade de reter umidade no solo e no ambiente.

Por exemplo, a influência do vapor de d'água no ponto de orvalho é importante para entender fenômenos como a sensação térmica e a necessidade da irrigação. Nesse contexto, avaliando o número de horas diárias em que ocorreu a depressão da temperatura do ponto de orvalho - DPO, observaram-se diferenças expressivas entre a da AMB e a da RCB (Tabelas 5 e 6).

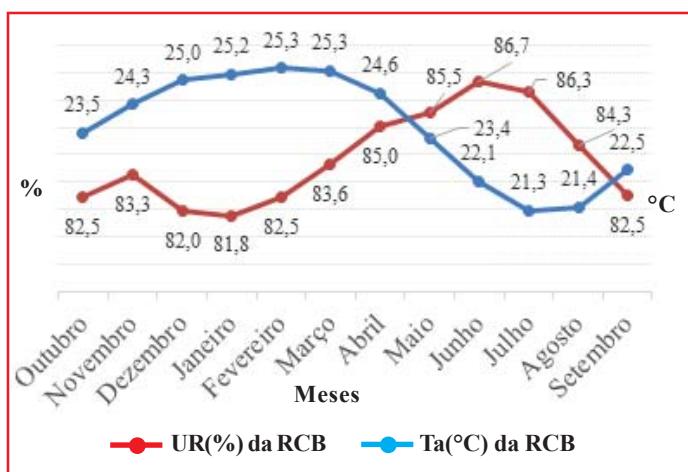


Figura 4. Temperatura do ar (°) e Umidade Relativa (%), ano agrícola outubro-setembro, estação climatológica do Centro de Pesquisas do Cacau Ilhéus -BA. Período 1990 - 2023.

Na RCB (Tabela 5) as condições apresentadas foram favoráveis tanto aos agentes fitopatogênicos (especialmente fungos causadores de doenças como a podridão parda *Phytophthora palmivora* e vassoura de bruxa *Moniliophthora perniciosa*) quanto nas condições hídricas ou presença de água na forma líquida sobre o solo e as folhas. Em todos os meses entre 00:00 e 10:00 horas, a DPO permaneceu abaixo de dois graus, condição favorável para a deposição do orvalho. Por outro lado, na AMB, esse momento praticamente não existiu. O padrão ou a maior ocorrência foi DPO na faixa > 3,8 °C (Tabela 6). Esse fato fundamenta a presença necessária da irrigação no cultivo, ao longo de todo o ciclo produtivo.

Em uma área cultivada com cacaueiros, sob sombreamento de Eritrina (*Erythrina glauca*), localizada no Município de Camacan-BA, Almeida et al. (2009) estimaram que a duração do período de molhamento por orvalho (DPM), entre 18:00 e 06:00 horas, utilizando-se um modelo empírico da depressão do ponto de orvalho ≤ 0,5 °C ocorreu, em média, em mais de 60% dos dias.

Na Tabela 7, observou-se, por mês, que na AMB, a razão de mistura (massa de vapor d'água (g) por unidade de massa de ar seco (kg)) foi sempre menor que a da RCB. No período úmido, a diferença foi de 1,7 g/kg para menos e no período seco, aumentou muito mais, e atingiu 4,4 g/kg. Essa redução acentuada da razão de mistura implica em um grande desafio tecnológico para o cultivo na AMB, principalmente

quanto aumentar a capacidade do ar de reter umidade a pleno sol no período seco da safra principal. Como no ano agrícola, os processos vegetativo e reprodutivo das safras temporária e principal são superpostos, cabe indagar se de fato o valor nulo da precipitação pluvial na equação do balanço hídrico pode ser compensado apenas pela irrigação. Ou seja, se este elemento pode compensar as necessidades conjuntas do solo e da planta e atender à atuação e interação dos demais elementos do sistema, especialmente na safra principal.

Quanto a essas atuação e interação dos elementos do sistema, de acordo com o Índice de Calor (temperaturas à sombra) os valores registrados na Tabela 8 para AMB mostraram que no período úmido a partir das 12:00, ocorreu

Tabela 5. Depressão da temperatura do ponto de orvalho DPO, na região Sudeste da Bahia (RCB), período 1990-2023. Convenção: $\leq 2^{\circ}\text{C}$ (cor azul); 2 a $3,8^{\circ}\text{C}$ (cor amarela); $> 3,8^{\circ}\text{C}$ (cor vermelha).

Horário/ Faixa°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	2,0	1,97	1,9	1,7	1,8	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7	1,6	1,8
1	1,5	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4
2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
3	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
4	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
5	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
9	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7
10	1,0	0,9	0,8	0,9	1,0	0,8	0,7	0,8	0,9	1,2	1,3	1,4
11	2,5	2,1	1,9	1,8	1,7	1,3	1,1	1,4	1,9	2,5	2,6	3,1
12	4,1	3,6	3,6	3,3	3,0	2,5	2,3	2,9	3,6	3,8	3,9	4,6
13	5,3	5,0	4,8	4,6	4,3	3,7	3,7	4,4	4,9	4,9	4,9	5,7
14	6,3	5,9	5,6	5,3	5,1	4,6	4,7	5,4	5,8	5,5	5,3	6,3
15	6,8	6,5	6,2	5,8	5,5	5,2	5,2	6,1	6,2	5,9	5,6	6,6
16	7,0	6,7	6,4	6,0	5,6	5,4	5,5	6,2	6,3	6,0	5,7	6,7
17	6,9	6,6	6,5	5,9	5,6	5,3	5,5	6,2	6,2	5,9	5,7	6,7
18	6,8	6,4	6,1	5,7	5,3	5,0	5,3	5,8	5,9	5,5	5,4	6,4
19	6,2	5,9	5,5	5,0	4,6	4,4	4,7	5,2	5,3	4,9	4,8	5,8
20	5,2	5,0	4,6	4,0	3,6	3,5	3,7	4,2	4,2	3,9	3,8	4,8
21	3,9	3,7	3,4	3,0	2,8	2,6	2,8	3,2	3,2	3,0	2,8	3,4
22	3,0	2,9	2,8	2,6	2,4	2,2	2,3	2,6	2,7	2,5	2,3	2,7
23	2,5	2,5	2,3	2,2	2,1	1,9	1,9	2,1	2,3	2,1	2,0	2,3
≤ 2	10	11	12	12	12	13	13	12	12	11	12	11
(2- 3,8]	4	5	4	4	5	5	5	4	4	4	3	4
$> 3,8$	10	8	8	8	7	6	6	8	8	9	9	9
≤ 2	42%	46%	50%	50%	50%	54%	54%	50%	50%	46%	50%	46%
(2- 3,8]	17%	21%	17%	17%	21%	21%	21%	17%	17%	17%	13%	17%
$> 3,8$	42%	33%	33%	33%	29%	25%	25%	33%	33%	38%	38%	38%

Tabela 6. Depressão da temperatura do ponto de orvalho DPO, em Barreiras-BA (AMB), período 2002-2023. Convenção: $\leq 2^{\circ}\text{C}$ (cor azul); 2 a $3,8^{\circ}\text{C}$ (cor amarela); $> 3,8^{\circ}\text{C}$ (cor vermelha).

Horário/ Faixa°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	4,2	3,3	3,0	3,1	4,4	6,3	9,1	12,9	16,2	13,5	6,6	4,9
1	3,5	2,7	2,5	2,7	3,9	5,7	8,2	11,7	14,9	12,4	5,8	4,1
2	3,0	2,3	2,2	2,4	3,7	5,5	7,6	10,8	13,6	11,7	5,2	3,7
3	2,7	2,1	1,9	2,2	3,4	5,1	7,2	10,1	12,9	10,9	4,8	3,3
4	2,3	1,8	1,7	2,0	3,1	4,7	6,5	9,4	12,2	10,2	4,4	3,0
5	2,1	1,6	1,6	1,8	2,8	3,9	5,7	8,4	11,3	9,6	4,1	2,7
6	1,9	1,5	1,4	1,7	2,5	3,5	5,0	7,5	10,3	8,9	3,8	2,4
7	1,7	1,3	1,3	1,5	2,3	3,0	4,4	6,7	9,4	8,2	3,5	2,2
8	1,5	1,2	1,2	1,4	2,0	2,7	3,8	6,0	8,5	7,5	3,2	2,0
9	1,4	1,1	1,1	1,3	1,8	2,4	3,4	5,4	7,7	7,0	3,1	1,9
10	2,1	1,6	1,5	1,8	2,4	2,8	3,7	6,0	9,1	8,4	4,3	2,9
11	3,6	3,0	3,0	3,4	4,5	5,4	6,6	9,0	11,9	10,7	5,9	4,5
12	5,5	4,9	4,8	5,3	6,9	8,1	9,5	11,9	14,4	12,9	7,9	6,5
13	7,2	6,6	6,5	7,3	9,3	10,7	12,3	14,5	16,7	15,0	9,6	8,2
14	8,5	7,7	7,9	8,9	11,2	12,9	14,6	16,7	19,0	16,9	11,0	9,4
15	9,5	8,7	8,9	10,0	12,7	14,7	16,6	18,6	21,1	18,4	12,2	10,5
16	10,4	9,5	9,7	10,8	13,8	16,3	18,3	20,3	22,8	19,7	13,1	11,2
17	11,0	9,9	10,3	11,2	14,6	17,4	19,4	21,5	24,0	20,6	13,5	11,8
18	11,1	10,2	10,4	11,4	14,8	17,9	20,1	22,3	24,8	21,0	13,5	11,8
19	11,0	9,9	9,9	11,1	14,5	17,8	20,3	22,6	25,0	20,8	13,2	11,5
20	10,2	9,2	9,1	10,0	13,1	16,8	19,6	22,2	24,4	20,0	12,3	10,7
21	8,8	7,6	7,0	7,1	8,9	12,2	16,0	19,8	22,3	18,0	10,7	9,3
22	6,6	5,5	5,0	5,1	6,6	9,1	12,5	16,7	19,9	16,1	8,8	7,4
23	5,3	4,2	3,8	3,9	5,2	7,5	10,6	14,7	17,8	14,4	7,6	5,9
≤ 2	4	7	8	7	1	0	0	0	0	0	0	2
(2- 3,8]	7	5	4	5	8	5	2	0	0	0	3	7
$> 3,8$	13	12	12	12	15	19	22	24	24	24	21	15
≤ 2	27%	47%	53%	47%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%
(2- 3,8]	47%	33%	27%	33%	53%	33%	13%	0%	0%	0%	20%	47%
$> 3,8$	87%	80%	80%	80%	100%	127%	147%	160%	160%	160%	140%	100%

Tabela 7. Valores mensais da razão de mistura (massa de vapor d'água (g) por unidade de massa de ar seco (kg)) da região Sudeste da Bahia (RCB) e município de Barreiras - Bahia (AMB), Normais Climatológicas de 2002-2023 (AMB) e 1990-2023 (RCB)

Área	Úmido							Seco					Período	
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Úmido	Seco
AMB (i)	11,8	14,7	15,2	15,3	15,6	15,8	15,2	13,3	11,2	9,8	9,2	9,2	14,8	10,5
RCB (ii)	16,1	16	16,4	16,6	16,8	17,1	16,6	15,5	14,5	13,8	13,6	14,2	16,5	14,9
(i) - (ii)	4,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4	2,2	3,3	4	4,4	5,0	1,7	4,4

Tabela 8. Índice mensal de calor por horas. Formatação escala tricolor para ponto médio percentil 50 (cor amarela), valor mais baixo (cor azul) e valor mais alto (cor vermelha).

Horas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	25,3	25,4	25,5	24,8	22,8	20,1	18,7	19,3	20,8	23,5	24,6	24,6
1	24,6	24,8	24,9	24,2	22,2	19,3	18,0	18,5	20,0	22,9	24,2	24,1
2	24,2	24,3	24,5	23,8	21,7	18,9	17,5	17,9	19,6	22,5	23,8	23,6
3	23,7	23,9	24,2	23,4	21,3	18,6	17,2	17,6	19,2	22,3	23,4	23,2
4	23,4	23,5	23,8	23,1	21,0	18,3	16,8	17,3	19,0	21,9	23,2	22,9
5	23,0	23,2	23,5	22,8	20,5	17,8	16,3	17,0	18,5	21,6	22,9	22,7
6	22,8	22,9	23,3	22,5	20,1	17,0	15,6	16,4	18,1	21,3	22,7	22,4
7	22,5	22,7	23,0	22,3	19,6	16,5	15,0	15,8	17,5	21,0	22,5	22,2
8	22,4	22,5	22,7	22,0	19,2	15,9	14,4	15,2	17,0	20,5	22,2	21,9
9	22,1	22,2	22,5	21,7	18,8	15,4	13,8	14,6	16,5	20,2	21,9	21,8
10	22,7	22,7	22,9	22,1	19,1	15,3	13,4	14,5	16,8	20,9	22,7	22,6
11	23,8	23,8	24,0	23,3	20,6	17,4	15,7	16,8	19,0	22,3	23,7	23,6
12	24,8	24,9	25,0	24,5	22,1	19,4	18,0	19,0	20,9	23,5	24,5	24,6
13	25,6	25,7	25,9	25,4	23,4	21,1	19,8	20,4	22,1	24,3	25,2	25,3
14	26,1	26,3	26,4	26,0	24,2	22,1	21,0	21,4	22,9	25,0	25,8	25,9
15	26,5	26,7	26,8	26,4	24,7	22,8	21,7	22,1	23,6	25,6	26,3	26,2
16	26,8	26,9	27,1	26,7	25,1	23,1	22,0	22,5	24,0	25,9	26,5	26,5
17	26,9	27,2	27,1	26,8	25,2	23,2	22,3	22,7	24,2	26,1	26,8	26,7
18	27,0	27,2	27,3	26,9	25,4	23,3	22,4	22,8	24,3	26,2	26,9	26,8
19	26,9	27,3	27,3	26,8	25,3	23,2	22,3	22,7	24,2	26,1	26,7	26,8
20	27,0	27,1	27,2	26,9	25,5	23,2	22,2	22,5	24,0	26,0	26,7	26,7
21	27,0	27,1	27,2	26,9	25,4	23,3	22,4	22,8	24,3	26,1	26,7	26,8
22	26,9	27,3	27,3	26,8	25,3	23,2	22,3	22,7	24,2	26,1	26,7	26,8
23	27,0	27,1	27,2	26,9	25,5	23,2	22,2	22,5	24,0	26,0	26,7	26,7

mudança de estado físico com aumento considerável do Índice de Calor (IC). Após as 16:00 horas, os valores do IC dos meses de outubro a abril foram classificados no nível “que exige cuidados” para os humanos, porque existe a possibilidade de fadiga em casos de exposição e/ou exercício de atividade físicas prolongadas.

Com as devidas reservas quanto à analogia entre os metabolismos do homem e da planta, esse mesmo estresse deve ser considerado, caso se exija maior plenitude do metabolismo da planta na faixa vespertina. Em compensação, nota-se que, no período da manhã, independentemente do mês, se observou que os valores do Índice de Calor são mais baixos que os do período da tarde, o que corresponde aos valores registrados na tabela 4 onde a temperatura média horária das 00:00 a 12:00 horas foi classificada no nível **agradável e morna**.

Seguindo a relevância do conforto térmico nos processos fenológicos, destaca-se o vento. Este elemento se constitui num importante veículo de transporte de calor e umidade, além de proporcionar polinização. Durante todo o ano, a direção média horária predominante do vento em AMB e RCB é a do leste (WeatherSpark, 2018). Na AMB o mês de agosto registrou a maior velocidade com 3,9 m/s, enquanto a mínima 2,5 m/s foi observada em março. A média na AMB foi de 3,1 m/s contra 3,0 m/s da RCB. Notou-se que, na AMB o período maio-setembro responde pela maior dispersão dos dados (Figura 5).

Para Müller & Valle (2012), o cacaueiro tem pouca tolerância aos ventos excessivos com efeitos danosos no desenvolvimento da planta e na queda prematura das folhas. Conforme estudos citados por esses autores, ventos com velocidades superiores a 2,5 m/s (9 km/h)

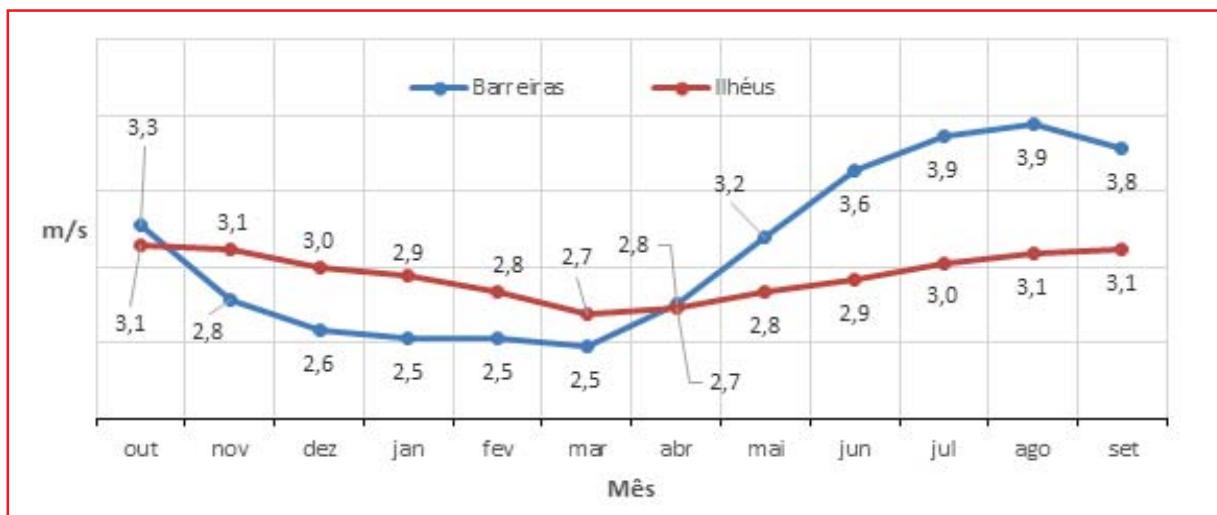


Figura 5. Velocidade do vento (m/s) nos municípios Barreiras e Ilhéus. Período 01/1980 a 12/2016. (Fonte: WeatherSpark.com).

em cultivo a pleno sol e não protegido por quebra-ventos ocasionaram ruptura em 60 a 100% dos pulvinos foliares enquanto que, em cultivo protegido para vento e radiação solar, o máximo registrado foi de 3,1%.

Como citado anteriormente no período abril-julho, período capital para os processos fenológicos da safra principal, ocorreu redução da UR associada ao aumento da velocidade do vento. Esses fatores conexos mostram que estas condições aumentam o desafio do cultivo quanto a adoção de práticas como a polinização mecânica, objetivando aumento da produtividade.

No entanto, Nakayama (2012) avaliando a polinização ventilada sobre a frutificação do cacaueiro, observou que, por ser o pólen muito viscoso, a ventilação natural mostrava-se incapaz de remover o pólen das anteras. Relatou que a estrutura floral do cacaueiro não favorece a polinização pelos meios comuns, tais como água e vento natural. Somente com ventilação intensa, preferencialmente à tarde e com velocidades entre 60 e 100 km/h durante 23 dias consecutivos observaram-se eventos de pólen transferido da antera para o estigma, em quantidade suficiente para causar polinização fértil e frutífera. Ressaltou

que essa tecnologia concentrou a frutificação e potencializou a redução no número e no custo da colheita de cacau.

Por último, outro elemento importante na avaliação das condições meteorológicas é a temperatura do ponto de orvalho (PO). Nota-se, nos resultados apresentados da Figura 6, que, nas médias horárias das trajetórias mensais, o PO tendeu a variar mais lentamente dentro do que entre meses. Dentre as trajetórias, quatro grupos evidenciaram-se: i) julho, agosto e setembro; ii) junho e outubro; iii) maio; iv) e novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril,

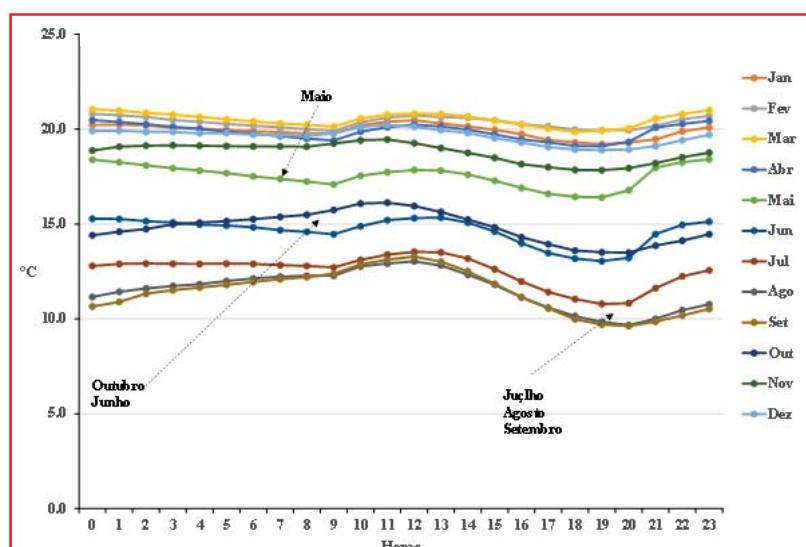


Figura 6. Ponto de orvalho mensal, média horária. Área do município de Barreiras - AMB. Período 2002 - 2023.

com destaque para os meses maio e outubro (que na RCB definem os pontos de inflexão das safras principal e temporânea, respectivamente) e, também, para a ocorrência dos menores valores serem registrados no período julho-setembro, período em que se acentua a distribuição dos assimilados entre os processos metabólicos das duas safras.

Nesse primeiro grupo (julho, agosto e setembro), foram registrados as menores razões de mistura, em média 9,4 (g/kg), seguidas das menores temperaturas do ponto de orvalho. A temperatura do ar aumentou, a umidade relativa diminuiu, e a diferença entre a temperatura mínima e a do ponto de orvalho também aumentou. Com o aumento dessa amplitude reduziram-se as chances de ocorrer orvalho nesse período. Ou seja, a redução das chances do ar ficar saturado por umidade nesse período indica que a opção por uma ou duas safras deve ser sustentada em um manejo estratégico e adequado, visando sustentabilidade do sistema de produção.

Aspectos ecofisiológicos do cacaueiro no Cerrado da Bahia.

No ciclo de vida do cacaueiro, os elementos climáticos: temperatura do ar e a precipitação pluvial exercem grande influência, especificamente no crescimento vegetativo, florescimento e desenvolvimento do fruto (Almeida e Valle, 2007; Müller e Valle, 2012).

Muller e Valle (2012) afirmam que a chuva é o fator com maior influência nos eventos fenológicos do cacaueiro. Por sua vez, Arnold et al. (2018) concluíram que as chuvas do mês anterior, das estações chuvosas em Trinidad e Tobago e na Jamaica (clima Aw, na classificação de Köppen) influenciam positivamente a abundância absoluta e relativa das moscas polinizadoras do cacaueiro (*Ceratopogonidae*).

Zuidema et al. (2005), através de um modelo fisiológico de crescimento e produção para o cacau sob árvores de sombra, inferiram que a combinação de radiação anual e a precipitação pluvial durante os dois meses mais secos explicam mais de 70% da produtividade do cacau; para locais com forte estação seca combinada com condições edafoclimáticas desfavoráveis e solo excessivamente argiloso ou arenoso, a limitação de água durante os dois meses mais secos é um fator determinante na redução da produção de cacau.

Observou-se que a média da temperatura do ar mensal na AMB variou no período estudado de 23,4 °C a 28,7 °C e a precipitação pluvial mensal de zero a 163,0 mm. No período seco, além da redução expressiva do volume de chuva, ocorre também queda na umidade relativa do ar, déficit elevado de pressão de vapor; alta intensidade de radiação solar, sendo essas condições desfavoráveis ao desenvolvimento dos insetos polinizadores. Ou seja, na estação seca, os elementos climáticos, especialmente a chuva, têm efeito direto na sazonalidade das condições do ar e também diretamente alteram as respostas ecofisiológicas dos cacaueiros e dos insetos polinizadores, em particular.

O desafio do cacaueiro será então de se adaptar a esses limiares de estresse hídrico e térmico, especialmente no período seco. Nesse período, inicialmente recomenda-se especial atenção na ação dos ventos, na poda de formação e condução, na durabilidade das folhas dos cacaueiros e tempo de desenvolvimento do fruto. A umidificação do ar no microclima não deve ser relegada.

Nas condições apresentadas, qualquer evento fenológico estará sempre suscetível às inflexões e respostas das fortes tensões ambientais. Comparando a RCB com a AMB (Tabela 9), observou-se que na média, a diferença entre as temperaturas do ar foi de 1,6 °C. Quanto à precipitação pluvial, a diferença é expressiva, principalmente no período seco. A média 4,4 mm do período seco da AMB contra 116,2 mm da RCB corresponde a 26 vezes menos. Esses resultados sugerem que a água disponível e o conforto térmico no período seco são componentes determinantes do

Tabela 9. Médias das temperaturas do ar e precipitação pluvial nos períodos anual, seco e úmido, nas regiões Oeste (AMB) e Sudeste da Bahia (RCB).

	Período	Média da Temperatura do ar °C	Média da Precipitação pluvial (mm)
AMB	Anual	25,6	67,4
	Úmido	26,1	112,3
	Seco	24,9	4,4
RCB	Anual	23,7	133,4
	Úmido	24,8	146,9
	Seco	22,1	114,5

sistema de produção de cacau na AMB. Ou seja, na AMB, atenção especial deve ser concedida aos processos metabólicos do cacaueiro em relação a dinâmica climática do período seco.

Em resumo, diante das condições específicas do ambiente climático da AMB sugere-se avaliar a adaptação funcional (vegetativa e produtiva) do cacaueiro com base nos seguintes encadeamentos:

1. O advento das chuvas em outubro viabiliza o processo vegetativo da safra temporâ.

2. Com o inicio de maiores volumes de chuva a partir de outubro, evidencia-se o processo vegetativo (lançamento foliar). Em seguida, o processo da floração e o reprodutivo (especificamente, a bilração ou frutos com até 21 dias de desenvolvimento).

3. No segundo período, de maior acúmulo térmico ou acúmulo diário de energia, o gerenciamento de práticas adequadas de manejo e a disponibilização dos recursos hídricos e nutricionais tornam-se imperativos, para o processo reprodutivo da safra temporâ. Segundo Muller e Valle (2012), quando o cacaueiro é submetido à luminosidade intensa, seu metabolismo acelera significativamente. Além da intensidade da luz, esses autores, determinaram que a concorrência exercida pelas folhas jovens emitidas posteriormente tem influência direta, tornando menor o período de permanência das folhas nas plantas. Sodré et. al (2017) observaram que em áreas não tradicionais de plantio do cacaueiro o aumento da frequência de lançamentos foliares esteve associado à intensa luminosidade.

De maneira geral, infere-se que o período úmido na AMB oferece condições ecofisiológicas mais apropriadas para maior armazenamento e partição de assimilados, condições associadas diretamente ao rendimento do cacaueiro. No entanto, no segundo período, para se obter o desenvolvimento ideal dos frutos, tornam-se indispensáveis o gerenciamento de práticas de manejo e reabastecimento de recursos hídricos e nutricionais adequados, a exemplo da irrigação e da fertirrigação.

Destaca-se ainda que, no segundo período, o teor de água e de nutriente no solo deve ser constantemente mantido em condições próximas às ideais. Isso se justifica porque a capacidade de absorção de água e nutrientes depende, entre outros fatores, da dinâmica das raízes finas - taxas de mortalidade e regeneração dessas raízes (Almeida e Valle, 2007).

Justificando a importante dinâmica das raízes finas do cacaueiro sombreado, Almeida e Valle (2007) citando Muñoz e Beer (2001), mostraram que uma proporção maior de nutrientes é absorvida pelo cacaueiro no início e não no final da estação chuvosa, sugerindo que a eficiência produtiva dos eventos fenológicos no período úmido depende da gestão agroecológica no segundo período, especialmente no subperíodo julho-setembro.

Conforme Müller e Valle (2012) citando Almeida e Valle (1995) e Vello et al. (1972), a taxa de acúmulo de matéria seca do fruto está diretamente relacionada com o período de enchimento. Este, se relaciona diretamente com o peso da semente. Por sua vez, depende de fatores do ambiente e manejo. Assim, o período seco é fundamental na eficácia desse processo. Destaca-se ainda, que com os materiais genéticos disponíveis, o tempo médio de desenvolvimento do fruto será menor que o de 165 dias registrado na RCB.

Torna-se prudente lembrar que, no contexto de mudanças globais e bruscas do estado físico do ambiente, para o cultivo do cacaueiro na AMB, a atenção ao calendário das práticas agrícolas deve ser considerada de extrema importância. Na região cacaueira da Bahia, Santos Filho (2019) classificou cinco padrões de perfis do fruto bilro - fruto até 21 dias de desenvolvimento (Figura 1). Essas trajetórias do fruto bilro confirmam que, na RCB, devido às condições meteorológicas, ocorrem grandes variações periódicas tanto na intensidade de lançamento foliar como na intensidade de floração e, consequentemente, no ciclo de frutificação. Ou seja, na AMB, deve-se redobrar a atenção ao manejo hídrico em relação aos processos metabólicos do cacaueiro e dinâmica climática do período seco.

Outros cuidados especiais devem ser observados quanto à estiagem cíclica no período úmido. Luiz e Silva (2023), por meio de simulação, observaram forte efeito negativo dos anos de El Niño sobre a produtividade da soja nas semeaduras de setembro e outubro, nas condições do clima do cerrado em Planaltina, DF. Assim, em se tratando de um cultivo perene, como o cacaueiro, não há por que não associar efeitos mais intensos e lesivos deste fenômeno, especialmente no período seco.

Enfim, é esperado que a eficiência produtiva do cacaueiro no período seco seja influenciada por um

conjunto de elementos que atuam e interagem dinamicamente entre si e, neste caso, as práticas agrícolas, em condições de pleno sol, se resumiriam a viabilizar as condições do ar próximas as ideais para sustentar especificamente o processo vegetativo da temporâ consecutiva.

Considerações Finais

Nossos resultados sustentam a expansão de novas fronteiras agrícolas através do cultivo do cacaueiro no oeste da Bahia, entretanto sugerem estudos que objetivem:

i. Avaliar o custo/benefício na perspectiva de se colher duas safras (dois ciclos reprodutivos) por ano agrícola. Segundo Cazorla et al. (1989), no ano agrícola do cacau da RCB, existe dois ciclos reprodutivos superpostos, o da safra temporâ e outro da safra principal. Em consequência, inicia-se um evento fenológico com outro em andamento. No ano em que o perfil sofre modificações, o ciclo reprodutivo imediatamente posterior reflete essa interferência na normalidade fisiológica da planta.

ii. Avaliar a utilização de estratégias como tipos de poda, uso de quebra ventos, sombreamento que priorize o cultivo do cacaueiro, fertilização e irrigação que evitem a perda excessiva de água por transpiração. Nota-se que o cacaueiro tem relativamente baixa taxa fotossintética em relação a outros cultivos. A pleno sol, sua folha atinge capacidade máxima fotossintética entre 20 e 30 dias (Müller e Valle, 2012).

iii. Elaboração de calendário das práticas agrícolas, se possível setorizado dentro da propriedade, ressaltando que, no inverno, as plantações vivem o período de desaceleração metabólica, exigindo assim flexibilidade na execução das práticas de manejo. O enchimento adequando do fruto, que reflete fortemente na massa da amêndoas seca, requer adoção de momentos precisos de manejo hídrico, ambiental e nutricional das plantas.

iv. Avaliar os padrões fenológicos entre clones e condições de manejo. A produção de cacau não depende exclusivamente das condições dos elementos climáticos existentes no momento de formação e desenvolvimento dos frutos, o qual em média acontece em cinco meses (Cazorla et al., 1989), mas de

períodos bem definidos que antecedem a estes processos fenológicos. Leite et al. (1987) observaram correlações positivas e estatisticamente significativas entre as safras temporâ e global com a precipitação pluvial e a residência do lençol freático nos meses de outubro a março da RCB. Por outro lado, esses autores acrescentam que outubro, novembro e abril são meses que imediatamente seguem bimestres de intenso refolhamento do cacaueiro. Eles concluem "... que a produção agrícola resulta de condições climáticas durante os processos fenológicos (lançamento foliar, floração e frutificação) que a antecedem num período mais extenso do que o necessário simplesmente para o desenvolvimento e maturação dos frutos" (Leite et al., 1987).

v. Avaliar a aplicação dos resultados de Samuel et al. (2024). Numa zona de floresta tropical do sudoeste da Nigéria (3 a 4 meses de estação seca), esses autores mostraram que a sombra e a irrigação na estação seca afetaram o uso da água pelos cacaueiros, assim como as características da copa e a produtividade da planta. Relataram também que a irrigação por gotejamento parece ser útil para gerenciar a água e aliviar o período terminal da estação seca (hidrotérmica). É necessário ressaltar que a irrigação deve possibilitar a gestão da água, como também, a quantidade de água necessária para a produção de folhas e satisfazer a evapotranspiração do sistema.

Literatura Citada

- ALMEIDA, A. A. F. de; VALLE R. R. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4):425-448.
- ALMEIDA, H. A. de; MACHADO, R. C. R. 2009. Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em um ecossistema cacau. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13(6):724-728
- ARNOLD, S. E. J. et al. 2018. The significance of climate in the pollinator dynamics of a tropical agroforestry system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254:1-9. DOI:10.1016/j.agee.2017.11.013

- CAZORLA, I. M.; AIDAR, T.; MILDE, L. C. E. 1989. Perfil de lançamento foliar, da floração da bilhação e de estágios do frutos do cacaueiro no estado da Bahia, no período 1977/78-1987/88. MAPA/CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia. Boletim Técnico s/n. 58p.

RODRIGUES, L. G.; MOREIRA, P. B. A.; SANTOS, L. F.; TEIXEIRA, Y. N.; FIRMINO, P. R. A.; OLIVEIRA, C. C. F. 2022. Balanço Hídrico e Classificação Climática para Estação Meteorológica do Cariri. Revista Brasileira de Geografia Física 15(2): 618-633.

GUSSON, A. E. 2017. Diversidade, mudanças temporais e os efeitos de uma estação seca prolongada na regeneração em floresta estacional decidual. Tese Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

KÖPPEN, W. 1936. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Bornträger. Banda 1, Parte C. pp. 1-44.

LEITE, J. de O.; VALLE, R. R.; SILVA, C. P. da; DIAS, B. R. 2000. Relações entre a precipitação, o lençol freático e a produção de cacau na Bahia. Agrotrópica 12(2):67-74.

LUIZ, A. J. B.; SILVA, F. A. M. da. 2023. Efeito de El Niño e La Niña na produtividade da soja em planaltina/DF. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 22. 2023. Natal-RN. Edição Técnica: Bergson Guedes Bezerra e David Mendes.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. O Bioma Cerrado. <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html#:~:text=Depois%20da%20C3%A9,progressivo%20esgotamento%20Mata%20At%C3%A2ntica%20C%20o%20Cerrado%20%20regi%C3%A3o>. Acesso: jun. 2024.

MULLER, M. W.; VALLE, R. R. M. 2012. Ecofisiologia do Cultivo do Cacaueiro. In: Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacaueiro. 2a. Edição. Valle, R. R. M. (Ed.). MAPA/CEPLAC. Brasília, DF. pp. 31-66.

SAMUEL, A.; FRIDAY, C.; BABADELE, F. 2024. Cacao water use, canopy characteristics and yield as affected by irrigation and shade in a rainforest zone of Nigeria. International Journal of Environment Climate Change, 14(2):958-978.

SANTOS FILHO, L. P. DOS; LUZ, E. D. M. N.; VALLE, R. R.; MULLER, M. W. 2020. Considerações sobre a fenologia de lançamento foliar, floração e frutificação do cacaueiro na região Sudeste da Bahia. MAPA/CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia. Boletim Técnico nº 218. 26p.

SANTOS FILHO, L. P. 2019. Perfil temporal do fruto bilro na Região Cacaueira da Bahia, anos agrícolas 1977/78-2018/19. MAPA/CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia. Boletim Técnico nº 217. 24p.

SILVA, H. L. de S; PEREIRA, J. C. A.; SILVA, M. G. da. 2019. Estimativa do período molhamento e ponto de orvalho como fator de controle de patógenos agrícolas. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1. Universidade Federal de Campina Grande. CONIDIS. <http://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/23798>. Acesso: maio/2024.

SOARES, L. C.; ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P. de. 2021. Estimativa e espacialização do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na Região Sudeste do Brasil. Embrapa Gado de Leite. Passos, L. P. (ed.). Coletânea de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite-PIBIC/CNPq 2020-2021. Documentos, 262. Juiz de Fora, MG, Embrapa Gado de Leite. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/226294/1/Estimativa-espacializacao.pdf>. Acesso: mar.2024.

SODRÉ G. S.; MARROCOS P. C. L.; SARMENTO, D. A. 2017. Cultivo de Cacaueiro no estado do Ceará. MAPA/CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia. Boletim Técnico nº 209. 34p.

WEATHERSPARK. 2018. Weatherspark.com and Cedar Lake Ventures, Inc. Clima e condições meteorológicas médias em Barreiras no ano

- todo Bahia, Brasil. <https://pt.weatherspark.com/y/30524/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Barreiras-Bahia-Brasil-durante-o-ano>.
- ZUIDEMA, P. A.; LEFFELAAR, P. A.; GERRITSMA, W.; MOMMER, L.; ANTEN, N. P. R. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. Agricultural Systems 84(2):195-225.



A FORMIGA CAÇAREMA, *Azteca chartifex spiriti* FOREL, 1912 (FORMICIDAE, DOLICHODERINAE) NA REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA, BRASIL: MAIS DE UM SÉCULO DE AMOR E ÓDIO

Jacques Hubert Charles Delabie^{1,2,}, Celio Dorotéa Santos³, Josieia Teixeira dos Santos^{2,4},*
Julya Lopes dos Santos⁴, Laís da Silva Bomfim², Alexandre Arnhold⁵,
Elmo Borges de Azevedo Koch⁶, Cléa dos Santos Ferreira Mariano^{2,4}

¹Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Laboratório de Mirmecologia, Km 22, rodovia Jorge Amado (BR-415), 45662-902 Ilhéus-BA, Brasil. jacques.delabie@gmail.com;

²Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Km 16, rodovia Jorge Amado (BR-415), 45662-900 Ilhéus, BA, Brasil. josieiabiologa@gmail.com, lsbomfim.ppgzoo@uesc.br, csfmariano@uesc.br;

³Escrítorio Local da CEPLAC, Avenida Lauro Freitas, 507, Centro, 45570-000 Ipiaú, BA, Brasil. cedoro@gmail.com;

⁴UESC/Departamento de Ciências Biológicas. Km 16, rodovia Jorge Amado (BR-415), 45662-900 Ilhéus, BA, Brasil.

jlsantos.lbi@uesc.br; ⁵Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Centro de Formação em Ciências Agroflorestais (CFCAF). Km 22, rodovia Jorge Amado (BR-415), Ilhéus, BA, Brasil. alexarnhold@gmail.com; ⁶Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Transnordestina s/n, 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil. elmoborges@gmail.com

***Autor para correspondência:** Jacques Hubert Charles Delabie
E-mail: jacques.delabie@gmail.com

*“A caçarema Azteca chartifex é conhecida de todos os
lavradores de cacau. É a formiga mais popular do sul do
Estado.” (Bondar, 1939)*

A formiga “caçarema”, *Azteca chartifex spiriti*, é atualmente reconhecida como um eficiente agente de controle biológico natural de pragas nos cacauais da região Sul da Bahia. No entanto, esse reconhecimento nem sempre foi compartilhado pelos atores do setor agrícola na região cacaueira. Desde o século XIX até o desenvolvimento do Instituto de Cacau da Bahia (ICB), a caçarema foi tradicionalmente manejada nos cacauais com a finalidade de reduzir os impactos causados por diversos insetos danosos aos cacaueiros. Quando o agrônomo russo Gregório Bondar desenvolveu seus estudos seminais na Bahia, ele investigou, principalmente, as relações entre a caçarema, o cacaueiro e sua fauna associada. Bondar estimava que a presença da formiga fosse responsável por sérios prejuízos à lavoura e, com base em suas observações, publicou diversas recomendações de controle da caçarema. Tais recomendações foram posteriormente expandidas, especialmente após a implantação da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) na região, até cerca de 1980. Em 1964, os esforços de controle da formiga culminaram com o lançamento da “Primeira Campanha de Combate às Pragas do Cacaueiro”, cujo objetivo era mitigar os danos ocasionados por insetos nos cacauais da região. Durante essa campanha, dezenas de milhares de colônias de insetos sociais foram sistematicamente eliminadas, tanto mecanicamente quanto com o uso de inseticidas, predominantemente o Hexaclorobenzeno (BHC), então utilizado no controle químico da maioria dos insetos praga do cacaueiro na região. Contudo, após esse período, houve uma mudança gradual em direção a práticas de manejo mais ecologicamente sustentáveis, incluindo o reconhecimento do papel benéfico da caçarema no controle biológico natural. Com a drástica redução do uso de inseticidas, principalmente por motivos ecológicos e econômicos, e um aprofundamento do conhecimento sobre a comunidade de insetos associada à lavoura cacaueira, os problemas anteriormente atribuídos a *A. chartifex spiriti* foram contornados ou minimizados. Consequentemente, essa espécie tornou-se um aliado indispensável no manejo sustentável dos cacauais da Bahia.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, Gregório Bondar, Pedrito Silva, história da ciência, história regional, sustentabilidade, BHC, manejo, inseto social

The “caçarema” ant, *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) in the Cocoa Region of Bahia, Brazil: More than a century of love and hate. The “caçarema” ant, *Azteca chartifex spiriti*, is currently recognized as an efficient natural biological pest control agent in cocoa plantations in southeastern Bahia. However, this recognition was not always shared by stakeholders in the agricultural sector in the cocoa region. From the 19th century until the development of the Bahia Cocoa Institute (ICB), the “caçarema” was traditionally managed in cocoa plantations in order to reduce the impacts caused by various insects known as harmful to cocoa trees. When the Russian agronomist Gregório Bondar developed his seminal studies in Bahia, he mainly investigated the relationships between the “caçarema”, the cocoa tree and its associated fauna. Bondar estimated that the presence of the ant was responsible for serious damage to the crop and, based on his observations, published several recommendations for controlling the “caçarema”. These recommendations were later expanded, especially after the implementation of the Executive Commission for the Cocoa Crop Plan (CEPLAC) in the region, until around 1980. In 1964, ant control efforts culminated with the launch of the “First Campaign to Combat Cocoa Pests,” the aim of which was to mitigate the damage caused by insects to cocoa plantations in the region. During this campaign, tens of thousands of colonies of social insects were systematically eliminated, both mechanically and with the use of insecticides, predominantly hexachlorobenzene (BHC), then used for the chemical control of most of pest insects of cocoa trees in a regional scale. However, after this period, there was a gradual shift towards more ecologically sustainable management practices, including the recognition of the beneficial role of the ant in natural biological control. With the drastic reduction in the use of insecticides, mainly for ecological and economic reasons, and a deepening of knowledge about the insect community associated with cocoa crops, the problems previously attributed to *A. chartifex spiriti* were circumvented or minimized. Consequently, this species has become an indispensable ally in the sustainable management of cocoa plantations in Bahia.

Key words: *Theobroma cacao*, Gregório Bondar, Pedrito Silva, history of science, regional history, sustainability, BHC, management, social insect.

Introdução

A formiga *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) é popularmente conhecida na Região Cacaueira do Sul da Bahia como “caçarema”. Desde o final do Século XIX, os produtores de cacau utilizam tradicionalmente ninhos ou fragmentos de ninhos dessa espécie para realizar o controle biológico de diversos insetos danosos ao cacaueiro (Torrend, 1917, 1918; 1919; Delabie, 1990; Delabie et al., 2007). Essa forma de manejo ainda é frequentemente utilizada por produtores na região (ver Lavigne, 1989), apesar de a formiga ter sido vigorosamente combatida pelos órgãos técnicos do cacau – Instituto de Cacau da Bahia (ICB) e Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) – entre os anos 1920 e 1970.

O presente estudo, baseado numa ampla revisão bibliográfica, explora cerca de um século da história da percepção da caçarema na Região Cacaueira da Bahia, destacando as fases sucessivas de tipos de manejo que podem ser superficialmente categorizadas como manejo tradicional (até início da década de 1920), manejo baseado em controle químico (1920-1990) e

manejo sustentável (1990-atual). O trabalho detalha as circunstâncias que influenciaram as opiniões, muitas vezes contraditórias, que moldaram as relações entre caçarema, agrônomos, extensionistas e produtores de cacau do sul da Bahia. Nosso objetivo é sintetizar o conhecimento histórico e contemporâneo sobre a formiga na região, acompanhando o avanço das pesquisas que se iniciaram com os estudos do agrônomo russo Gregório Bondar. O estudo também aborda as consequências da “Primeira Campanha de Combate às Pragas” sobre a caçarema e outros insetos, incentivada pela CEPLAC em 1964 sob a liderança do agrônomo Pedrito Silva, que coincidiram com a expansão do uso do inseticida BHC na região. Com a proibição do BHC, o aumento do conhecimento sobre a comunidade de insetos que vivem nos cacauais, além da conscientização do mundo rural em prol de uma lavoura mais saudável, contribuíram significativamente para uma mudança de paradigma em relação à caçarema, embora desafios ainda persistam para a adequação de seu manejo.

Além disso, este estudo presta uma homenagem a dois grandes cientistas que dedicaram suas vidas à agricultura no estado da Bahia: Gregório Bondar e

Pedrito Silva. Gregório Bondar, além de um renomado entomologista, destacou-se como um eminente botânico e um prolífico divulgador de temas relacionados à agronomia tropical. Pedrito Silva, seguindo os passos de Bondar, desempenhou um papel crucial para levar o conhecimento científico da época sobre informações e tecnologias de controle à comunidade rural, impulsionando a produção de cacau na região. Embora as abordagens e conclusões atuais deste estudo possam, em alguns casos, parecer divergentes das desenvolvidas por esses pesquisadores e seus seguidores, elas refletem a evolução do conhecimento científico e o esforço contínuo para melhorar as práticas agrícolas na produção cacaueira. No entanto, é importante lembrar que o avanço do conhecimento científico é construído sobre uma longa sequência de acertos e desacertos, continuamente moldados pelo tempo e pela experiência. Esses dois cientistas contribuíram, cada um à sua maneira, para o desenvolvimento do conhecimento sobre a agricultura do cacau e sua fauna associada. Suas obras servem como base sobre o que se ergue o entendimento moderno, mostrando que a ciência é um campo em constante evolução, onde novas descobertas complementam e, por vezes, desafiam o conhecimento estabelecido.

Material e Método

Foram compiladas informações bibliográficas e arquivistas, especialmente aquelas disponíveis na Biblioteca do Centro de Pesquisa do Cacau, no Setor de Relações Públicas da CEPLAC, e em acervos particulares. A maioria das fontes utilizadas para discutir as variações de práticas de manejo de *A. chartifex spiriti* são citadas na Tabela 1.

Resultados e Discussão

História natural da formiga caçarema

A caçarema (*Azteca chartifex spiriti*) é uma formiga arborícola de tamanho médio, endêmica dos biomas de floresta úmida da Região Neotropical e extremamente comum nos agrossistemas cacaueiros do sul da Bahia. Embora aparentemente possuam apenas uma fêmea reprodutiva (rainha), os ninhos maduros podem abrigar uma população enorme, com várias dezenas ou até centenas de milhares de

operárias (Miranda et al., 2021), capazes de defender de modo quase instantâneo sua sociedade por suas mordidas (essas formigas não possuem ferrão) em caso de agressão à colônia. Os formigueiros, construídos a partir de um material semelhante a um papelão feito de fibras vegetais e resíduos orgânicos oriundos das próprias formigas, apresentam uma estrutura polidômica. A colônia está subdividida em uma construção central que forma um grande volume em forma piramidal ou cônica invertida, além de vários ninhos satélites de tamanhos variáveis (Bondar, 1939; Delabie et al., 1991; Fowler et al., 1996; Debout et al., 1996; Delabie et al., 2007; Miranda et al., 2021). Embora a polidomia sugira um investimento energético excepcionalmente elevado para uma única colônia, esta estratégia, associada à forte agressividade das formigas e ao patrulhamento constante das operárias, principalmente durante a noite (Benton, 1979), garante o seu domínio territorial. O território de uma única colônia pode se estender radialmente por até 20 metros em diversas árvores de médio ou grande porte (Delabie et al., 1991; Majer et al., 1994; Majer et al., 1994; Medeiros et al., 1995; Fowler et al., 1996; Miranda et al., 2021).

Assim como algumas outras espécies de formigas que habitam as copas dos cacaueiros, a caçarema ocupa uma posição de espécie dominante nas plantações do sul da Bahia (Majer et al., 1994). Essas formigas caracterizam-se por não compartilhar o mesmo espaço com outra espécie do mesmo nível de hierarquia. Dessa forma, elas se excluem mutualmente e espacialmente de um grupo de árvores para outro, formando uma comunidade em “patchwork”, conhecida como mosaico de formigas dominantes (Majer, 1972, 1976; Leston, 1973, 1978; Majer, 1993; Majer et al., 1994). Essa organização em mosaico foi inicialmente descoberta nos cacauais do Gana (Room, 1971; Majer, 1972) e foi progressivamente estudada em cacauais de diversos países africanos, da região oceânica e no Brasil (Majer, 1993; Majer et al., 1994). Esse modelo também foi encontrado em pomares e agroflorestas nas regiões temperadas e tropicais, e até mesmo em florestas (Leston, 1978; Ribeiro et al., 2013). A estrutura em mosaico é bastante estável ao longo do tempo (Medeiros et al., 1995) e constitui um elemento importante da estruturação das comunidades de formigas nos cacauais, com fortes implicações para o manejo das plantações em geral.

Tabela 1 – Estudos focalizando algum aspecto da biologia da caçarema ou das suas relações com a cacaueira, distribuídos segundo uma sequência temporal, e a mensagem positiva ou negativa que passam aos leitores.

Referência	Descrição do conteúdo em relação à caçarema	Avaliação positiva ou negativa em relação com a cacaueira
TORREND, 1917, 1918, 1919	Informações gerais, discute os aspectos tradicionais e o controle biológico do tripes-do-cacaueiro, <i>Selenothrips rubrocinctus</i> e <i>Monalonion</i> spp.	Positiva
BONDAR, 1922	Biologia geral, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
BONDAR, 1923	Informações gerais	Negativa
BONDAR, 1925	Biologia geral, compara os aspectos positivos e negativos, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
BONDAR, 1926	Comparação com a “formiga cuyabana” (<i>Nylanderia fulva</i>) também utilizada em controle biológico em meio rural	Negativa
BONDAR, 1939	Biologia geral, compara os aspectos positivos e negativos, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
SILVA, P, 1944	Biologia geral, generalidades, discute manejo, polinização, controle biológico, disseminação de podridão parda, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
SILVA, P, 1946	AV, comparação com a formiga <i>Azteca paraensis bondari</i> , praga dos cacaueiros	Negativa
SILVA, P, 1950	Trobioses com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
SILVA, P, 1955	Biologia geral, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
Anônimo, 1964a	Informações gerais	Negativa
Apostila CEPLAC, s. d. (ca. 1970)	Usa os mesmos argumentos que SILVA (1944), defende controle químico	Negativa
VELLO, 1971	Avalia o impacto de polinizados no cacaueiro	Positiva
VELLO & MAGALHÃES, 1971	Teste a possibilidade de a caçarema efetuar polinização do cacaueiro, avalia o possível efeito “cairomônio” sobre os polinizadores	Positiva
LESTON, 1978	Controle biológico (mosaico de formigas dominantes)	Indeterminada
ABREU, 1979	Usa os mesmos argumentos que SILVA (1944)	Negativa
PEREIRA e CRUZ, 1984	Fazem uma avaliação do uso de insumos no controle de pragas e doenças do cacaueiro. Vêem “potencialidade” no uso da caçarema em controle biológico	Positiva
LAVIGNE, 1989	Faz um balanço entre os aspectos positivos e negativos de manter a formiga nos cacauais e recomenda a preservação de seus ninhos	Positiva
DELABIE, 1990	Histórico, generalidades sobre a biologia e o controle biológico	Positiva
SMITH FIGUEROA, 1990	Usa os mesmos argumentos que SILVA (1944)	Negativa
HARADA, 1990	Generalidades, focaliza o aspecto “praga”	Negativa
DELABIE et al., 1991	Descrição do ninho, características polidômicas	Positiva
MAJER & DELABIE, 1993	Compara a eficácia do controle biológico entre diversas espécies dominantes	Positiva
MEDEIROS et al., 1993	Interações com <i>Phytophthora</i> spp.	Negativa
MAJER et al., 1994	Controle biológico (mosaico de formigas dominantes)	Positiva
FOWLER et al., 1996	Descrição do ninho, características polidômicas	Indeterminada
MEDEIROS et al., 1999	Controle biológico	Positiva
DELABIE, 2001	Trobioses com Hemiptera sugadores de seiva	Positiva
JOHNSON et al., 2001	Biologia geral, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Indeterminada
DELABIE e MARIANO, 2001	Controle biológico	Positiva
MAIA et al., 2001	Testes de inseticidas sobre a caçarema, considerando seu papel como agente de controle biológico	Positiva
DELABIE et al., 2007	Informações gerais, descrição do ninho, relações com outras formigas	Positiva
SANCHEZ, 2011	Controle biológico	Positiva
KOCH et al., 2020	Trobioses com Hemiptera sugadores de seiva	Indeterminada
MIRANDA et al., 2021	Descrição do ninho, características polidômicas, distribuição da população no território da colônia	Positiva

Devido a essas características, *A. chartifex spiriti*, assim como táxons relacionados, tais como *Azteca chartifex* Emery, 1896, exerce um efeito negativo sobre a abundância e a diversidade de predadores ativos na copa das árvores, assim como sobre os insetos herbívoros (Torrend, 1917, 1918; Delabie, 1990; Majer e Delabie, 1993; Majer et al., 1994; Medeiros et al., 1999a, 1999b; Delabie e Mariano, 2001; Delabie et al., 2007; Soares et al., 2022b), e um efeito positivo sobre as árvores hospedeiras (Soares et al., 2022a).

O território ocupado e controlado por uma colônia dessas formigas é uma estrutura extremamente estável que forma uma comunidade com numerosos outros organismos facultativos ou obrigatórios, inclusive aves (Somavilla et al., 2013), vespas sociais, hemípteros, bactérias (Bitar et al., 2021, 2024) e provavelmente fungos. Na parte periférica do território da colônia, em particular, as operárias constroem abrigos frágeis com o mesmo material fibroso dos ninhos, nas extremidades dos galhos das árvores hospedeiras. Nesses abrigos ou, às vezes, fora desses, elas criam cochenilhas (Figura 1) que liberam uma secreção açucarada, o “honeydew”, que é uma importante fonte

de alimentação para essas formigas (Bondar, 1939; Delabie, 2001; Delabie et al., 2007; Koch et al., 2020; Miranda et al., 2021). Além dessa fonte de glucídios, as operárias, extremamente ativas e agressivas ao forragear, capturam todos os tipos de insetos que se aventuram no seu território e essas presas constituem sua principal fonte de proteínas (Miranda et al., 2021). Frequentemente, vespeiros encontram-se próximos aos formigueiros de caçarema. Esses ninhos, geralmente, são de vespas sociais dos gêneros *Polybia* Lepeletier, 1936 e *Angiopolybia* Araújo, 1946 (Vespidae), que constroem seus ninhos próximos aos da caçarema, às vezes em colônias enormes e muito ativas, provavelmente para evitar seus próprios predadores (Delabie, 1990; Somavilla et al., 2013; Souza et al., 2013; Le Guen et al., 2015).

Desde os estudos de Billes (1941), muitos dos pesquisadores que estudam a biologia do cacaueiro apontam o papel preponderante de diferentes grupos de insetos na polinização do cacaueiro, principalmente moscas da família Ceratopogonidae, pulgões ou formigas (ver estudos de Vello & Magalhães, 1971; Winder, 1978; Pouvreau, 1984; Toledo-Hernández et al., 2021; Toledo-Hernández et al., 2021; Nakayama, 2023; Nakayama & Costa e Souza, 2024). Em 1971, Fernando Vello e Walter Santos Magalhães publicaram um estudo sugerindo que a caçarema poderia atuar como um agente de atração dos polinizadores do cacaueiro através de um processo aleloquímico e não como agentes diretos desta polinização (Vello & Magalhães, 1971). Como as demais formigas da subfamília Dolichoderinae, *A. chartifex spiriti* possui um odor forte e persistente, característica do grupo biológico. Este odor é utilizado na comunicação entre indivíduos, para marcar o território da colônia, como feromônio de alarme e, provavelmente, como repelente contra parasitas e predadores (Silva, 1955; Vello e Magalhães, 1971; Delabie, 1990; Miranda et al., 2021). Silva et al. (1982) isolaram um dialdeído como principal componente, extraído da glândula anal dessas formigas, que é essencial como componente deste odor. Wheeler et al. (1975) extraíram cetonas de outras espécies de *Azteca* com efeito semelhante. Segundo a hipótese discutida por Vello & Magalhães, o odor intenso e persistente das formigas teria o efeito de atrair polinizadores do cacaueiro e de contribuir



Figura 1 – Operária de caçarema, *Azteca chartifex spiriti*, visando uma fêmea de Pseudoccidae para recolher o “honeydew”. Áreas Experimentais do Centro de Pesquisa do Cacau, 2023. Fotografia: Laís S. Bomfim.

assim para o aumento da produção de frutos. Desde 1917, Camilo Torrend observava que “As caçaremas gostam de lugares sombrios; por isso convirá escolher alguma árvore frondosa, em lugar bem abrigado para sua nova habitação.” No entanto, *A. chartifex spiriti* talvez tenha um maior sucesso na fundação de uma nova colônia quando se instala numa árvore com troncos e ramos maiores (Figura 2), mas é muito provável que a ocorrência numa árvore de uma população desta formiga predadora e extremamente ativa tenha um efeito positivo sobre a vegetação circundante ao ninho por diminuição da herbivoria (Harold Gordon Fowler, ca. 1990, Comunicação Pessoal). Em outros termos, a vegetação se torna frondosa por causa da presença da formiga enquanto a produção de cacau é beneficiada em razão de sua atividade predadora e do aumento de densidade da folhagem dos cacaueiros.



Figura 2 - Um ninho principal de caçarema com o técnico José Raimundo Maia dos Santos ao lado, para dar a escala. Áreas Experimentais do Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus, Bahia, cerca 1995. Fotografia: Jacques H.C. Delabie.

Histórico do manejo da caçarema nas plantações de cacau do Sul da Bahia

Desde o final do Século XIX os produtores de cacau têm usado tradicionalmente ninhos completos ou fragmentos de caçarema para manejar suas plantações de cacau através do controle biológico de diversos insetos prejudiciais ao cacaueiro (Torrend, 1917, 1918, 1919; Delabie, 1990; Delabie et al., 2007). Já naquela época os fazendeiros haviam observado que, onde a formiga ocorria, a produção de cacau era maior e mais saudável. Isso ocorre porque a caçarema é um predador de tripes do cacau (*Selenothrips rubrocinctus* (Giard, 1901), Thysanoptera), lagartas, mirídeos (*Monalonion* spp., Miridae) e outros insetos que danificam a árvore e sua produção, como as vaquinhas do cacau (várias espécies de besouros da família Chrysomelidae) (Ferronato, 1988). Durante este período, a caçarema era vista como aliada dos cacauicultores, e este se caracteriza pelo manejo tradicional, influenciado principalmente pelas experiências dos produtores e pela falta de inseticidas que, nos anos seguintes, se tornariam a base do controle de insetos na agricultura mundial.

O agrônomo russo Gregório Gregorievitch Bondar (1881-1959) (Figura 3) é certamente o personagem mais importante da entomologia do Século XX na Bahia. Inicialmente professor e ativista político na Rússia, Bondar formou-se em agronomia em uma escola francesa em 1910. No ano seguinte, mudou-se para o Brasil, onde começou a trabalhar como entomologista



Figura 3 - Gregório Gregorievitch Bondar (de chapéu e gravata) na Estação Experimental de Água Preta (mais tarde: Escola Média e Agropecuária Regional da CEPLAC (EMARC) de Uruçuca, e hoje Instituto Federal Baiano - Campus Uruçuca), por volta de 1935. Fonte: Garcez, 1981.

no estado de São Paulo. Retornou à Rússia para lutar na Primeira Guerra Mundial, sendo preso por duas vezes: primeiramente por suas atividades políticas na juventude e, posteriormente, após ser anistiado durante a Revolução, por se unir ao movimento antibolchevique. Condenado à morte, conseguiu escapar e retornou ao Brasil. Foi contratado pelo Departamento de Agricultura do estado da Bahia em 1921 e, em 1932, transferido para o Instituto de Cacau da Bahia (ICB), onde chefiou a Estação de Experimentação de Água Preta [Uruçuca] até 1937 (Bondar, 1943). Bondar publicou extensivamente estudos botânicos e entomológicos, além de diversos manuais fundamentais para a cacaicultura (Bondar, 1938, 1939; Da Silva Filho e Nomura, 1981; Garcez, 1981). Seus estudos sobre a caçarema e seus hemípteros associados, iniciados em 1922, influenciaram profundamente os produtores de cacau nas décadas seguintes, dando início à fase de manejo químico, que perdurou por vários anos, até a década de 1990.

Antes de suas monografias sobre o cacau da década de 1930, Bondar publicou um artigo detalhado sobre a caçarema no primeiro número do Correio Agrícola, uma revista que se tornaria amplamente disseminada no mundo rural da Bahia naquela época (Bondar, 1923) e da qual Bondar foi um dos principais editores até 1933 (Figuras 4, 5) (Da Silva Filho e Nomura, 1981; Garcez, 1981). As observações e convicções de Bondar sobre a formiga, que contradiziam meio século de manejo tradicional de *A. chartifex spiriti* para fins de controle biológico pelos produtores de cacau, mantiveram-se consistentes ao longo de sua carreira (Bondar, 1922, 1926, 1939). Bondar abordou sucessivamente: i) a opinião dos produtores de que a formiga contribui para a fertilização das flores de cacau, afirmando que “cacaueiros com caçarema produzem mais frutos”; ii) que “a formiga protege o cacaueiro e seus frutos contra vários inimigos”; iii) observações de que a caçarema não é predadora, mas prefere criar insetos sugadores devido ao “honeydew” que eles produzem; iv) a presença de sociedades de vespas sociais próximas aos ninhos de caçarema afugentam os trabalhadores; v) que as caçaremas roem externamente os frutos do cacaueiro, provocando deformações (Bondar, 1939).

Dando sequência aos trabalhos iniciados por Bondar, Pedrito Silva (1917-1990) (Figura 6), um



Figura 4 - Capa do primeiro número do Correio Agrícola de 1923, do qual Bondar é um dos principais redatores e onde ele vai publicar um dos seus primeiros estudos sobre a caçarema. (Fonte: Biblioteca do CEPEC).



Figura 5 - ilustração extraída do principal estudo de Bondar sobre a caçarema publicado no Correio Agrícola de 1923, mostrando os coccídeos em abrigos construídos pela caçarema (Fonte: Biblioteca do CEPEC).



Figura 6 - Pedrito SILVA (de óculos, do lado esquerdo) durante a Primeira Campanha de Combate às Pragas do Cacauzeiro em 1964 (Fonte: Arquivos da Entomoteca Gregório Bondar, SEFIT-CEPEC-CEPLAC).

agrônomo e entomologista que se destacou como seu discípulo (Da Silva Filho e Nomura, 1981; Soria, 1993). Cedo, ele se especializou na entomologia do cacauzeiro (Silva, 1944, 1946, 1950, 1955, 1957), atuando em primeiro lugar no Instituto Biológico da Bahia e, posteriormente, no ICB. Em dezembro de 1963, foi transferido para a CEPLAC a pedido do Secretário Geral da época, Carlos Brandão. Pedrito Silva foi o primeiro presidente da Sociedade Entomológica do Brasil (1972-1975), entidade que ajudou a fundar juntamente com outros 42 entomologistas na Estação da CEPLAC de Uruçuca (21 a 25 de fevereiro de 1972), a mesma onde Bondar trabalhou (Zucchi & Parra, 2023). Pedrito Silva desempenhou um papel crucial na organização da “*Primeira Campanha de Combate às Pragas do Cacauzeiro*”, lançada pela CEPLAC em 11 de julho de 1964 (Silva, 1964; Figuras 7A e 7B, 8). De fato, houve duas outras campanhas similares e anteriores no estado da Bahia, a primeira em 1946-1947, a segunda no início de 1954, sob a liderança do Instituto de Cacau da Bahia (Silva, 1964). No evento organizado pela CEPLAC, Pedrito Silva listou os problemas causados pela caçarema: i) a construção das “casas” (os formigueiros) cobre uma parte do tronco do cacauzeiro impedindo a emissão de flores; ii) o peso dessas enormes estruturas faz virar os cacauzeiros principalmente nas encostas; iii) a formiga, às vezes, rói a casca do fruto de cacau, facilitando sua contaminação por alguma doença; iv) ela provoca estragos indiretos pela criação de “piolhos”

(cochonilhas, ver Figura 1) sobretudo no pedúnculos de frutos jovens provocando seu “péco”; vi) ela atrai marimbondos que dificultam a colheita; vii) “e também o que é mais grave”, dissemina eventualmente o fungo causador da podridão parda (*Phytophthora spp.*), nas épocas de surto. Naquele período, em entomologia agrícola, os insetos eram amplamente considerados como um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de cacau, o que levou através desta Campanha, a uma mobilização intensa da extensão e da pesquisa para envolver toda a comunidade cacauzeira – incluindo fazendeiros, administradores e operários de campo (Rangel, 1982). A relação entre a



Figura 7 - "Campanha de Combate às Pragas", julho de 1964. A- Sessão solene de lançamento da campanha no auditório da Cooperativa dos Agricultores de Itabuna, com representantes técnicos e políticos da região cacauzeira. (Fonte: Cacau Atualidades, 1964). B- Carlos Brandão, Secretário-Geral da Ceplac [mais tarde, Presidente do Banco Central do Brasil (Banco Central do Brasil, 2019)], declara a guerra às caçaremas, formigas-de-enxerto, cupins, marimbondos e outras "pragas" (Fonte: Arquivos do Museu da CEPLAC, Ilhéus, Bahia).

ocorrência da formiga e da podridão parda é real e foi verificada mais tarde por Medeiros et al. (1993).

No seu número de dezembro de 1964, Cacau Atualidades (Anônimo, 1964b), então a principal mídia divulgando informações sobre a mais importante produção agrícola da Região Cacaueira da Bahia naquela época, publicava o balanço da Campanha assim:

“*Cepec: Mais de Cem Mil Ninhos de Pragas Destruídos.* 141.748 ninhos de insetos-pragas do cacau foram destruídos na área do Centro de Pesquisas do Cacau, no período de março a dezembro deste ano. Executando, internamente, a campanha de combate às pragas do cacau, o setor de Entomologia e Zoologia Agrícola do CEPEC destruiu 68.681 ninhos de formigas caçarema, 56.141 de formigas de enxerto (...) e 16.926 de cupim**.”

**Azteca paraensis bondari* Borgmeier, 1937.

**A princípio, ninhos de *Nasutitermes* spp., sendo que *Nasutitermes corniger* (Motschulsky, 1855) predomina nas áreas experimentais do CEPEC (Reis et al., 2009).

Uma publicação bem mais recente da CEPLAC destinada aos produtores de cacau do estado do Espírito Santo, onde a formiga ocorre também (Smith Figueroa, 1990), resume assim a situação da caçarema durante as décadas seguintes: “É ainda considerada por alguns agricultores como benéfica. Na realidade, é uma praga, e, como tal, deve ser combatida”. Apesar de informações gerais sobre pragas do cacaueiro publicadas logo depois da Campanha e que parecem ignorar o papel negativo da caçarema (Silva et al., 1964; Soria et al., 1965), a literatura que cita *A. chartifex spiriti* mostra que as posições assumidas por duas gerações de entomologistas permaneceram praticamente imutáveis desde o trabalho seminal de Gregório Bondar de 1923, enquanto que, por sua vez, Pedrito Silva procurou desenvolver os meios técnicos de resolver os problemas levantados pelos insetos danosos ao cultivo do cacaueiro com o conhecimento e a tecnologia disponíveis nas décadas seguintes, especialmente com o uso de inseticidas tais como o BHC.

Anos BHC

O período de intensa atuação pelos órgãos de pesquisa e extensão no campo coincidiu com a intensificação do uso de agentes químicos, em

particular, o inseticida Hexaclorobenzeno (BHC) no controle de pragas em geral (Figuras 8-13). Esse produto, do grupo dos organoclorados ao qual pertencem também os inseticidas diclorodifeniltricloroetano (DDT), dodecacloro ou a clordeconina, foi desenvolvido depois da Segunda Guerra Mundial, passando a ser amplamente comercializado no mundo todo, em particular na Região Cacaueira da Bahia onde foi aplicado para tentar resolver os problemas entomológicos das plantações em geral. Depois do uso quase exclusivo do BHC na região, esse passou a ser criticado pelos órgãos que outrora recomendavam seu uso (Pereira e Cruz, 1984; Berbert e Cruz, 1986), sendo totalmente proibido no Brasil pela Portaria 329 de 02/09/1985 do Ministério da Agricultura em função de sua elevada toxicidade, mas, sobretudo, de sua permanência e persistência no meio ambiente poluindo solos e águas continentais (MAPA, 1985). Ele é um contaminante importante em alimentos, se acumulando inclusive na espécie humana, com numerosas consequências na saúde como os demais organoclorados citados. Há numerosos documentos e registros de recomendações de uso do BHC pela CEPLAC a partir de 1964, quando era considerado um produto de baixa periculosidade e amplo espectro de ação, a fim de controlar os principais insetos danosos ao cultivo do cacaueiro (Figuras 8, 11). Pelo menos no início, o inseticida era distribuído pela empresa de Ilhéus “CIMAG” que recebeu apoio financeiro da CEPLAC (Cruz, 2014). Foi neste período que a aplicação de inseticidas e fungicidas por meio de aviação agrícola se desenvolveu, sendo inclusive testado por pulverização via helicóptero na CEPLAC em propriedades nos municípios de Ilhéus e Uruçuca (Anônimo, 1965; Silva et al., 1965; Ventocilla et al., 1966; Montoya et al., 1980; Figura 12). Seu uso na região cacaueira teve o ápice em 1979 um pouco antes de sua proibição (Figura 13). Apesar dessa proibição, estoques importantes continuaram a ser comercializados clandestinamente e existem alguns testemunhos de seu uso provavelmente até os anos 1990 (Pereira e Cruz, 1984).

A aplicação quase sistemática do BHC nas copas dos cacaueiros teve um impacto significativo sobre toda a fauna da Região Cacaueira e na saúde dos trabalhadores, contribuindo para a alteração do equilíbrio ecológico que caracteriza as comunidades

O QUE É A CAMPANHA DE COMBATE ÀS PRAGAS DO CACAU

Movimento organizado e orientado pela CEPLAC com a finalidade de levar aos agricultores esclarecimentos e orientação técnica, visando o aumento da produção de cacau na Região Cacaueira.

Os objetivos dessa Campanha são:

- Diluir conhecimentos das pragas e seu combate.
- Motivar os agricultores para a adoção definitiva das práticas recomendadas.
- Demonstrar os resultados obtidos pelo emprego da técnica correta, através de áreas de demonstração.
- Levar 70% dos materiais da CEPLAC a fazer uso da prática e adotá-la definitivamente.

PROCLARE O AGRÔNOMO DA CEPLAC

PRAGAS=PREJUIZOS

Veja quais são as principais pragas que atacam o cacaueiro, e os prejuízos que causam:

PRAGAS	PREJUÍZOS
CHUPANÇA	<ul style="list-style-type: none"> - Suga os frutos verdes, bilros, brotos e folhas novas. - Ela quebra os frutos novos e desfolha interna. - Os frutos mais desenvolvidos ficam deformados, prejudicando o desenvolvimento normal da amoreira.
FORMIGA DE ENXERTO	<ul style="list-style-type: none"> - Corta as hastes novas, provocando a atrofia das frondas. - Favorece o desenvolvimento de insetos pragáticos. - Nas ramos, gomas, folhas novas e frutos. - Cultiva plantas que competem com o cacaueiro.
FORMIGA CAÇAREMA	<ul style="list-style-type: none"> - Reduz a floração. - O peso de sua "casa" inclina e quebra os galhos. - Cria e protege os "piolhos", "pulgões" e outros insetos nocivos. - Faz alastrar a podridão parda.
FORMIGA PIXIDICA	<ul style="list-style-type: none"> - Cria e protege os "piolhos farinhentos", que sugam a semente. - Impede a "limpeza" e tolhete nas regiões onde se localiza.

OBSERVE! - Neste ano, as pragas causaram uma queda de 20% na produção da lavoura cacaueira baiana, ou seja, são 10 mil toneladas de cacau que deixaram de ser produzidas todos anos!

A SOLUÇÃO É FAZER POLVILHAMENTO

MATERIAL	ÉPOCA
POLVILHADORES:	CHUPANÇA:
Kieken Marreyama Kiorite De Engenho	Fevereiro a Março Setembro a Outubro
INSETICIDA:	FORMIGAS:
BHC	Gaćarema De Enxerto Plástica
Qualquer época do ano	
GASTOS	CUIDADOS
15 Kg de BHC para polvilhar 1 ha., com o Kieken	<ul style="list-style-type: none"> Não respirar muito o BHC. Tomar banho depois da aplicação do BHC.

PROCLARE O AGRÔNOMO DA CEPLAC!

Figura 8 - Panfleto para a "Campanha de Combate às Pragas do Cacau", 1964: "... FORMIGA CAÇAREMA: Reduz a floração. O peso de sua "casa" inclina e quebra os galhos. Cria e protege os "piolhos", "pulgões" e outros insetos nocivos. Faz alastrar a podridão parda...". Inseticida recomendado: BHC. (Fonte: Arquivos Celio Dorotéa Santos).

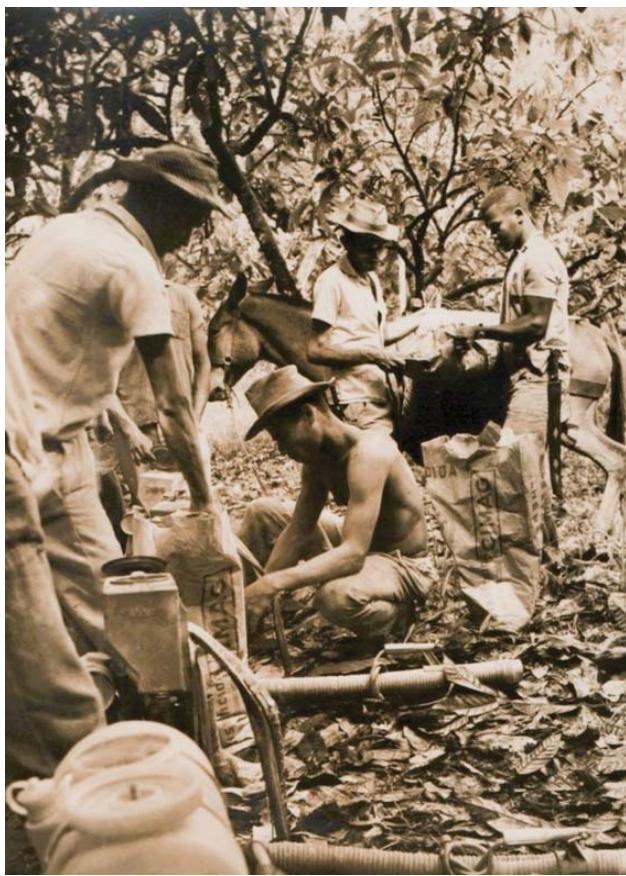


Figura 9 - Preparação de demonstração de aplicação de BHC (em embalagem CIMAG) para o controle de insetos pragas em 1964 (Fonte: Arquivos da Entomoteca Gregório Bondar, SEFIT-CEPEC-CEPLAC).



Figura 10 - Demonstração de aplicação de BHC para controle de insetos pragas em 1964 (Fonte: Arquivos da Entomoteca Gregório Bondar, SEFIT-CEPEC-CEPLAC).

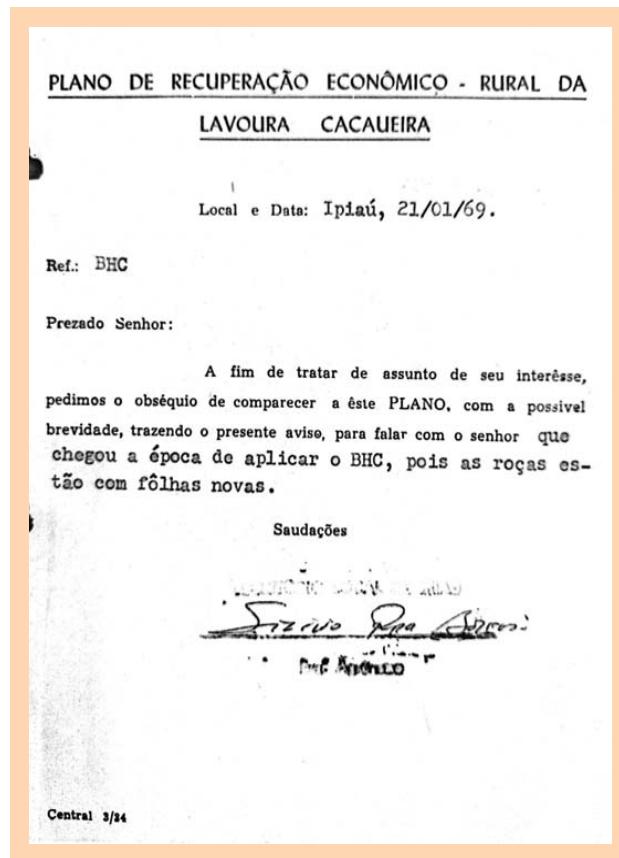


Figura 11 - Convocação de produtor no Escritório Local da CEPLAC de Ipiaú em janeiro de 1969, visando recomendação de aplicação de BHC (Fonte: Arquivos Celio Dorotéa Santos).



Figura 12 - Teste de polvilhamento de BHC no CEPEC por helicóptero em fevereiro de 1964 (Fonte: Arquivos da Entomoteca Gregório Bondar, SEFIT-CEPEC-CEPLAC).

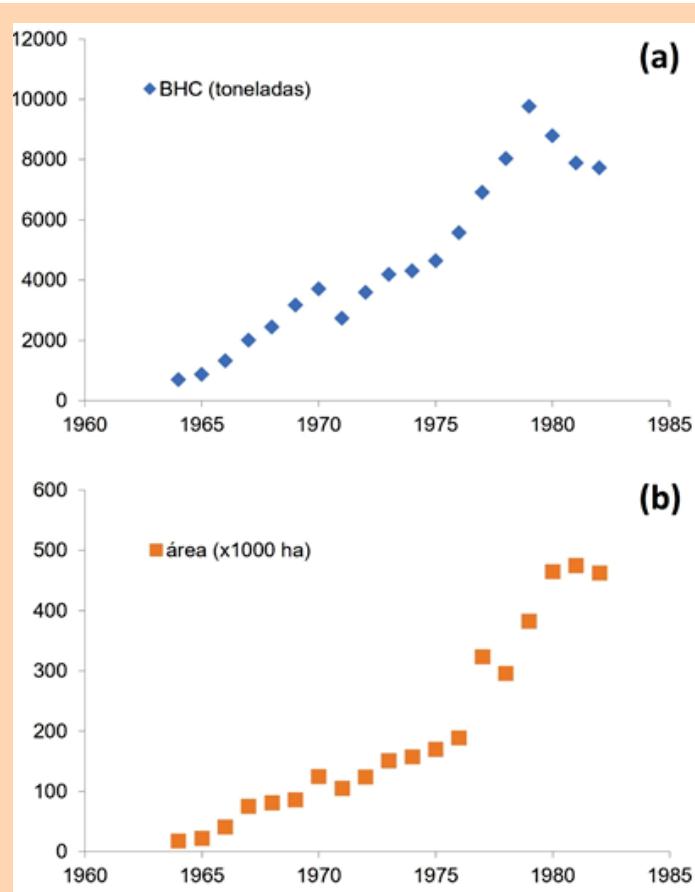


Figura 13 - Quantidades de BHC (a) e área de plantações da Região Cacaueira da Bahia (b) que receberam aplicação do inseticida no período de 1964 a 1982 (Fonte: Pereira e Cruz, 1984).

de organismos locais. Antônio de Almeida Cruz atribui a proliferação de ratos ao “funesto uso do BHC, que dizimou as cobras” (Cruz, 2014). A proliferação da formiga “pixixica”, *Wasmannia auropunctata*, nos cacauais também é um fenômeno do período pós-BHC, uma espécie que causa muito incômodo aos trabalhadores através de suas dolorosas ferroadas (Delabie, 1988, 1990; Delabie et al., 2007). Essa formiga é um habitante natural da serapilheira das florestas e plantações da região, mas sua proliferação ocorre principalmente quando se associa a Pseudococcidae na copa dos cacaueiros. Esse aumento populacional é mais evidente quando outras formigas dominantes da vegetação, como a caçarema (Majer et al, 1994), são eliminadas. Tal situação foi observada durante a “Campanha de Combate às Pragas do Cacaueiro” assim como nos anos

seguintes. Uma evidência desse fenômeno é que a pixixica deixou de ser um problema após a redução do uso indiscriminado de inseticidas e a suspensão da eliminação de formigueiros de caçarema na região.

Situação atual e o futuro do manejo

Em 1962, Rachel Carson publicou “Silent Spring” (Primavera Silenciosa) nos Estados Unidos, onde atribui aos inseticidas sintéticos a responsabilidade por diversos problemas ambientais (Carson, 1962). Esse livro desencadeou uma verdadeira revolução na conscientização ambiental em muitos países, levando a uma reavaliação crítica e rigorosa do uso de inseticidas na saúde pública e na agricultura. Embora não tenha sido o único fator que levou à proibição do BHC, nem o principal, a obra de Carson contribuiu significativamente para que os organoclorados e outros inseticidas potencialmente danosos à saúde e ao meio ambiente fossem mais bem controlados ou proibidos na agricultura. Aliado ao que foi apontado por Carson, os conceitos e práticas sobre Manejo Integrado de Pragas que surgiram entre 1956 e 1966 (Bartlett, 1956, Geier e Clark, 1961 e Geier, 1966), foram se consolidando ao longo das décadas seguintes e substituindo o controle de insetos baseado somente em agroquímicos por outras técnicas mais conservacionistas, a exemplo do controle biológico.

O principal argumento em favor da conservação e manejo de *A. chartifex spiriti* nos cacauais do sul da Bahia é que essa formiga desempenha um importante serviço em prol da agricultura, pois em áreas onde ocorre, o uso de inseticida torna-se completamente desnecessário. A caçarema é um predador ativo e extremamente eficiente, o que corrobora as observações de Torrend desde 1917 sobre o manejo tradicional. No entanto, apesar do consenso quanto à importância de sua preservação para manter um alto nível de controle biológico natural, ainda persistem diversos desafios a serem enfrentados.

A seguir, comentamos um a um os aspectos negativos da formiga apontados por Gregório Bondar, Pedrito Silva (do qual seguimos os argumentos negativos de seu panfleto de 1955) e seus seguidores:

i) As suas “casas” dificultam e evitam a emissão de uma boa porcentagem de flores, pela área que recobrem no tronco. Os ninhos principais de caçarema, que possuem tamanho significativo suficiente para cobrir grandes áreas de troncos e galhos se localizam quase em sua totalidade nas árvores de sombreamento do cacaual (Figura 2, Miranda et al., 2021). Os próprios cacaueiros, geralmente, não possuem troncos e galhos significativamente largos para suportar grandes estruturas desse tipo. O recobrimento do tronco seria facilmente evitado com o manejo dos formigueiros (como parece que era comumente feito durante o período tradicional), sendo estes deslocados dos cacaueiros para as árvores de sombreamento.

ii) O seu peso faz vergar ou quebrar os ramos e, mesmo, “virar” o cacaueiro. É verdade que a caçarema frequentemente instala seu(s) formigueiro(s) nos galhos de um cacaueiro, como já fotografado por Bondar (1939), mas os formigueiros maiores dessa espécie quase sempre estão construídos abaixo de galhos e troncos de grandes dimensões de árvores de sombreamento (Figura 2, Miranda et al., 2021). Ninhos grandes em cacaueiros são raros porque o galho suporte tem raramente um diâmetro suficiente onde a estrutura possa se suspender. Geralmente nos cacaueiros são observados ninhos periféricos, enquanto o formigueiro principal está na árvore de sombreamento vizinha. Aliás, formigueiros que crescem demais e estão fixos em galhos estreitos têm tendência a se fragmentar e cair, sobretudo em período de chuva. Ainda assim, mesmo se a asserção de cima fosse constatada, é fácil um golpe de fação derrubar uma parte do formigueiro para aliviar o peso.

iii) Embora raramente, estraga o fruto, roendo a casca. Neste caso, além do fruto se apresentar com mau aspecto, os ferimentos podem constituir portas abertas às moléstias. Esse fato é raramente testemunhado, e não pode se caracterizar como um dano de importância econômica. A casca do fruto pode ter sido superficialmente roída, mas a formiga não chega a abrir o mesmo dando acesso à polpa e às sementes. O aspecto do fruto não deve ser um fator relevante na produção de cacau, pois o objetivo do agricultor é a produção de “amêndoas”. Com relação às moléstias, se considerarmos a infecção por *Phytophthora* spp, frequentemente associada à

caçarema por Bondar e Pedrito Silva e verificada por Medeiros et al. (1993), esta pode se dar através de outros mecanismos, não importando se há ou não algum ferimento na planta.

iv) Cria, deliberadamente, “piolhos”, “cigarrinhas” e “pulgões” que extraem uma quantidade incalculável de seiva do cacaueiro para seu alimento e, quando criados nos pedúnculos da flor, do “fruto”, podem provocar o “péco” desses órgãos. A maioria das formigas arborícolas e, sobretudo, as espécies dominantes do ponto de vista populacional ou comportamental e que participam do mosaico de espécies dominantes (vide Leston, 1978, Majer, 1993, Majer et al., 1994), tais como a caçarema, criam insetos sugadores que lhe oferecem a base de sua alimentação, tanto no que diz respeito às proteínas quanto aos açúcares (através do “honeydew”, vide Delabie, 2001). Essa formiga cria majoritariamente Coccidae na periferia de seu território (Miranda et al., 2021), ela se alimenta somente eventualmente em outros Hemiptera. Nas regiões tropicais, as formigas têm aversão a espaços vazios e uma planta onde foi aplicado um inseticida será rapidamente recolonizada por uma formiga qualquer. A pixixica é muito competitiva quanto a isso, mas não conseguirá se instalar na copa de uma planta onde *A. chartifex spiriti* está instalada. Para um produtor, fica mais barato manter uma população dessa formiga que mantém limpos e produtivos os cacaueiros onde atua (Medeiros et al. 1999a, 1999b), apesar de criar insetos sugadores, do que o custo de aplicação de um inseticida, sabendo que o problema pode se tornar maior com a proliferação potencial de outros insetos e do risco de poluição química da sua produção.

v) Incomoda aos operários que realizam as operações de colheita e limpeza dos cacaueiros por ela habitada, fazendo perder-se tempo precioso. Apesar de ser uma queixa recorrente dos trabalhadores das roças de cacau, dentre todos os problemas apontados, este seria o de mais fácil solução, bastando se adotar o uso de equipamentos de proteção individual – EPI, para evitar o contato com as formigas. É fácil concluir que, no período durante o qual Gregório Bondar e Pedrito Silva atuavam, ou mesmo antes, equipamentos de proteção individual nem eram cogitados (ver Figuras 9 e 10). Ao longo dos anos, os efeitos de agroquímicos sobre agricultores e acidentes

com animais peçonhentos ou agressivos levaram à necessidade de desenvolver equipamentos modernos e relativamente confortáveis que facilmente contornariam este problema. Os autores, no entanto, concordam que o manejo de cacauais onde ocorrem caçarema, pixixica ou marimbondos, necessita de uma atenção constante a fim de se evitar mordidas (caçarema) ou ferroadas (pixixica e vespas).

vi) Atrai, para suas vizinhanças, os “marimbondos” que, formando “gambôas”, impedem as operações de colheita e limpeza de dezenas de cacaueiros. Tais “gambôas” ficam anos a fio sem serem tocadas, principalmente quando a “limpa” é realizada sob o regime de “empreitada”, o que é usual. É verdade que numerosas espécies de vespas sociais se instalaram com frequência perto de formigueiros de *A. chartifex spiriti* (Figura 14). Apesar dos mecanismos desse tipo de mutualismo não serem plenamente entendidos, é certamente muito vantajoso para uma vespa construir seu ninho perto de uma formiga muito mais agressiva do que ela e com um ninho muito populoso. Além disso, essas vespas têm mecanismo de defesa passiva que evitam a invasão do vespeiro pelas formigas. É certo que a ferroada dessas vespas possa dificultar a colheita, mas a conservação (em determinadas condições) pode se tornar benéfica ao agricultor, já que esses insetos são eficientes predadores de lagartas e outros insetos; desse modo as vespas sociais praticam um controle biológico natural ativo.

vii) Contribui para a disseminação da “podridão parda”, conduzindo, no seu corpo, as “sementes” do fungo causador dessa moléstia. Isso é certamente a nosso ver, o principal problema causado pela manutenção da caçarema nos cacauais como já apontado por Medeiros et al. (1993) (Figura 14). A podridão parda não é um problema ligado à formiga em particular, e sua disseminação é frequentemente favorecida por condições climáticas favoráveis quando a copa dos cacaueiros está densa e fechada. Onde ocorre a formiga a vegetação se torna mais frondosa e, como consequência, é certamente o fechamento desta, através do aumento da umidade no local, que favorece a disseminação da doença fúngica nas plantas no entorno do formigueiro. Certamente um manejo apropriado através de uma poda direcionada, facilitando a ventilação da plantação irá amenizar o problema com a podridão parda.

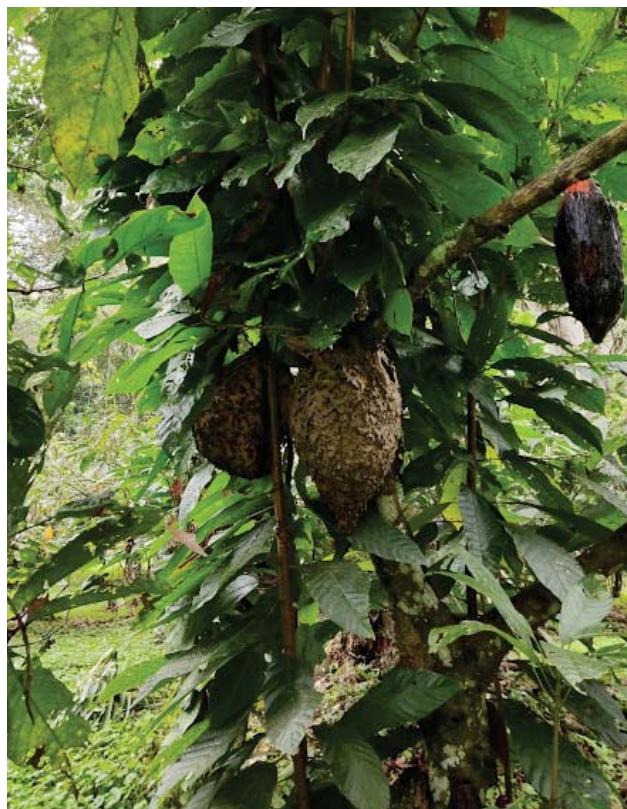


Figura 14 - Formigueiro de caçarema estabelecido num cacaual com dois dos principais problemas apontados por Gregório Bondar, Pedrito Silva e seguidores: presença de um ninho de *Polybia rejecta* e contaminação de fruto por podridão parda. Áreas Experimentais do Centro de Pesquisa do Cacau, 2023. Fotografia: Laís S. Bomfim.

Apesar destes diversos apontamentos negativos apresentados, não existem estudos recentes que demonstrem que *A. chartifex spiriti* seja um inseto que atingiu o “status” de praga no cultivo do cacau. Inclusive, esta espécie não está incluída na lista de pragas do cacaueiro e nem na lista de pragas gerais do AGROFIT (2024) ou nos livros clássicos de entomologia agrícola no Brasil, tais como “Inseticidas e seu emprego no combate às pragas” (Mariconi, 1976, 1988) e “Entomologia agrícola” (Gallo et al., 2002).

Perspectivas

Diante do que foi exposto, é importante considerar os benefícios potenciais que colônias de *A. chartifex spiriti* podem trazer para os sistemas agroflorestais cacaueiros. Os aspectos negativos considerados acima

e que nem sempre foram bem esclarecidos, se comprovadamente danosos aos cacaueiros, são, em sua grande maioria, fáceis de solucionar. O que se pode deduzir deste estudo é que existem grandes lacunas ainda a serem exploradas na relação entre a caçarema e o cultivo do cacaueiro, especialmente no que diz respeito ao controle biológico promovido por esta formiga nos sistemas agroflorestais.

Uma questão importante, que pode facilitar o controle biológico num programa de manejo ecológico das plantações de cacaueiros do Sul da Bahia, é de conseguir multiplicar os formigueiros. Tudo indica que a caçarema seja monogínica (uma única fêmea reprodutiva) e não há informação sobre a reprodução dessa formiga. Não existe nenhuma técnica conhecida de multiplicação de formigueiros bem-sucedida, pois nas condições de divisão de uma colônia em fragmentos a fim de espalhá-los numa plantação, como se vê frequentemente nas fazendas, esses entram em decadência irreversível em poucas semanas, só sobrevivendo o fragmento com a rainha. Já nos primeiros estudos científicos sobre pragas e manejo do cacaueiro, o Padre Camillo Torrend (1917-1919) recomendava fortemente de evitar essa prática.

Finalmente, como o mostram diferentes estudos publicados em anos recentes (Bitar et al., 2021, 2024; Miranda et al., 2021; Soares et al, 2022a, 2022b), há muito que ainda investigar sobre as formigas do grupo de *Azteca chartifex*, tanto pela sua natureza de espécie que domina o dossel, quanto à riqueza de suas interações bióticas com organismos extremamente diversificados. Além de ser um agente de controle biológico como enorme potencial de uso para uma agricultura mais saudável e sustentável, ela constitui um excelente modelo para estudos em ecologia de população e das interações.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao pessoal dos setores de comunicação, arquivos e de biblioteca da CEPLAC, em particular Marinalva Cordeiro, Jacqueline do Amaral, Josias José da Silva e Gildefran Alves Dimpino de Assis, por seu auxílio ou por disponibilizar seus acervos para a realização desta pesquisa. J.T.S. e L.S.B. agradecem suas bolsas de estudo da CAPES, J.L.S., sua bolsa PIBIC do CNPq. J.H.C.D. e C.S.F.M. são bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Literatura Citada

- ABREU, J. M. 1979. Formigas e ácaros do cacaueiro. IV Curso Internacional do Cacau. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. 10p.
- AGROFIT. SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. 2024. Brasília, DF, MAPA. Disponível em : <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 28/08/2024.
- ANÔNIMO. 1964a. Série - Inimigos do Cacaueiro, Formiga caçarema. Cacau Atualidades 1(4): 9-10.
- ANÔNIMO. 1964b. CEPEC: Mais de cem mil ninhos de pragas destruídos. Cacau Atualidades 1(11-12): 10.
- ANÔNIMO. 1965. Entomologistas ingleses comentam experiência aerofitossanitária da CEPLAC. Cacau Atualidades, 2(2): 25.
- APOSTILA CEPLAC. 1970. Pragas do Cacaueiro na Bahia e Espírito Santo. Apostilha de Curso. EMARC/CEPLAC/Uruçuca, BA. 11p. (Datilografado).
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. 2019. Carlos Brandão. Coleção História Contada do Banco Central do Brasil. v. 8. Brasília, DF, Banco Central do Brasil. 180p.
- BARTLETT, B.R. 1956. Natural predators. Can selective insecticides help to preserve biotic control? Agronomic Chemistry 11(2): 42-44.
- BENTON, F. P. 1979. Atividade diária da formiga caçarema *Azteca chartifex* Forel no cacaueiro. Informe Técnico n.182. CEPEC/CEPLAC/ Ilhéus, Bahia.
- BERBERT, P. R. F.; CRUZ, P. F. N. 1986. Níveis residuais de BHC nos principais rios e lagos da Região Cacaueira do Sul da Bahia, Brasil. Revista Theobroma 16(2): 89-96.
- BILLES, D. J. 1941. Pollination of *Theobroma cacao* L. in Trinidad. Tropical Agriculture 18(8): 151-156.
- BITAR, M. R. et al. 2021. Gram-negative bacteria associated with a dominant arboreal ant species outcompete phyllosphere-associated bacteria species in a tropical canopy. Oecologia 195: 959-970.
- BITAR, M. R. et al. 2024. Bacterial communities associated with a polydomous arboreal ant: inter-nest variation and interaction with the phyllosphere of a tropical tree. Myrmecological News 34:119-127.
- BONDAR, G. 1922. As lendas e a verdade sobre a formiga caçarema da Bahia e seu papel na lavoura. Chácaras e Quintais 26(4): 369-371.
- BONDAR, G. 1923. A formiga caçarema e seu papel na lavoura. Correio Agrícola (Bahia) 1(1) 12-15.

- BONDAR, G. 1925. O cacau – II. Moléstias e inimigos do cacau no Estado da Bahia. Salvador, Bahia, Secretaria da Agricultura, Indústria, Comunicação, Viação e Obras Públicas. 126p.
- BONDAR, G. 1926. Formiga cuyabana e formiga caçarema. Boletim de Patologia Vegetal do Estado da Bahia nº 3. Salvador, Bahia. pp. 95-97.
- BONDAR, G. 1938. Fatores Adversos e Moléstias do Cacau na Bahia. Instituto de Cacau da Bahia, Boletim Técnico nº 2, Série Pragas e Moléstias. Salvador, Bahia. 89p.
- BONDAR, G. 1939. Insetos Daninhos e Parasitas do Cacau na Bahia. Instituto de Cacau da Bahia, Boletim Técnico nº 5, Série Pragas e Moléstias, Bahia: Salvador, 112p.
- BONDAR, G. 1943. Gregório Gregorievich Bondar – Dados biográficos. Revista de Entomologia 14 (1-2): 313-319.
- CARSON, R. 1962. Silent Spring. Boston: Houghton Mifflin Harcourt. 368p.
- CRUZ, A. A. 2014. blog de Antônio de Almeida Cruz, antoniodealmeidacruz.wordpress.com, “CEPLAC”, postado em 20/07/2014 <consultado em 20/08/2024>
- DA SILVA FILHO, J.; NOMURA, H. 1981. Gregório Bondar (1881-1959) - Bibliografia. Instituto de Cacau da Bahia/ Itabuna, Bahia. 54p.
- DELABIE, J. H. C. 1988. Ocorrência de *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) em cacauais na Bahia. Revista Theobroma 18 (1):29-37.
- DELABIE, J. H. C. 1990. The ant problems of cocoa farms in Brazil. In: Vander Meer, R. K.; Jaffe, K.; Cedeño, A. (Eds). Applied Myrmecology: a World Perspective. Boulder (Colorado, USA): Westview Press. pp.555-569.
- DELABIE, J. H. C. 2001. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. Neotropical Entomology 30(4): 501-516.
- DELABIE, J. H. C.; MARIANO, C. S. F. 2001. Papel das formigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) no controle biológico natural das pragas do cacau no Brasil: síntese e limitações. In: International Cocoa Research Conference, 13, Volume 1 (Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 2000), Cocoa Producer's Alliance, Percetakan Pendalamen Keningau, Sabah, Malásia. Proceedings. pp.725-731.
- DELABIE, J. H. C.; BENTON, F. P.; MEDEIROS, M. A. 1991. La polydomie chez les Formicidae arboricoles dans les cacaoyères du Brésil: optimisation de l'occupation de l'espace ou stratégie défensive?. Actes des Colloques Insectes Sociaux 7:173-178.
- DELABIE, J.H.C. et al. 2007. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. Biodiversity and Conservation 16: 2359-2384.
- DELABIE, J.H.C. 2021. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. Neotropical Entomology 30(4): 501-516.
- FOWLER, H. G.; MEDEIROS, M. A.; DELABIE, J. H. C. 1996. Carton nest allometry and spatial patterning of the arboreal ant *Azteca chartifex spiriti* (Hymenoptera, Formicidae). Revista Brasileira de Entomologia 40(3/4): 337-339.
- GALLO, D. et al. 2002. Entomologia agrícola. Piracicaba, SP, FEALQ. 920p.
- GARCEZ, A.N.R. 1981. Centenário de Gregório Bondar. Salvador, Bahia, Instituto de Cacau da Bahia. 149p.
- GEIER, P. W.; CLARK, L. R. 1961. An ecological approach to pest control. In: Eighth Technical Meeting. International Union of Conservation of Nature and Natural Resources, Warsaw. Proceedings. pp.10-18.
- GEIER, P. W. 1966. Management of insect pests. Annual Review of Entomology, 11(1): 471-490.
- JOHNSON, C. et al. 2001. *Acropyga* and *Azteca* ants (Hymenoptera: Formicidae) with scale insects (Sternorrhyncha: Coccoidea): 20 million years of intimate symbiosis. American Museum Novitates (3335): 1-18.
- KOCH, E. B. A. et al. 2020. Diversity and structure preferences for ant-hemipteran mutualisms in cocoa trees (*Theobroma cacao* L., Sterculiaceae). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais, 15 (1): 65-81.
- LAVIGNE, G L. 1989. Abordagem ao cultivo do cacau, Novas Propostas, uma experiência Vitoriosa na Fazenda Luliana. 162p.
- LE GUEN, R. et al. 2015. Reciprocal protection from natural enemies in the ant-wasp association. Comptes Rendus Biologies 338(4): 255-259.
- LESTON, D. 1973. The ant mosaic, tropical tree crops and the limiting of pests and diseases. Proceedings of the National Academy of Sciences 19: 311-341.
- LESTON, D. 1978. A Neotropical ant mosaic. Annals of the entomological Society of America 71(4): 649-653.
- MAIA, V. B.; BUSOLI, A. C.; DELABIE, J. H. C. 2001. Seletividade fisiológica de endossulfam e deltametrina

- às operárias de *Azteca chartifex spiriti* For. (Hymenoptera: Formicidae) em agrossistema cacaueiro do sudeste da Bahia. *Neotropical Entomology* 30 (3): 449-454.
- MAJER, J. D. 1972. The ant mosaic in Ghana cocoa farms. *Bulletin of Entomological Research* 62: 151-160.
- MAJER, J. D. 1993. Comparison of the arboreal ant mosaic in Ghana, Brazil, Papua New Guinea and Australia – its structure and influence on arthropod diversity. In: LASALLE, J.; GAULD, I. D. (Eds.). *Hymenoptera and Biodiversity*. Wallingford, CAB International. pp.115-141.
- MAJER, J. D.; DELABIE, J. H. C. 1993. An evaluation of Brazilian cocoa farm ants as potential biological control agents. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 10(1): 43-49.
- MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C.; SMITH, M.R.B. 1994. Arboreal ant community patterns in Brazilian cocoa farms. *Biotropica* 26(1): 73-83.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. 1985. Portaria nº 329, de 02 de Setembro de 1985.
- MARICONI, F. A. M. 1976. Inseticidas e seu emprego no combate às pragas. Tomo II - Pragas das plantas cultivadas e dos produtos armazenados. 3 ed. São Paulo, Nobel. 466p.
- MARICONI, F. A. M. 1988. Inseticidas e seu emprego no combate às pragas. Tomo II- Pragas das plantas cultivadas e dos produtos armazenados. 6 ed. São Paulo, SP, Nobel. 466p.
- MEDEIROS, M.A.; FOWLER, H.G; DELABIE, J.H.C. 1993. Interactions of Black Pod Disease (*Phytophthora* spp.) and the ant, *Azteca chartifex spiriti*, in Bahian cocoa plantations. *Agrotrópica* 5(3):65-68.
- MEDEIROS, M. A.; FOWLER, H.G; BUENO, O.C. 1995. Ant (Hym., Formicidae) mosaic stability in Bahian cocoa plantations: implications for management. *Journal of Applied Entomology* 119:411-414.
- MEDEIROS, M. A.; DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H.G. 1999a. Formiga ataca pragas do cacau. *Ciência Hoje* 26 (152): 59-61.
- MEDEIROS, M. A.; DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H.G. 1999b. Predatory potential of the ant *Azteca chartifex spiriti* (Hymenoptera: Formicidae). *Científica* (São Paulo) 27(1/2): 41-46.
- MIRANDA, V. L. et al. 2021. Nest spatial structure and population organization in the Neotropical ant *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Hymenoptera, Formicidae, Dolichoderinae). *Annales de la Société entomologique de France*, 57(6): 499-508.
- MONTOYA, L. J.; RAM, A.; MEDEIROS, A. G. 1980. Estudo da economicidade do controle da podridão parda do cacaueiro com fungicida cúprico aplicado por helicóptero. *Boletim Técnico* n.79. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. 37p.
- NAKAYAMA, K. 2023. Polinização e técnica de infestação artificial do cacaueiro (*Theobroma cacao* L. 1737) com o pulgão *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemíptera: Aphididae]. *Agrotrópica* 35(1):61-84.
- NAKAYAMA, K.; COSTA e SOUZA, I. 2024. Polinização do cacaueiro. In: *Inovações tecnológicas no cultivo e exploração do cacaueiro*. VIRGENS FILHO, A.C.; PRADO, J. E. B.; CONCEIÇÃO, M. J.(eds.). Brasília, DF, MAPA. (no prelo).
- PEREIRA, J. L. ; CRUZ, P. F. N. 1984. Novas técnicas no controle de doenças e pragas do cacaueiro. *Boletim Técnico* n. 124. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. 23p.
- POUVREAU, A. 1984. Quelques cultures fruitières des régions tropicales. In *Pollinisation et Productions Végétales*. PESSION, P.; LOUVEAUX (eds.). Paris: INRA. pp.409-426.
- RANGEL, J. F. (Org.). 1982. CEPLAC, Cacau, Ano 25, Desenvolvimento e Participação. Brasília, DF, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA). 178p.
- REIS, Y. T.; DELABIE, J. H. C.; CANCELLA, E. M. 2009. Térmitas (Insecta: Isoptera) da Reserva Zoobotânica do Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brasil. *Agrotrópica* 21(2):103-108.
- RIBEIRO, S.P. et al. 2013. Competition, resources and the ant (Hymenoptera: Formicidae) mosaic: a comparison of upper and lower canopy. *Myrmecological News*, 18:113-120.
- ROOM, P.M. 1971. The relative distribution of ant species in Ghana's cocoa farms. *Journal of Animal Ecology* 40:735-751.
- SANCHEZ, S. E. M. 2011. Cacau e Graviola: descrição e danos das principais Pragas de insetos. Editora Editus. Ilhéus, Bahia. 147p.
- SILVA, A. J. R.; BAKER, P. M.; BENTON, F. P. 1982. Estudo da biologia da formiga caçarema (*Azteca chartifex spiriti* Forel) associada ao cacaueiro na Bahia. *Informe Técnico* n. 87. Ilhéus, Bahia, CEPEC/CEPLAC.
- SILVA, P. 1944. Insect pests of cocoa in the state of Bahia, Brazil. *Tropical Agriculture* 26: 8-14.

- SILVA, P. 1946. Formiga caçarema versus formiga de enxerto. Instituto de Cacau da Bahia, v. 14. Itabuna, BA. pp.1-3.
- SILVA, P. 1950. The coccides of cacao in Bahia, Brazil. Bulletin of entomological Research 41(1): 119-120.
- SILVA, P. 1955. A formiga caçarema e o cacauzeiro. Junta Executiva de Combate às Pragas e Doenças do Cacau. Instituto Biológico da Bahia. Salvador, Bahia. 13p.
- SILVA, P. 1957. Problemas entomológicos do cacauzeiro com referência especial à Bahia. Reunião do Comitê Técnico Interamericano de Cacau, 6. pp. 59-72.
- SILVA, P. 1964. Lançamento da “Campanha de Combate às Pragas e Moléstias do Cacau”. Palestra Pronunciada por Pedrito Silva, F.R.E.S. (London), CEPEC/CEPLAC. Ilhéus, Bahia. 7p. (Datilografado).
- SILVA, P.; BASTOS, G.A.C.; VIEIRA, J.R. 1965. Tratamento aerofitossanitário de cacauais. Relatório Anual 1964. Ilhéus, Bahia, CEPEC/CEPLAC. pp.34-38.
- SILVA, P.; VASCONCELOS, A.P.; MOURA, L.P.; COX, R.R. 1964. Considerações gerais sobre a área do Centro de Pesquisas. Cacau Atualidades 1(3): 3-10.
- SMITH FIGUEROA, G. E. (Coord.). 1990. Cultivo do cacauzeiro no estado do Espírito Santo. Ilhéus, Bahia, CEPLAC-CEPAC. 52p.
- SOARES, G. R. et al. 2022a. Positive effects of ants on host trees are critical in years of low reproduction and not influenced by liana presence. Basic and Applied Ecology 63:93-103.
- SOARES, G. R. et al. 2022b. Territory and trophic cascading effects of the ant *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) in a tropical canopy. Myrmecological News 32:103-113.
- SOMAVILLA, A. et al. 2013. Associação entre colônias de vespas, formigas e aves na Amazônia Central. Biota neotropical 13(2). <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000200031>
- SORIA, J.; ALVIM, P. T.; KNOKE, J. 1965. Aspectos atuais do cultivo de cacau na América Latina, II – Problemas fitopatológicos e entomológicos. Cacau Atualidades 2(2): 57-60.
- SORIA, S. J. 1993. Pedrito Silva (1917-1990). Revista Brasileira de Zoologia 10(3): 535-536.
- SOUZA, M. M.; PIRES, E. P.; PREZOTO, F. 2013. Nidification of *Polybia rejecta* (Hymenoptera: Vespidae) associated to *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) in a fragment of Atlantic Forest, in the state of Minas Gerais, southeastern Brazil. Biota Neotropica 13(3). Disponível em: <http://www.biota-neotropica.org.br/v13n3/en/abstract?short-communication+bn02513032013>.
- TOLEDO-HERNÁNDEZ, M. et al. 2021. Landscape and farm-level management for conservation of potential pollinators in Indonesian cocoa agroforests. Biological Conservation 257:109106.
- TORREND, G. 1917. Moléstias do Cacaueiro. Associação Commercial de Ilhéus, Ilhéus, Bahia. 30p.
- TORREND, G. 1918. Moléstias do Cacaueiro. Resultados da Comissão Torrend. Ed. Pap. Commercial. Uruguayan, Rio de Janeiro. 19p.
- TORREND, G. 1919. As moléstias do cacaueiro em Ilhéus (Bahia). Broteria (Portugal) 16: 264-278.
- VELLO, F. 1971. Observações sobre polinização do cacaueiro na Bahia. In: International Cocoa Research Conference, 3, Accra, 1969. pp.565-575.
- VELLO, F.; MAGALHÃES, W. S. 1971. Estudos sobre a participação da formiga caçarema (*Azteca chartifex spiriti* Forel) na polinização do cacaueiro na Bahia. Theobroma ' 1(4): 29-42.
- VENTOCILLA, J. A. et al. 1966. Introdução ao estudo do polvilhamento aéreo em cacauais da Bahia. Ilhéus, Bahia, CEPEC/CEPLAC. 54p.
- WHEELER, J.W. et al. 1975 Cyclopentyl ketones: identification and function in *Azteca* ants. Science 187: 254-255.
- WINDER, J.A. 1978. The role of non-dipterous insects in the pollination of cocoa in Brazil. Bulletin of Entomological Research 68: 559-574.
- ZUCCHI, R. A.; PARRA, J. R. 2023. Entomological Society of Brazil (SEB) – Golden Jubilee. Neotropical Entomology 52: 345-350.

SCIENTIFIC NOTE

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF ASCOMYCETOUS GENERA *Biscogniauxia* (GRAPHOSTROMATACEAE), *Kretzschmaria* AND *Stilbohypoxylon* (XYLARIACEAE) FROM BAHIA, BRAZIL

Cristiano Santana da Silva^{1*}, Francisco J. Simões Calaça^{3,4}, Jadegudson Pereira^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal/UESC. ²Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais/ Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Rodovia Jorge Amado, km 16, Bairro Salobrinho, 45662-900, Ilhéus, Bahia. ³Laboratório de Pesquisa em Ensino de Ciências – LabPEC, Centro de Pesquisas e Educação Científica, Universidade Estadual de Goiás, Campus Central (CEPEC/UEG), Anápolis, GO, 75132-903, Brazil. ⁴Mycokosmos – Mycology and Scientific Communication, Rua JP 11, Quadra 18, Lote 13, Jd. Primavera 1^a etapa, 75090-260, Anápolis, GO, Brazil.

*Corresponding author: cristiano.mykes@gmail.com

The xylariaceous fungi are among the most diverse group of fungi found on the Tropics, some genera reaching over 100 known species and colonizing different hosts and substrates. Although most of them are saprobes, some species present pathogenic behaviour, causing from root rot to canker. The present study brings the first report of *Biscogniauxia citriformis* var. *macrospora*, *B. uniaciculata*(Graphostromataceae) and *Stilbohypoxylon samuelsii* (Xylariaceae) from Brazil and *Kretzschmaria micropus* (Xylariaceae) from Bahia, contributing to the knowledge of the xylariaceous fungi and Brazilian Funga.

Key words: Fungal diversity, taxonomy, Xylariales.

Contribuição ao conhecimento dos gêneros de ascomicetos *Biscogniauxia* (Graphostromataceae), *Kretzschmaria* e *Stilbohypoxylon* (Xylariaceae) na Bahia, Brasil. Os fungos xilaríaceos estão entre os grupos mais diversos encontrados nos Trópicos, alguns gêneros com mais de 100 espécies conhecidas, colonizando diferentes hospedeiros e substratos. Apesar de a maioria ser sapróbia, algumas espécies são conhecidas por demonstrar comportamento patogênico, causando desde podridão radicular a cancro. O presente estudo apresenta o primeiro relato de *Biscogniauxia citriformis* var. *macrospora*, *B. uniaciculata* (Graphostromataceae) e *Stilbohypoxylon samuelsii* (Xylariaceae) para o Brasil e *Kretzschmaria micropus* (Xylariaceae) para a Bahia, contribuindo com o conhecimento dos fungos xilaríaceos e a Funga Brasileira.

Palavras-chave: Diversidade fúngica, taxonomia, Xylariales.

The Xylariaceae was recently re-organized based on a polyphasic approach (Wendt et al., 2018), relocating some typical xylariaceous genera such as *Biscogniauxia* Kuntze and *Camillea* Fries to Graphostromataceae, a previously, monotypic family represented by the genus *Graphostroma* Piroz. Despite obvious distinct morphological aspects of stromata, asci and ascospores among the genera cited above, the emendation proposed by Wendt et al. (2018) has demonstrated their phylogenetic affinity.

The name *Biscogniauxia* was established by Kuntze (1891), since *Nummularia* was a name already in use. According to Ju et al. (1998), this genus is characterized by bipartite, usually carbonaceous stromata, no pigments released in KOH, ascospores generally brown to dark brown, in most cases with a conspicuous germ slit, asci short stipitate with iodine-positive apical ring broader than higher.

Some species of *Biscogniauxia* are well-known pathogens of Beech trees: *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) Kuntze and *B. nummularia* (Bull.) Kuntze in Europe (Nugent et al., 2005; Patejuk et al., 2021), *B. rosacearum* in grapevines in Iran (Balmani et al., 2021), *B. nothofagi* Whalley, L1<ssøe & Kile in Beech trees in Australia and *B. uniaciculata* (Penz. & Sacc.) Whalley & Lassøe in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (Nugent et al., 2005). Although most xylariaceous fungi usually present a saprophyte lifestyle, Ju et al. (1998) stated that *Biscogniauxia* species are probably pathogens and facultative saprophytes, since it is also found on dead material.

Among the remnant genera of the Xylariaceae *sensu stricto* known to occur in Brazil, *Stilbohypoxylon* Henn. and *Kretzschmaria* Fr. are interesting genera still poorly documented in Brazil, with 3 and 13 species reported, respectively. *Kretzschmaria deusta* (Hoffm.) P.M.D. Martin and *K. zonata* (Lev.) P.M.D. Martin, are known to cause disease in several plant species, including in Brazil (Cristini et al., 2022; Alfenas et al.; Cordin et al., 2021), while no reports of this type of behaviour are known from *Stilbohypoxylon*.

According to Rogers and Ju (1997) Sir et al. (2013), *Stilbohypoxylon* is characterized by spherical, gregarious stromata, with or without conical to acicular synnematal remnants borne on mature stromata, surface overlain with yellow, greenish-yellow or

ochraceous scales at an early age. The ascospores are brown to dark brown, varying from 20 to 40 µm in length, with straight to sigmoid or spiral germ slit.

Kretzschmaria presents more variable morphology, with stromata clavate, turbinate, obconical, discoid to effused-pulvinate, densely aggregated, some species bearing umboes or spines on top, short to long stipitate, internal tissue usually darkening and disintegrating with age. Ascospores brown to blackish brown, ellipsoid to fusoid, inequilateral, reaching almost 100 µm, with straight to sigmoid germ slit. (Rogers and Ju, 1998).

The lack of studies focused on this group leaves a gap in how truly diverse they are in Brazil, a huge country known for high levels of biodiversity. Hence, the present study aims to contribute to the knowledge of xylariaceous fungi from Atlantic Rainforest protected areas in Bahia, Brazil.

Stromata of *Biscogniauxia* were found on dead trees of *Psidium guajava* L. (common guava) in the Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Serra do Teimoso, Jussari County, (15°08'00.0"S 39°31'00.0"W); specimens of *Stilbohypoxylon samuelsii* were collected in RPPN Serra do Teimoso, Jussari (15°09'39" S 39°31'26" W) in an excursion back in 2013 by Jadergudson Pereira and *Kretzschmaria micropus* in RPPN Espinita, Igrapiúna County (13°52'31" S 39°09'09" W) and Parque Estadual Serra do Conduru, Uruçuca County (14°26'53" S 39°05'36" W).

After rehydration of dry material in distilled water, stromatal aspects such as shape, color, dimensions (length × width), consistency, perithecia (diameter when spherical or so; height × broad when tubular or obovoid); ascus dimensions (full length, spore part and stipe, if not degraded) and amyloid reaction (I⁺) of apical plug in lugol, ascospore color, dimensions, shape and germ slit were measured with Piximètre Piximetre 5.10 (<http://ach.log.free.fr/Piximetre/>). Photomacrophotographs were taken with a smartphone directly into the eyepiece of a stereomicroscope Leica EZ4 for higher magnifications. Photomicrographs were taken as above on a Leica DM500 (100x) equipped with a camera ICC50 HD connected to a laptop and performed with Leica Application Suite EZ 3.4. Specimens were treated and deposited at the TFB/UESC Fungarium. Attempts to obtain the asexual stage were unsuccessful.

Biscogniauxia citriformis (Whalley, Hammelev & Talig.) Van der Gucht & Whalley var. *macrospora* Van der Gucht & Whalley, Mycol. Res. 96(10): 896 (1992) (Figure 1).



Figure 1 – *Biscogniauxia citriformis* var. *macrospora*. A – Stromata of *B. citriformis* (arrow) and *B. uniaciculata* (below) sharing the same host; B – Stromatal surface in close-up evidencing ostioles covered with white substance; C – Ascii with mature ascospores; D – Stroma in vertical section showing perithecia (arrows); E – Immature ascus in Lugol with I⁺ apical apparatus (arrow); F-H – Ascospores. Bars: A= 3 cm; B= 0.5 mm; C= 10 µm; D= 0.5 mm; E= µm; F-H= 20 µm.

Stromata: aplanate, orbicular to irregularly ellipsoid-lobed, surface black, carbonaceous tissue between and beneath perithecia, ostioles punctate, evenly distributed, plugged with whitish substance; perithecia short-cylindrical to tubular, 0.5-0.7 × 0.3-0.5 mm; ascii cylindrical, with 8 overlapping uniseriate ascospores, short-stipitate, the spore-bearing parts 121–145 × 10-11 µm, stipes 16–24 µm, apical apparatus 2–3 × 3.5–5 µm, bluing in Lugol, top larger than the base. Ascospores dark brown to blackish brown, ellipsoid-inequilateral with unequally pinched ends, (17-) 18-20 (-21) × 8-10 µm, inconspicuous straight germ slit spore-length or nearly

so, on the less convex side.

Comments: the stromatal characters of our specimen conform with *Biscogniauxia citriformis* var. *macrospora* of Fournier et al. (2017), although the ascus stipe and ascospores are slightly longer in the specimen presented herein. These variations are acceptable, since when comparing the ascus spore-bearing parts and short stipes, it matches well with their description of this species, as well as the morphology of ascospores, with the pinched ends observed. The specimens were curiously found to share the same host with *B. uniaciculata*.

Biscogniauxia uniaciculata (Penz. & Sacc.) Whalley & Læssøe, Mycol. Res. 94(2): 239 (1990) (Figure 2).

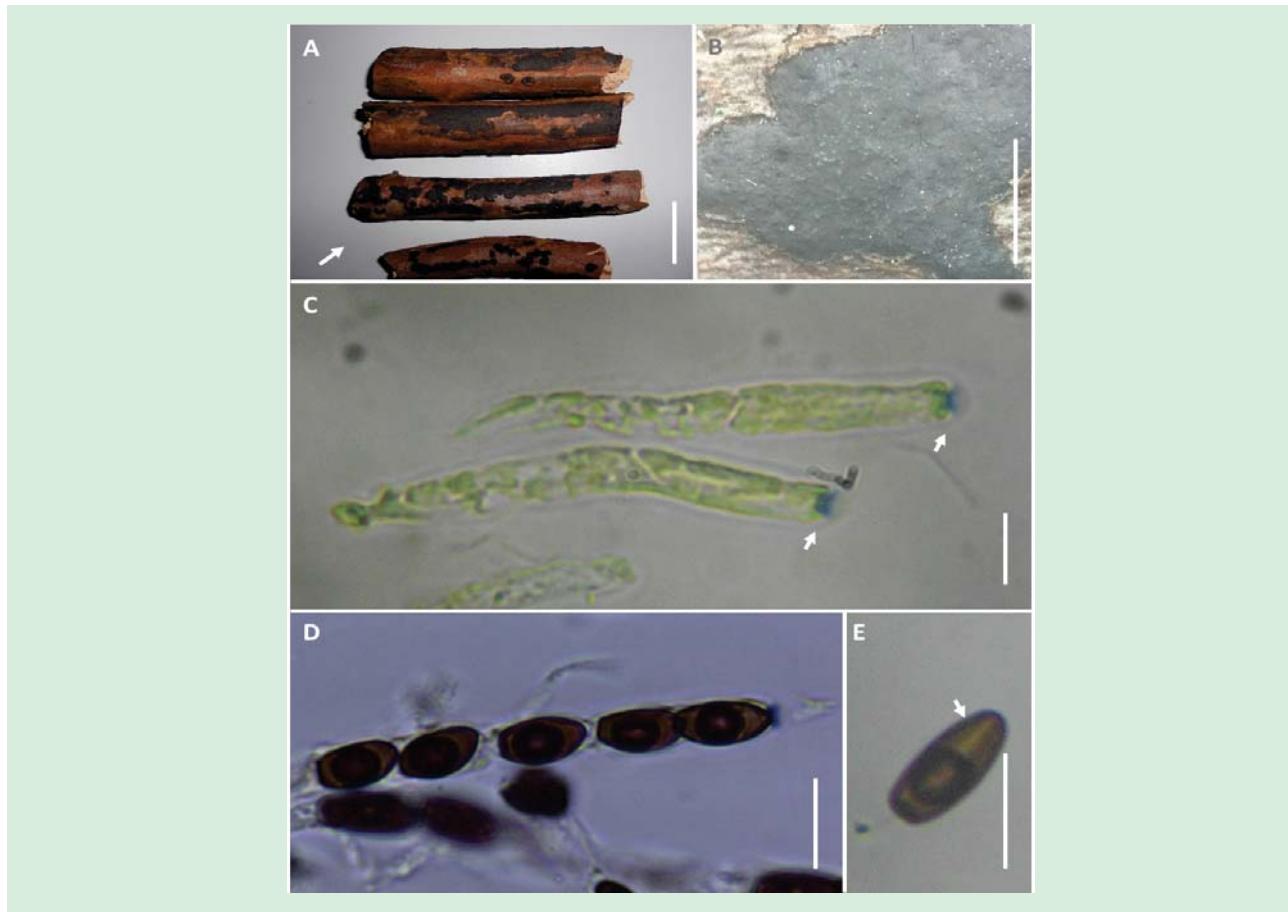


Figure 2 – *Biscogniauxia uniaciculata*. A – *B. citriformis* var. *macrospora* and *B. uniaciculata* (arrow); B. Upper view of stroma of *B. uniaciculata* showing surface and ostioles (greyish dots); C. Young asci with I⁺ apical apparatus (arrows) in Lugol; D. Ascospores with a blunted end indicating loss of appendage; E – Ascospore with a straight germ slit (arrow). Bars: A=3 cm; B= 5 mm; C= 6 µm; D, E= 10 µm.

Stromata: applanate, irregular to ellipsoid-lobed, sometimes coalescing into a longer stroma, (1.2–) 2–5.7 × (0.5–) 0.6–1.0 cm, 0.4–0.5 mm thick, outer dehiscing layer dark brown to black, carbonaceous immediately under the surface and between perithecia; tissue between perithecia inconspicuous, ostioles mostly inconspicuous, at the same level or lower than stromatal surface, with openings punctuate, some overlain with white to greyish substance. Perithecia obovoid to oblong, (0.3–) 0.4–0.5 × 0.15–0.25 mm. Asci cylindrical, uniseriate, 80–97 total length, 5–6 µm broad, the spore bearing-part 74–82 µm long, stipes 6–15 µm long, apical apparatus, discoid to slight trapezoid, 1–2 × 2–2.5 µm, bluing in Lugol; ascospores brown, ellipsoid, nearly equilateral, with one end broadly rounded and the other truncate bearing a small

appendage, mostly collapsed or absent, (8–) 9–10 × 4–5 µm without the appendage, germ slit almost spore-length on either side.

Comments: *Biscogniauxia uniaciculata* is an interesting species, presenting appendaged ascospores or a truncate end evidencing the loss of the appendage (Ju et al., 1998). Fournier et al. (2017) collected this species in Guadeloupe and Martinique. This is not the first report of *B. uniaciculata* on *Psidium guajava* or a host of the Family Myrtaceae, this species is well-known in East Asia and Hawaii (Rogers & Ju, 2012). It was reported by Nugent et al. (2005) as the causative agent of Canker on *Eucalyptus*, although we are not certain if it is pathogenic to *P. guajava* and further studies should be done to prove its pathogenicity to this host.

Stilbohypoxylon samuelsii J.D. Rogers & Y.M. Ju, Mycol. Res. **101**(2): 137 (1997) (Figure 3).



Figure 3 – *Stilbohypoxylon samuelsii*. A. Stromata on the substrate; B. Stromata in close-up showing irregular surface and ostioles (arrow); C. Stromata in close-up showing synnematal remnants (arrows); D. Ascus with immature spores in lugol and cotton blue; E. Ascus in Lugol with apical apparatus I⁺ (arrow); F-H. Ascospores (arrows= germ slit). Scale Bars: F= A= 1.5 mm; B, C= 1 mm; D, E= 10 µm; 30 µm.

Stromata: perithecioid, subglobose to spherical, gregarious, 0.5–1.3 mm diam., usually bearing, or not, a conical to acicular synnematal remnant; surface black, rugulose, sometimes overlain with ochraceous scales becoming black in mature stromata, interior black, texture hard, carbonaceous; perithecia:

spherical, 0.4–1 mm diam; ostioles: papillate, some encircled with a vaguely flattened area. Asci seldomly 210 to 300 µm in total length × 12–15 µm broad, with apical ring bluing in Lugol, cylindrical, 9.7–12.5 µm high × 5.1–6.3 µm broad. Ascospores: dark brown, unicellular, ellipsoid-inequilateral, with narrowly

rounded ends, (31.9–) 32.5–38.3 (–39) × (10–) 10.4–12.7 (–14.7) µm, with straight germ slit nearly spore length, surface smooth.

Material examined: Brazil. Bahia, Jussari: RPPN Serra do Teimoso, wood, 13.III.2013, leg. Jad. Pereira, Det. C. Silva & Jad. Pereira.

Comments: *Stilbohypoxylon samuelsii* was unknown from Brazil until now. The ascospores measuring up to 30–40 µm in length with a straight germ slit slightly less than spore length are very characteristic

of this species. Petrini (2004) stated that *S. samuelsii* is a synonym of *S. immundum* (Berk. & M.A. Curtis) L.E. Petrini, although both are distinct species on Index Fungorum and Mycobank databases. Despite that, they are, indeed, quite similar, as shown in table 1 below.

As seen in Table 1, both species indeed share similar stromatal features and overlapping ascospore and ascus plug dimensions, thus, probably Petrini (2004) is correct about placing *S. samuelsii* as a synonym of *S. immundum*, which could be confirmed with phylogenetic analysis. Still, neither of these names was mentioned from Brazil before.

Table 1. Comparison of *Stilbohypoxylon samuelsii* and *S. immundum*

	Stromata	Ascospore dimensions	Ascal plug
<i>S. samuelsii</i> (present study)	Subglobose to spherical, bearing a conical to acicular synnematal remnants	(31.9–) 32.5–38.3 (–39) × (10–) 10.4–12.7 (–14.7) µm	Cylindrical, 9.7–12.5 µm high × 5.1–6.3 µm broad
<i>S. samuelsii</i> (Rogers & Ju, 1997)	Spherical, bearing a conical to acicular synnematal remnants	(27.5–) 30–36 (–40) × 8.5–11 (–13) µm	Somewhat coffin-shaped, 8–13 µm high × 5.5–7 µm broad
<i>S. immundum</i> (Petrini, 2004)	globose, subglobose, obovate to cupulate, cylindrical synnematal growing out from the upper part	(27.0–) 32.0 ± 3 (–39.0) × (8.5–)11 ± 1.5 (–14.0)	Cylindrical, 6–11 µm high × 4–7 µm broad.

Kretzschmaria micropus (Fr.) Sacc., Sylloge Fungorum (Abellini) 1: 389 (1882) (Figure 4).

Stromata: obconical to convex, surface blackish brown, usually containing one or two perithecia per stroma, 2.5–4 mm diam, densely aggregate, bearing at least one spine on top, attached to the substrate by a narrow connective, carbonaceous immediately beneath the surface, tissue between and beneath perithecia coriaceous to woody, brownish to black, disintegrating with age; ostioles: conical; perithecia: spherical to obovoid, 0.5–1.5 × 1.2–1.8 mm; asci: fragmented; ascospores brown to dark brown, ellipsoid, inequilateral, broadly round ends, 35–36.5 × 8–10 µm, straight germ slit less than spore length, surface smooth.

Material examined: Brasil. Bahia, Igrapiúna; RPPN Espinita, on bark, coll. C. Silva, det. C. Silva & Jad. Pereira, 17.II.2023; Serra do Conduru State Park, on rotten branches, coll. and det. C. Silva 01.IV.2023.

Comments: until the present study was finished, only one specimen identified as *Kretzschmaria*

micropus was found to occur in Bahia. This specimen is deposited at the CEPEC-Fungi collection (CEPEC-Fungi 2405), although it was not studied, since no access to this collection was granted, hence there is no confirmation if it is the mentioned species. *Kretzschmaria micropus* is known to occur in Amazonas, Pernambuco, São Paulo and Rio Grande do Sul under the name *K. spinifera*, which is but a synonym of *K. micropus* (Dennis, 1957; Rogers et al. 1998).

Table 2, below, presents *Biscogniauxia*, *Kretzschmaria* and *Stilbohypoxylon* species known to occur in Brazil, and clearly, the latter is indeed poorly documented since the 3 only species known to occur within the country were reported from Bahia, Santa Catarina, Pernambuco, Rio Grande do Sul and São Paulo (Flora e Funga do Brasil; specieslink, 2024), with *S. quisquiliarum* the most common.

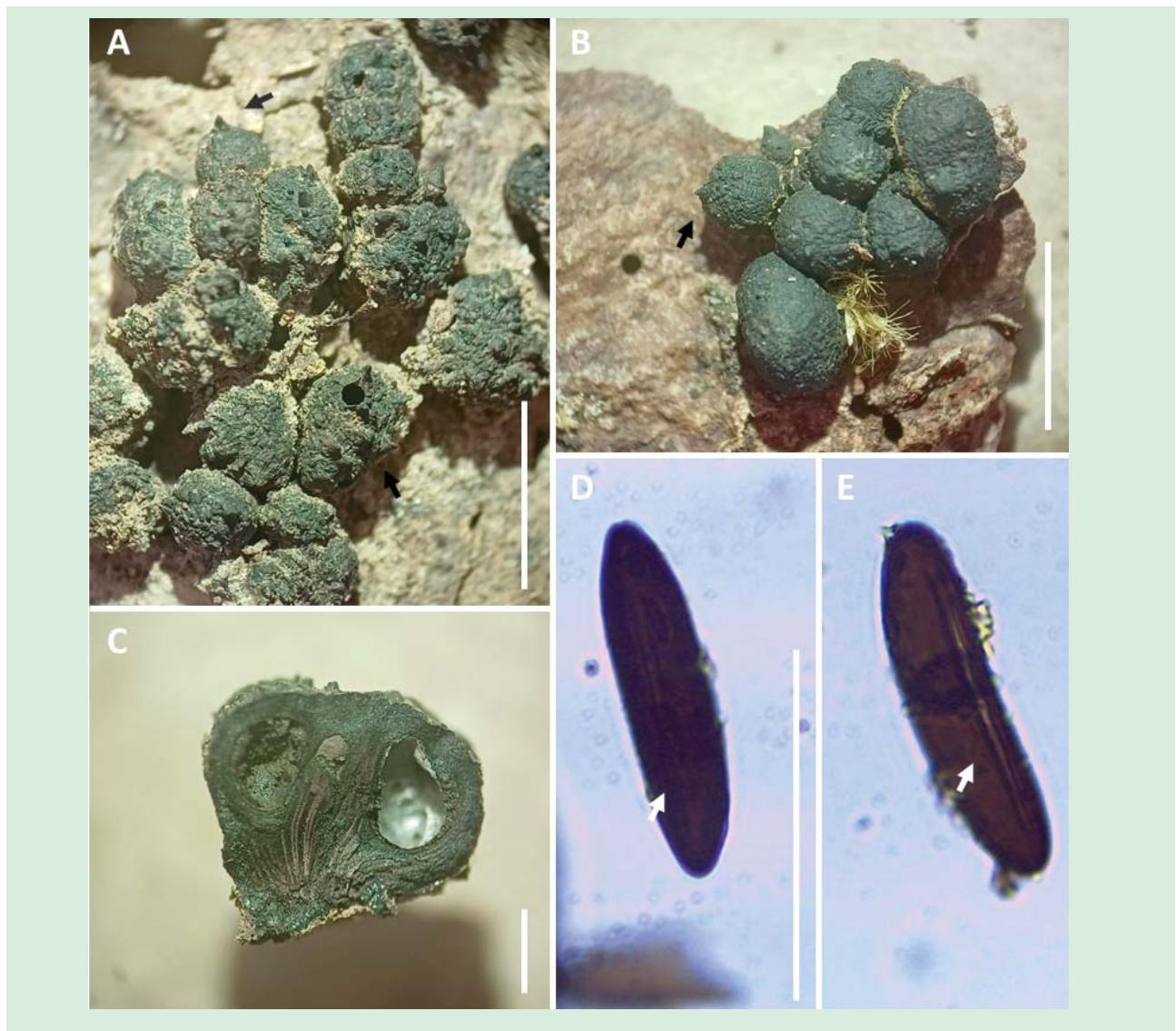


Figure 4 – *Kretzschmaria micropus*. A, B. Stromata with conspicuous obtuse projections (arrows); C. Vertical section of stroma evidencing perithecia and fibrous interior; D. Ascospore with faint germ slit (arrow); E. Ascospore with visible germ slit. Scale: A, B= 5 mm; C= 1.5 mm; D= 35 µm.

It is not certain if both or one of the species of *Biscogniauxia* presented herein caused the decay of the Guava trees or just colonized them after that, although the first possibility would not be a surprise, since *B. uniaciculata*, as mentioned previously, is already known as a causative agent of canker in *Eucalyptus*, which is from the same family of *P. guajava*. No mention of *B. citriformis* var. *macrospora* causing disease has been found so far. Studies focusing on the pathogenic behaviour of xylariaceous fungi are not common in Brazil, with

Rosellinia/Dematophora the most frequently mentioned (Oliveira et al., 2008; Kleina et al., 2018; Araújo et al., 2023). *Biscogniauxia citriformis* var. *macrospora* and *B. uniaciculata* were previously unknown from Brazil, which emphasizes the need for more studies on the xylariaceous fungi in the country.

Kretzschmaria seemingly has a wide distribution when compared to *Stilbohypoxylon*, being reported from 17 states, while the latter is known only from 5 states, which does not exactly mean the latter is rarer, but probably poorly known since there are just a few

Table 2. Species of *Biscogniauxia*, *Kretzschmaria* and *Stilbohypoxylon* known to occur in Brazil (according to Flora e Funga do Brazil and specieslink, 2024). AC= Acre, Am= Amazonas, BA= Bahia, CE= Ceará, ES= Espírito Santo, MT= Mato Grosso, PA= Pará, PB= Paraíba, PE= Pernambuco, PR= Paraná, RJ= Rio de Janeiro, RO= Rondônia, RS= Rio Grande do Sul, SC= Santa Catarina, SP= São Paulo

Species	Known occurrence
<i>B. capnodes</i> (Berk.) Y.M. Ju & J.D. Rogers	AM, BA, PE, MG, RS, SC
<i>B. capnodes</i> var. <i>capnodes</i> (Berk.) Y.M. Ju & J.D. Rogers	MG, RS
<i>B. capnodes</i> var. <i>rumpens</i> (Cooke) Y.M. Ju & J.D. Rogers	RS
<i>B. capnodes</i> var. <i>theissenii</i> (Syd. & P.Syd.) Y.-M. Ju & J.D. Rogers	RS
<i>B. cinereolilacina</i> (J.H. Miller) Pouzar	SP
<i>B. communapertura</i> Y.-M. Ju & J.D. Rogers	RS
<i>B. divergens</i> (Theiss.) Whalley & Laessøe	RS
<i>B. mediterranea</i> (De Not.) Kuntze	PE, RS
<i>B. nummularia</i> (Bull.) Kuntze	RS
<i>B. repanda</i> (Fr.) Kuntze	AM
<i>B. sinuosa</i> (Theiss.) Y.-M. Ju & J.D. Rogers	RS
<i>B. waitpela</i> Van der Gucht	BA
<i>K. aspinifera</i> Jad. Pereira, J.D. Rogers & J.L. Bezerra	BA, PE
<i>K. berkeleyana</i> (Cooke) Berl. & Voglino	PE, RS
<i>K. cetrariooides</i> (Welw.) Sacc.	AC, AM, BA, CE, MT, PB, PE, RJ, RO, RS, SP
<i>K. clavus</i> (Fr.) Sacc.	AC, AM, BA, ES, MT, PA, PB, PE, PR, RJ, RO, RS, SP,
<i>K. curvirima</i> J.D. Rogers & Y.M. Ju	AM, PE
<i>K. deusta</i> (Hoffm.) P.M.D. Martin	SC
<i>K. guyanensis</i> J.D. Rogers & Y.M. Ju	AM
<i>K. lucidula</i> (Mont.) Dennis	AM, RS
<i>K. micropus</i> (Fr.) Saccardo	AM, PA, PB, PE, RS, SP, BA (this study)
<i>K. neocalledonica</i> (Harr. & Pat.) J.D. Rogers & Y.M. Ju	PE
<i>K. pavimentosa</i> (Ces.) P.M.D. Martin	AM, BA, PR, RO
<i>K. sandvicensis</i> (Reichardt) J.D. Rogers & Y.M. Ju	PR
<i>K. sigmoidirima</i> A.I. Hladki & A.I. Romero	SC
<i>S. moelleri</i> Henn.	SC
<i>S. samuelsii</i>	Brazil (this study)
<i>S. quisquiliarum</i> (Mont.) J.D. Rogers & Y.M. Ju	BA, CE, PE, SP, RS
<i>S. quisquiliarum</i> var. <i>quisquiliarum</i> (Mont.) J.D. Rogers & Y.M. Ju	BA, CE
<i>S. quisquiliarum</i> var. <i>microsporum</i> Jad. Pereira, J.D. Rogers & J.L. Bezerra	BA

mycologists dedicated to the Xylariaceae in Brazil. Pereira *et al.* (2009) described *K. aspinifera* from Bahia and, regardless of the nomenclatural similarity with the name *K. spinifera* (= *K. micropus*), the morphology of both species is completely different, with the former presenting stipitate stromata lacking spines or projections on the surface (thus [a]spinifera) and the latter presenting stromata with conspicuous conical projections on the surface, non-stipitate, more attached

to the substrate, usually with a narrow basal connective.

Serra do Conduru Park and RPPNs Serra do Teimoso and Espinita are interesting areas of the Atlantic Forest for exploring fungal diversity and should be given more attention, since, they had shown quite considerable diversity of fungal species collected on expeditions that resulted in the present study and others yet to be published. Despite Ascomycota being the

main group studied by researchers from TFB Fungarium and Phytopathology and Nematology Laboratory at UESC, Basidiomycota has shown to be diverse as well, and both groups deserve more attention within these areas, highlighting the importance of the RPPNs and other protected areas in the conservation of diversity.

Acknowledgements

The authors thank technical support from Parque Serra do Conduru and owners of RPPN Espinita and Serra do Teimoso for granting access and support. This study was partially financed by FAPESB – Financing code BOL0215/2020.

Literature Cited

- ALFENAS, R.F. et al. 2021. Root Collar Rot, a new lethal disease on *Tectona grandis* caused by *Kretzschmaria zonata* in Brazil. Plant Disease 105(1): 221. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-20-0641-PDN>.
- ARAÚJO, L.; PINTO, A. M. F.; OGOSHI, C.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. 2023. Etiologia, Sintomatologia e controle da roseliniose em fruteiras. Agropecuária Catarinense 36(1): 92-28. <http://doi.org/10.52945/rac.v36i1.1560>.
- BAHMANI, Z.; ABDOLLAHZADEH, J.; AMINI, J.; EVIDENTE, A. 2021. *Biscogniauxia rosacearum* the charcoal canker agent as a pathogen associated with grapevine trunk diseases in Zagros region of Iran. Sci Rep 11, 14098 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93630-w>
- CORDIN, G. et al. 2021. *Kretzschmaria deusta*, a limiting factor for survival and safety of veteran beech trees in Trentino (Alps, Northern Italy). iForest 14: 576-581. doi: 10.3832/ifor3830-014
- CRISTINI, V. et al. 2022. Degradation of beech wood by *Kretzschmaria deusta*: its heterogeneity and influence on dynamic and static bending properties. Holzforschung 76(9): 813-824. <https://doi.org/10.1515/hf-2022-0039>
- DENNIS, R. W. G. 1957. Further notes on tropical American Xylariaceae. Kew Bulletin 2(2):297-332.
- FOURNIER, J.; LECHAT, C.; COURTECUISSE, R.; MOREAU, P.A. 2017. The genus *Biscogniauxia* (Xylariaceae) in Guadeloupe and Martinique (French West Indies). Ascomycete.org 9(3): 67-99. doi: 10.25664/art-0202
- JU, Y. M.; ROGERS, J. D.; SAN MARTÍN, F.; GRANMO, A. 1998. The genus *Biscogniauxia*. Mycotaxon 66: 1-90.
- KLEINA, H. T.; SANTOS, A. F.; DUARTE, H. S. S.; MACHADO, E. B. 2018. Phisiological characterization of *Rosellinia bunodes* and symptomatology of *Rosellinia* root rot in Poplar seedlings. Revista Árvore (Brasil) 42(1): e420111. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882018000100011>.
- KUNTZE, O. 1891. *Revisio Generum Plantarum* 2, A. Felix, Leipzig, Germany. 398 p.
- NUGENT, L. K.; SIHANONT, P.; THIENHIRUN, S.; WHALLEY, A. J. S. 2005. *Biscogniauxia*: a genus of latent invaders. Mycologist 19(1):40-43. <https://doi.org/10.1017/S0269915X05001060>.
- OLIVEIRA, M. L.; MELO, G. L.; NIELLA, A. R. R.; SILVA, V. R. 2008. Black root rot caused by *Rosellinia pepo*, a new disease of the Clove tree in Brazil. Tropical Plant Pathology 32(2):90-95.
- PATEJUK, K.; BATURO-CIECĘNEWSKA, A.; PUSZ, W.; KACZMAREK-PIEŃCĘWSKA, A. 2022. *Biscogniauxia* Charcoal Canker-A New Potential Threat for Mid-European Forests as an Effect of Climate Change. Forests 13(89): <https://doi.org/10.3390/f13010089>.
- PEREIRA, J.; ROGERS, J. D.; BEZERRA, J. L. 2009. New Xylariaceae taxa from Brazil. Sydowia 61(2): 321-325.
- PETRINI, L.E. 2004. A revision of the genus *Stilbohypoxylon* (Xylariaceae). Sydowia 56(1): 51-71.
- ROGERS, J. D.; JU, Y. M. 1997. The genus *Stilbohypoxylon*. Mycol. Res. 101(2): 135-138.
- ROGERS, J.D.; JU, Y. M. 1998. The genus *Kretzschmaria*. Mycotaxon 68: 345-393.
- ROGERS, J. D.; JU, Y. M. 2012. The Xylariaceae of the Hawaiian Islands. North American Fungi, 7 (9): 1-35.

SPECIESLINK. 2024. Coleção micológica do Herbário Anchieta – Fungi Rickiani (PACA), Herbário Pe. Camille Torrend (URM). Available at <<http://www.specieslink.net/search/>> Access 13 Feb 2024.

WENDT, L. et al. 2018. Resurrection and emendation of the Hypoxylaceae, recognized from a multigene phylogeny of the Xylariales. *Mycological Progress* 17:115-154.



NOTA CIENTÍFICA

PRIMEIROS REGISTROS DE *Brassolis* sp. (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) E *Rhynchophorus palmarum* L. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM CULTIVOS COMERCIAIS DE AÇAIZEIRO (*Euterpe* spp.) EM RONDÔNIA

Rodrigo Souza Santos

Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14, CP 321, 69900-970, Rio Branco, AC, Brasil. rodrigo.s.santos@embrapa.br.

O açaizeiro (*Euterpe* spp.) apresenta importante relevância socioeconômica na região amazônica, especialmente para produtores familiares e extrativistas. Contudo, o conhecimento acerca das pragas associadas à cultura é escasso nessa região. Neste contexto, este trabalho visa apresentar os primeiros registros de associação da lagarta desfolhadora (*Brassolis* sp.) em açaizeiro-de-touceira e da broca-do-olho-do-coqueiro (*Rhynchophorus palmarum* Linnaeus, 1764) em açaizeiro-solteiro no estado de Rondônia. Devido ao potencial danoso dessas pragas ao cultivo, fazem-se necessários estudos que visem conhecer a sua distribuição geográfica no estado, além da sazonalidade de ocorrência, níveis de infestação, extensão dos danos e inimigos naturais associados.

Palavras-chave: Amazônia, Arecaceae, *Euterpe oleracea*, *Euterpe precatoria*, insetos-praga.

First records of *Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in commercial açaí palm tree (*Euterpe* spp.) plantations in the state of Rondônia, Brazil. The açaí palm tree (*Euterpe* spp.) has important socioeconomic relevance in the Amazon region, especially for family and extractive producers. However, knowledge about pests associated with the crop is scarce in this region. In this context, this study aims to present the first records of the association of the defoliating caterpillar (*Brassolis* sp.) in açaí tree clump and the coconut eye borer (*Rhynchophorus palmarum* Linnaeus, 1764) in “single açaí” palm trees in the state of Rondônia, Brazil. Due to the harmful potential of these pests to crops, further studies are necessary to understand their geographic distribution in the state, in addition to seasonality of occurrence, infestation levels, extend of damage, and associated natural enemies.

Key words: Amazon, Arecaceae, *Euterpe oleracea*, *Euterpe precatoria*, pest insects.

O açaizeiro pertence à família Arecaceae e é reconhecido como uma das frutíferas de maior importância socioeconômica para a região amazônica. Nesta região ocorrem duas espécies exploradas comercialmente: *Euterpe oleracea* Martius, 1824 e *Euterpe precatoria* Martius, 1842, conhecidos popularmente por açaizeiro-de-touceira e açaizeiro-solteiro, respectivamente (Henderson, 1995; Vieira et al., 2018; Oliveira et al., 2022). O potencial econômico atual destas espécies está voltado para a exploração do palmito e dos frutos no mercado de polpa *in natura* e/ou congelada, além de produtos derivados da polpa (Oliveira et al., 2022), os quais têm apresentado crescente demanda de mercado, extrapolando a fronteira amazônica, tornando-se popular nos centros urbanos de outros estados do Brasil e também no exterior (Conab, 2021).

Em 2022 a região Norte produziu 1.691.602 toneladas de frutos de açaizeiro. Deste montante, o estado de Rondônia contribuiu com 2.115 toneladas, em uma área de cultivo correspondente a 357 ha e rendimento médio de 6.589 kg/ha, ocupando o quarto lugar no ranking dos principais estados produtores nacionais (IBGE, 2023).

Por ser uma espécie nativa e apresentar um mercado em ascensão, políticas públicas do governo de Rondônia têm sido estruturadas visando alavancar a cadeia produtiva do açaizeiro, a fim de desenvolver a agricultura familiar no estado (Damaceno, 2022). Entretanto, quaisquer problemas que interfiram na produção, especialmente em plantios comerciais, impactarão negativamente na cadeia produtiva do açaizeiro na região amazônica. Dentre esses problemas, destacam-se os de ordem fitossanitária, especialmente no que tange aos insetos-praga associados à cultura (Souza e Lemos, 2004).

Apesar da relevância da cultura do açaizeiro para o estado de Rondônia, o conhecimento acerca das pragas associadas ao cultivo do açaizeiro (*Euterpe* spp.) no estado é escasso, havendo alguns relatos apenas para *E. oleracea*, tais como: o pulgão-preto-das-palmáceas *Cerataphis brasiliensis* (Hempel, 1901) (Hemiptera: Aphididae), o muricado *Ozopherus muricatus* Pascoe, 1872, a broca-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* Linnaeus, 1764 (Coleoptera: Curculionidae), a broca-do-estipe *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776)

(Lepidoptera: Castniidae) e o ácaro-vermelho *Tetranychus mexicanus* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae) (Vieira et al., 2018).

Neste contexto, este trabalho visa reportar infestações de insetos em cultivos comerciais de açaizeiro-de-touceira e açaizeiro-solteiro em áreas produtoras no estado de Rondônia.

Em agosto de 2023 foi realizada uma visita técnica em duas propriedades que cultivam comercialmente açaizeiros (solteiro e de touceira), no município de Porto Velho, RO. A primeira (P1), denominada “Chácara Filhos Martins” (09°45'10"S; 66°36'20"O), localizada no distrito de Nova Califórnia, possui área de plantio de aproximadamente 6 ha, com plantas de *E. oleracea* de 10 anos de idade, cultivadas em espaçamento de 6 x 8 m. A segunda (P2), denominada “Sítio Açaizal” (09°77'31"S; 66°35'31"O), localizada no distrito de Extrema, RO, possui área de plantio de aproximadamente 5 ha, com plantas de *E. precatoria* de 9 anos de idade, cultivadas em espaçamento de 6 x 3 m. Segundo os produtores, não foi realizado nenhum tipo de controle fitossanitário desde a implantação dos plantios, nas propriedades.

Em vistoria aos plantios, foi observada infestação de lagartas desfolhadoras na P1 e de coleóptero broqueador na P2. Com auxílio de pinça entomológica, espécimes dos lepidópteros e coleópteros foram capturados e acondicionados em frascos de vidro, sem meio conservante para os lepidópteros e álcool etílico (70%) para os coleópteros. Os insetos foram transportados até o laboratório da Embrapa Acre (Rio Branco, AC), sendo 10 lagartas acondicionadas em gaiola de criação telada visando à obtenção de adultos. Subsequentemente, os coleópteros foram montados e identificados sob microscópio estereoscópico com base nas literaturas de Bondar (1940), Ferreira e Lins (2006) e Ferreira e Queiroz (2021).

A gaiola em que estavam acondicionados os lepidópteros foi vistoriada diariamente. Foram obtidas seis pupas, mas sem emergência de adultos. No entanto, pelas características morfológicas e etologia das lagartas em campo pôde-se determinar que esses lepidópteros pertenciam ao gênero *Brassolis* (Figura 1).

No Brasil, as espécies *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) e *Brassolis astyra* Godart, 1824 (Lepidoptera: Nymphalidae: Morphinae), conhecidas como "lagartas-das-folhas" ou "lagartas-das-



Figura 1. Lagartas de *Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae) entre a bainha e estipe de *Euterpe oleracea*, em Nova Califórnia, RO. (Foto: Mauricilia Pereira da Silva).

palmeiras", são comumente encontradas associadas à arecáceas, cultivadas e/ou silvestres (Gallo et al., 2002; Ferreira et al., 2015; Lemos, Lins e Trevisan, 2016). Calzavara (1972) constatou a ocorrência de *B. astyra* em plantas de *E. oleracea* em área da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará em 1970, indicando que o açaizeiro é hospedeiro de lagartas desse gênero. Ferreira (2006) menciona que lagartas de *B. sophorae* são desfolhadoras de várias arecáceas, incluindo o açaizeiro (*Euterpe* spp.).

Lagartas de *B. sophorae* atingem de 80 a 90 mm de comprimento, possuem cabeça castanhavermelhada, corpo com listras longitudinais marrom-escuras e claras e são recobertas por fina pilosidade (Ferreira et al., 2015). Já as lagartas de *B. astyra* atingem até 85 mm de comprimento, possuem cabeça quase negra, corpo com listras longitudinais branco-esverdeadas e são recobertas por pubescência esbranquiçada. Lagartas de ambas as espécies são gregárias desde o primeiro instar. Elas se abrigam durante o dia em ninhos construídos com folíolos de suas plantas hospedeiras ou se escondem em vãos do tronco ou junto às bainhas das folhas, em grupos de até uma centena de indivíduos (Moura e Rezende,

2009). No período vespertino, as lagartas saem para se alimentar dos folíolos, provocando o desfolhamento parcial ou total das plantas (Gallo et al., 2002; Moura e Rezende, 2009). Cada lagarta pode consumir de 500 cm² a 600 cm² de área foliar, resultando em completo desfolhamento da palmeira quando em altas infestações (Ferreira, 2006).

Na P1 foi verificado intenso desfolhamento em plantas de *E. oleracea* infestadas por *Brassolis* sp., com infestação de 16% dos açaizeiros. Esse nível de infestação foi baseado na observação de 36 plantas, com registro de seis açaizeiros infestados. A observação foi realizada por meio de caminhamento em linha reta, em duas linhas de plantio (18 plantas/linha), numa área de aproximadamente 864 m² (local onde foi registrado o ataque). Ademais, foi constatado que o ataque ocorreu em reboleira, não tendo sido uniforme em toda a extensão do plantio.

Na P2, a espécie de coleóptero associada às plantas de *E. precatoria* foi identificada como *R. palmarum* (Figura 2), besouro conhecido popularmente por "broca-do-olho-do-coqueiro". Insetos adultos dessa espécie medem entre 45 a 60 mm de comprimento, possuem coloração preto opaco, élitros com oito sulcos longitudinais e rostro bem desenvolvido e recurvado, recoberto por pelos rígidos no dorso do rostro nos machos (Moura, Sgrillo e Miguens, 2002; Lemos, Lins e Trevisan, 2016).

Rhynchophorus palmarum é um inseto polífago, com hábito gregário, atividade de voo diurna, comumente encontrado em campo durante todo o ano (Sánchez et al., 1993). Os adultos são vetores do nematoide *Bursaphelenchus cocophilus* (Coob, 1919) Baujard, 1989 (Nematoda: Aphelenchida),



Figura 2. Adulto da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* Linnaeus, 1764 (Coleoptera: Curculionidae). Foto: John Rheinheimer.

agente causal da doença conhecida por “anel vermelho”, letal ao coqueiro (Lemos, Lins e Trevisan, 2016). Além do coqueiro, *R. palmarum* ataca outras 23 espécies vegetais, incluindo o açaizeiro (*E. oleracea* e *Euterpe edulis* Martius, 1824) (Silva et al., 1968; Ferreira, 2006; Vieira et al., 2018), embora não se tenha relatos na literatura científica acerca da associação do inseto com *E. precatoria* no Brasil. Apenas uma matéria online reporta o ataque de *R. palmarum* e *Metamasius hemipterus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae) em plantas de *E. oleracea* e *E. precatoria*, em Codajás, AM (Portal do Agronegócio, 2018).

As larvas de *R. palmarum* são ápodas, recurvadas, de coloração branco-creme, medindo entre 5 a 6 mm de comprimento com mandíbulas robustas e esclerotizadas (Wattanapongsiri, 1966). As larvas perfuram os tecidos do estipe, construindo galerias que aumentam de diâmetro à medida que se desenvolvem. Em decorrência do ataque, as folhas mais novas mostram sinais de amarelecimento, murchamento e secamento, podendo provocar a morte de plantas (Lemos, Lins e Trevisan, 2016).

Na P2 foi verificado uma infestação de cerca de 20% na área do plantio, sendo observado plantas com folhas amareladas e murchas, bem como plantas já totalmente secas. Com auxílio de motosserra, cerca de 300 plantas mortas haviam sido retiradas, embora, segundo o produtor, não se tenha verificado a presença do anel vermelho em nenhum dos açaizeiros cortados.

Atualmente, não há produtos fitossanitários registrados junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária para o controle de *Brassolis* spp. e de *R. palmarum* em cultivos de açaizeiro (*Euterpe* spp.) (Agrofit, 2024). No entanto, é recomendado o monitoramento sistemático do plantio, bem como o emprego de métodos de controle utilizados em outras palmáceas, tais como: a) utilização de armadilhas de captura; b) eliminação de plantas mortas em campo; c) redução de ferimentos em plantas sadias; d) retirada e destruição dos ninhos das lagartas; e) eliminação de palmeiras hospedeiras alternativas (Moura, Sgrillo e Miguens, 2002; Moura e Rezende, 2009; Lemos, Lins e Trevisan, 2016;), visando à redução da população dessas pragas no açaizal e proximidades.

Este artigo relata a ocorrência de *Brassolis* sp. em *E. oleracea* e de *R. palmarum* em *E. precatoria*, sendo os primeiros registros dessas pragas associadas a cultivos comerciais de açaizeiro no estado de Rondônia. Devido à expressão socioeconômica que o açaizeiro-de-touceira e açaizeiro-solteiro têm para a toda a região Norte do Brasil e pelo potencial danoso que essas pragas apresentam para os cultivos comerciais dessas arecáceas, são necessários estudos que visem conhecer sua distribuição geográfica no estado, além da sazonalidade de ocorrência, níveis de infestação, extensão dos danos e inimigos naturais associados.

Literatura Citada

- AGROFIT – SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. 2024. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 01 abr. 2024.
- BONDAR, G. 1940. Insetos nocivos e moléstias do coqueiro (*Cocos nucifera*) no Brasil. Salvador, BA, Tipografia Naval. 160p.
- CALZAVARA, B. B. G. 1972. As possibilidades do açaizeiro no estuário amazônico. In: Simpósio internacional sobre plantas da flora amazônica. Belém, PA, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. Boletim nº 5. 102p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Histórico mensal açaí - dezembro 2020. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai>>. Acesso em: 01 abr. 2024.
- DAMACENO, J. 2022. Projeto rural sustentável será implementado em Rondônia para desenvolvimento da agricultura familiar. Disponível em: <<https://www.sedam.ro.gov.br/projeto-rural-sustentavel-sera-implementado-em-rondonia-para-desenvolvimento-da-agricultura-familiar/>>. Acesso em: 01 abr. 2024.
- FERREIRA, J. M. S. (Ed.). 2006. Produção integrada de coco: pragas de coqueiro no Brasil de A a Z.

- Aracaju, SE, Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju, SE. CD-ROM.
- FERREIRA, J. M. S.; TEODORO, A. V.; NEGRISOLI JÚNIOR, A. S.; GUZZO, E. C. 2015. Descrição, bioecologia e manejo das lagartas-do-coqueiro *Brassolis sophorae* L. e *Opsiphanes invirae* H. (Lepidoptera: Nymphalidae). Aracaju, SE, Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado técnico, 178. 8p.
- FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P. 2006. Pragas do coqueiro. pp. 12-68. In: Ferreira, J. M. S.; Fontes, H. R. (Eds.). Produção integrada de coco: identificação de pragas, doenças e desordens nutricionais e fisiológicas. Aracaju, SE, Embrapa Tabuleiros Costeiros. 88p.
- FERREIRA, J. M. S.; QUEIROZ, D. L. de. Insetos broqueadores de árvores vivas: *Rhynchophorus palmarum*. In: Lemes, P. G.; Zanuncio, J. C. (Eds.). Novo manual de pragas florestais brasileiras. Montes Claros, MG, Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. pp.656-668.
- GALLO, D.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. 2002. Entomologia Agrícola. Piracicaba, SP, Fealq. 920p.
- HENDERSON, A. 1995. The palms of the Amazon. New York, Oxford University Press. 388p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção Agrícola Municipal 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em: 01 abr. 2024.
- LEMOS, W. de P.; LINS, P. M. P.; TREVISON, O. 2016. Palmeiras. pp. 223-259. In: Silva, N. M. da; Adaime, R.; Zucchi, R. A. (Eds.). Pragas agrícolas e florestais da Amazônia. Brasília, DF, Embrapa. 608p.
- MOURA, J. I. L.; REZENDE, M. L. V. de. 2009. Controle de pragas e doenças do coqueiro. Viçosa, CPT. 218p.
- MOURA, J. I. L.; SGRILLO, R. B.; MIGUENS, F. C. 2002. Manejo integrado das principais pragas do coqueiro. pp. 67-90. In: Poltronieri, L. S.; Trindade, D. R. (Eds.). Manejo integrado das principais pragas e doenças de cultivos amazônicos. Belém, PA, Embrapa Amazônica Oriental. 304p.
- OLIVEIRA, M. do S. P. de; OLIVEIRA, N. P. de; DOMINGUES, A. F. N.; MATTIETTO, R. de A.; TEIXEIRA, D. H. L.; FARIA NETO, J. T. de. 2022. *Euterpe oleracea* e *E. precatoria*, açaí. pp. 1199-1214. In: Coradin, L.; Camillo, J.; Vieira, I. C. G. (Eds.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - região Norte. Brasília, DF, MMA. 1452p.
- PORTAL DO AGRONEGÓCIO. 2018. Embrapa orienta técnicos a combaterem inseto-praga no açaizeiro. Disponível em: <<https://www.portaldoagronegocio.com.br/florestal/culturas-florestais/noticias/embrapa-orienta-tecnicos-a-combaterem-inseto-praga-no-acazeiro-179073>> Acesso em: 01 abr. 2024.
- SÁNCHEZ P. A; JAFFÉ, K.; HERNANDEZ, J. V.; CERDA, H. 1993. Biología y comportamiento del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). Boletín de Entomología Venezolana 8(1): 83-93.
- SILVA, A. G.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. 1968. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Seus parasitas e predadores. Rio de Janeiro: Serviço de Defesa Sanitária Vegetal, Parte II, Tomo 1. 622p.
- SOUZA, L. A. de; LEMOS, W. de P. 2004. Prospecção de insetos associados ao açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em viveiro e proposições de controle. Revista de Ciências Agrárias (42): 231-241.
- VIEIRA, A. H.; RAMALHO, A. R.; ROSA NETO, C.; CARARO, D. D.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; WADT, P. G. S.; SOUZA, V. F. 2018. Cultivo do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Martius) no noroeste do Brasil. Porto Velho, RO, Embrapa Rondônia. Sistemas de produção nº 36. 90p.

WATTANAPONGSIRI, A. 1966. Investigations into
the development of the palm weevil,

Rhynchophorus palmarum. Tropical Agriculture
Trinidad 40(3):185-196.



NOTA CIENTÍFICA

INFESTAÇÃO DE *Mononychellus planki* (McGREGOR, 1950) (ACARI: TETRANYCHIDAE) EM ACESSOS DE AMENDOIM FORRAGEIRO EM CASA DE VEGETAÇÃO

Rodrigo Souza Santos^{1}, Geraldo José Nascimento de Vasconcelos²*

¹Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14, CP 321, 69900-970, Rio Branco, AC, Brasil. *rodrigo.s.santos@embrapa.br

²Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Rua Nossa Senhora do Rosário, 1951, 69100-000, Itacoatiara, Amazonas, AM, Brasil. gjnvasconcelos@yahoo.com.br

Este estudo investigou o nível de infestação de *Mononychellus planki* em acessos de amendoim forrageiro (*Arachis* spp.) cultivados em casa de vegetação no município de Rio Branco, estado do Acre. *Mononychellus planki* é uma espécie de ácaro associada ao amendoim forrageiro que pode causar danos significativos às folhas (clorose). Foram examinados 135 acessos de *Arachis* no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Acre em março de 2024, dos quais 53 estavam infestados, apresentando um nível de infestação de 39,2%. Embora não tenha havido mortalidade das plantas, os danos advindos da alimentação dos ácaros causaram perda de área fotossintética das plantas, debilitando-as. Essa pesquisa destaca a importância de avaliações contínuas sobre problemas fitossanitários no amendoim forrageiro e ressalta a necessidade de medidas de manejo e controle adequadas, especialmente considerando o aumento do cultivo de soja e de pastagens consorciadas com o amendoim forrageiro no estado do Acre.

Palavras-chave: Amazônia, ácaro-verde, Fabaceae, Tetranychoidea, praga emergente.

Infestation of *Mononychellus planki* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae) in forage peanut accessions in a greenhouse. This study investigated the *Mononychellus planki* infestation level in accessions of forage peanuts (*Arachis* spp.) cultivated in a greenhouse in Rio Branco municipality, Acre state, Brazil. *Mononychellus planki* is a species of mite associated with forage peanuts and can cause significant leaf damage (chlorosis). In March 2024, 135 *Arachis* accessions were examined in Embrapa Acre's Active Germplasm Bank, of which 53 were infested, presenting an infestation rate of 39.2%. Although there was no mortality of the plants, the injuries resulting from the mites feeding caused loss of photosynthetic area of the plants, weakening them. This research highlights the importance of continuous assessments of phytosanitary problems in forage peanuts and calls attention to management and control measures requirements, especially considering the increase in soybean cultivation and pastures intercropped with forage peanuts in the Acre state.

Key words: Amazon, green mite, Fabaceae, Tetranychoidea, emerging pest.

Devido à baixa variabilidade genética das pastagens cultivadas nas regiões tropicais e, consequentemente, ao número limitado de cultivares disponíveis, há uma forte demanda de estudos que visem o melhoramento genético de espécies forrageiras que sejam produtivas e adaptadas às variadas condições edafoclimáticas encontradas nos diferentes estados brasileiros (Jank et al., 2011). Assim, o consórcio de pastagens com espécies de leguminosas (Fabaceae) é uma alternativa que possibilita a diversificação, melhora a produtividade e contribui para reduzir a vulnerabilidade genética das pastagens (Annicchiarico et al., 2015).

No Brasil, os gêneros de fabáceas frequentemente utilizados em consórcio com pastagens são *Pueraria* DC, *Stylosanthes* Sw. e *Arachis* L., principalmente associados com gramíneas africanas tais como *Panicum* L. e *Urochloa* P. Beauv. (= *Brachiaria* (Trin.) Griseb) (Valle et al., 2009; Rocha e Valls, 2017).

Plantas do gênero *Arachis* são leguminosas herbáceas tropicais perenes importantes na produção de forragem em pastos consorciados com gramíneas sob sistemas pecuários intensivos (Valentim, 2011). Podem ser utilizadas em estandes puros, na forma de bancos de proteína sob pastejo ou em sistemas de produção de pecuária leiteira; além do mais, são capazes de fixar entre 80 a 120 kg de nitrogênio/ha/ano (Valentim, 2011; Embrapa, 2023). Além disso, algumas espécies têm sido largamente utilizadas na conservação do solo em taludes e margens de rodovias, bem como plantas ornamentais em praças e jardins (Valentim, 2011). Em 2023, a área plantada de amendoim forrageiro (*Arachis* spp.) no estado do Acre foi de 87.229 hectares, com retorno econômico estimado a R\$ 103.621.914,75 (Embrapa, 2023).

Devido à sua importância, pesquisas com amendoim forrageiro têm sido conduzidas no Brasil a fim de disponibilizar cultivares altamente produtivos, resistentes ao pastejo e de elevada qualidade nutricional (Assis e Valentim, 2009). No entanto, o escasso conhecimento acerca dos problemas fitossanitários associados ao cultivo do amendoim forrageiro é um dos fatores limitantes para a expansão do uso dessa forrageira no país. Dentre os estudos necessários para o lançamento de novas cultivares de amendoim forrageiro, a avaliação dos artrópodes associados ao cultivo é primordial, bem como os seus níveis populacionais e danos (Fazolin et al., 2011).

Atualmente, os artrópodes de importância econômica associados ao amendoim forrageiro no estado do Acre são: *Cerotoma arcuata tingomariana* (Bechyné, 1951), *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Dysmicoccus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae), *Gargaphia paula* Drake & Ruhoff, 1965 (Hemiptera: Tingidae), *Enneothrips enigmaticus* Lima, Alencar, Nanini, Michelotto & Corrêa, 2022, *Caliothrips phaseoli* (Hood, 1912) (Thysanoptera: Thripidae), *Brevipalpus phoenicis sensu lato* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae), *Oligonychus gossypii* (Zacher, 1921), *Tetranychus urticae* Koch, 1836, *Tetranychus ogmophallos* Ferreira & Flechtmann, 1997 e *Mononychellus planki* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae) (Fazolin et al., 2011; 2015; Guidoti et al., 2014; Lima et al., 2022; Santos e Lima, 2024).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi reportar o nível de infestação de *M. planki* em acessos de amendoim forrageiro em casa de vegetação no município de Rio Branco, Acre.

Foi realizada uma vistoria no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de amendoim forrageiro em março de 2024. O BAG conta atualmente com 135 acessos, cultivados em vasos dispostos em bancadas, no interior de casa de vegetação (Figura 1A) localizada no campo experimental da Embrapa Acre (10°01'36,06"S; 67°42'17,99"O).

Foram observados danos (pontuações cloróticas) e amarelecimento em folhas de diversos acessos (Figura 1B). Com auxílio de lupa de bolso (aumento de 10x) também foi constatada a presença de ácaros nas superfícies superior e inferior das folhas das plantas infestadas. Folhas contendo ácaros foram coletadas, inseridas em sacos plásticos herméticos identificados e levadas até o Laboratório de Entomologia da Embrapa Acre. Em laboratório, os ácaros foram capturados com auxílio de pincel de cerdas finas e preservados em frasco contendo álcool etílico a 70%. Posteriormente, foram montados em lâminas de microscopia em meio de Hoyer (Jeppson et al., 1975) para sua identificação taxonômica. Foram analisados 28 espécimes (22 ♀ e 6 ♂) sob microscópio de contraste de fases e identificados com base em Pritchard & Baker (1955). As lâminas foram depositadas na Coleção do Laboratório de Acarologia e Entomologia Agrícola da Universidade Federal do Amazonas (LAEA/UFAM).



Figura 1. Acessos de amendoim forrageiro (*Arachis* spp., Fabaceae) em vasos no interior de casa de vegetação em Rio Branco, Acre, Brasil (A). Aspecto de folhas de *Arachis* sp. infestadas por *Mononychellus planki* (Acari: Tetranychidae) em casa de vegetação (B). Fotos: Rodrigo Souza Santos.

Os ácaros foram identificados como *M. planki* (Figuras 2 A, B e C), espécie conhecida popularmente por “ácaro-verde”, e que já havia sido registrada em associação ao amendoim forrageiro no estado do Acre por Fazolin et al. (2015). Machos e fêmeas dessa espécie possuem coloração verde e pernas longas e amareladas, sendo os machos menores que as fêmeas, apresentando setas dorsais pilosas e inseridas em tubérculos. As fêmeas são maiores e apresentam setas dorsais espatuladas, também inseridas em tubérculos. Diferentemente de outros tetraniquídeos, *M. planki* produz pouca quantidade de teia (Ochoa, Aguilar & Vargas, 1991) e, no aspecto geral, essa espécie se distingue visualmente de demais Tetranychidae devido

à sua coloração verde intensa e seu dorso com um pronunciado arqueamento (Moraes e Flechtmann, 2008).

Inicialmente, as lesões nas folhas corresponderam a pequenos pontos prateados (clorose) localizados na mesma superfície onde os ácaros se encontravam. Em elevada densidade populacional, *M. planki* provoca amarelecimento (Figura 1B) e queda precoce de folhas de amendoim forrageiro, principalmente na época seca (Fazolin et al., 2015). Em todos os acessos na casa de vegetação havia sinais de clorose nas folhas, embora não tenha sido observada populações de *M. planki* em todos os vasos. As plantas mais infestadas apresentavam diferentes níveis de amarelecimento das folhas e acentuada perda de área fotossintética.



Figura 2. População de *Mononychellus planki* (Acari: Tetranychidae) em folíolo de *Arachis* (A). Fotomicrografia de fêmea de *M. planki* (B). Fotomicrografia evidenciando o edéago de macho de *M. planki* (C). Fotos: Rodrigo Souza Santos (A) e Geraldo José Nascimento de Vasconcelos (B e C).

Em setembro de 2022, Santos e Lima (2024) verificaram a ocorrência do trípes *C. phaseoli* nessa mesma casa de vegetação, espécie fitófaga que também causa pontuações cloróticas nas folhas de amendoim forrageiro. Entretanto, na inspeção realizada em março de 2024 não foi constatada a presença de Thysanoptera ou outros organismos fitófagos nos acessos de *Arachis*. Dos 135 acessos de amendoim forrageiro, foi verificada a ocorrência de *M. planki* em 53 deles, correspondendo a um nível de infestação de 39,2%, embora não tenha sido observada mortalidade de plantas consequente a esta infestação. No entanto, deve-se levar em consideração que a infestação de *M. planki* pode ter sido influenciada pelas condições do local (plantas próximas umas das outras, em um ambiente fechado), favorecendo a disseminação e proliferação do ácaro-verde.

Mononychellus planki já foi registrado nos estados do Acre, Amazonas, Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Paraíba, São Paulo e Rio Grande do Sul em plantas de diversas famílias, tais como: Fabaceae, Asteraceae, Amaranthaceae, Curcubitaceae, Poaceae, Rutaceae, Euphorbiaceae, Combretaceae, Malvaceae, Theaceae, Lamiaceae, Moraceae, Phyllanthaceae e Rosaceae (Paschoal, 1970; Flechtmann & Baker, 1975; Chiavegato, 1975; Tuttle, Baker e Sales, 1977; Moraes e Flechtmann, 1981; Moraes e McMurtry, 1983; Feres, Lofego e Oliveira, 2005; Guedes et al., 2007; Moraes e Flechtmann, 2008; Montes et al., 2010; Cruz et al., 2012; Vasconcelos e Silva, 2015; Fazolin et al., 2015; Cavalcante et al., 2018).

No Brasil, não há registro de produtos fitossanitários junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária para o controle de *M. planki* em amendoim forrageiro, cultivo considerado uma *minor crop* (cultivo com suporte fitossanitário insuficiente). Entretanto, há registro de seis produtos fitossanitários (cinco à base de abamectina e um à base de bifentrina + diafentriurom) para o controle de *M. planki* no cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill, Fabaceae) e dois produtos registrados (um à base de bifentrina + diafentriurom e um à base de bifentrina) para o controle desse ácaro em amendoim forrageiro (*Arachis hypogaea* L., Fabaceae) (Agrofit, 2024). Sugere-se que esses produtos sejam testados experimentalmente, para verificar sua eficiência no controle de *M. planki* em plantios de amendoim forrageiro em estandes puros, bem como em consórcio com gramíneas.

No que tange às possibilidades de controle biológico, os ácaros predadores *Neoseiulus anomus* (Chant & Baker, 1965) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1905) (Acari: Phytoseiidae) foram avaliados tendo como presa *M. planki* em soja e feijão, respectivamente, sendo considerados promissores agentes de controle (Buffon et al., 2014; Majolo e Ferla, 2014). O fungo *Neozygites floridana* (Weiser & Muma) (Zygomycetes: Entomophthorales) foi registrado em plantio de soja no estado de Rio Grande do Sul infestando todas as espécies de tetraniquídeos encontradas, incluindo *M. planki* (Roggia et al., 2009).

Devido ao hábito polífago de *M. planki* e ao aumento significativo do plantio de soja no estado do Acre (Monteiro, 2024), os produtores também devem dar atenção a possíveis infestações deste tetraniquídeo em áreas produtoras, visto que a importância econômica do ácaro-verde em plantios de soja vem aumentando nos últimos anos (Moraes et al., 2006).

Diante dos resultados deste estudo, torna-se evidente a importância de avaliações contínuas e aprofundadas sobre os problemas fitossanitários associados ao amendoim forrageiro. A presença significativa deste ácaro, apesar de não ter causado mortalidade das plantas, demonstra a necessidade de investigar a tolerância ou resistência dos acessos de amendoim forrageiro a esse tipo de infestação. Além disso, pelo fato de o amendoim forrageiro ser considerado uma *minor crop*, ressalta-se a importância de medidas de manejo adequadas, bem como a necessidade de se avaliar a eficácia de produtos fitossanitários já registrados para outras culturas. Por fim, considerando o aumento do cultivo de soja e de pastagens consorciadas com o amendoim forrageiro no estado do Acre, a atenção para possíveis infestações de *M. planki* se torna ainda mais premente, destacando a importância de estudos na busca por alternativas de controle biológico que possam contribuir para a sustentabilidade desses sistemas agrícolas.

Agradecimento

À Profa. Ma. Luciana Maira de Sales Pereira (Instituto Federal do Acre – IFAC, Rio Branco, AC) pela revisão do *Abstract* e do corpo do texto.

Literatura Citada

- Agrofit – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2024. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 28 mai. 2024.
- ANNICCHIARICO, P.; BARRETT, B.; BRUMMER, E. C.; JULIER, B.; MARSHALL, A. H. 2015. Achievements and challenges in improving temperate perennial forage legumes. Critical Reviews in Plant Sciences 34(1-3): 327-380.
- ASSIS, G. M. L.; VALENTIM, J. F. 2009. Programa de melhoramento genético do amendoim forrageiro: avaliação agronômica de acessos no Acre. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento (Brasil) 4(8): 207-215.
- BUFFON, G.; REICHERT, M. B.; TOLDI, M.; BLASI, É. A. dos R.; FERLA, N. J. 2014. Biologia de *Neoseiulus anomynus* (Phytoseiidae) quando alimentado com *Mononychellus planki* (Tetranychidae) mantido sobre soja transgênica e convencional. Caderno Pedagógico (Brasil) 11(1): 20-29.
- CAVALCANTE, A. C. C.; DEMITE, P. R.; CARNEIRO, M. E. S.; NUNES, L. S.; PEREIRA, A. I. A. 2018. Mites (Acari) associated with soybean culture (*Glycine max*), in the southeast region of Goiás state. Magistra (Brasil) 29(3/4): 266-272.
- CHIAVEGATO, L. G. 1975. Flutuação de populações de ácaros na cultura algodoeira em algumas regiões do Estado de São Paulo. Braganzia (Brasil) 34(n. único): 241-255.
- CRUZ, W. P. da; SARMENTO, R. A.; TEODORO, A. V.; ERASMO, E. A. L.; PEDRO NETO, M.; IGNACIO, M.; FERREIRA JÚNIOR, D. F. 2012. Acarofauna em cultivo de pinhão-manso e plantas espontâneas associadas. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47(3): 319-327.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Balanço social 2023 – 27ª edição. Produção animal. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/balanco-social-2023/impactos-de-solucoes-tecnologicas-por-tema/producao-animal> Acesso em: 28 mai. 2024.
- FAZOLIN, M.; MARCOLINO, E. F.; MATAVELI, M. 2011. Potencial do ataque de pragas em *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi. pp. 16-19. In: ASSIS, G. M. L.; VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. de. (Eds.). Rio Branco: Embrapa Acre (Sistema de produção, 4). 44p.
- FAZOLIN, M.; VASCONCELOS, G. J. N. de; LIMA, E. F. B.; SANTOS, R. S.; AZEVEDO, H. N. de. 2015. Reconhecimento de artrópodes de importância econômica para o amendoim forrageiro. Rio Branco: Embrapa Acre. (Documentos, 137). 66p.
- FERES, R. J. F.; LOFEGO, A. C.; OLIVEIRA, A. R. 2005. Ácaros plantícolas (Acari) da “Estação ecológica do noroeste paulista”, Estado de São Paulo, Brasil. Biota Neotropica (Brasil) 5(1): 43-56.
- FLECHTMANN, C. H. W.; BAKER, E. W. 1975. A report on Tetranychidae (Acari) of Brazil. Revista Brasileira de Entomologia 19(3): 111-121.
- GUEDES, J. V. C.; NAVIA, D.; LOFEGO, A. C.; DEQUECH, S. T. B. 2007. Mites associated with soybean crop in Rio Grande do Sul State, Brazil. Neotropical Entomology (Brasil) 36(2): 288-293.
- GUIDOTI, M.; SANTOS, R. S.; FAZOLIN, M.; AZEVEDO, H. N. de. 2014. *Gargaphia paula* (Heteroptera: Tingidae): first host plant record, new geographic data and distribution summary. Florida Entomologist 97(1): 322-324.
- JANK, L.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. 2011. Breeding tropical forages. Crop Breeding and Applied Biotechnology 11(n. spec.): 27-34.
- JEPPSON, L. R.; BAKER, E. W.; KEIFER, H. H. 1975. Mites injurious to economic plants. Berkely: University of California Press. 614p.
- LIMA, E. F. B.; ALENCAR, A. R. S.; NANINI, F.; MICHELOTTO, M. D.; CORREA, A. S. 2022. “Unmasking the villain”: integrative taxonomy reveals the real identity of the key pest (Thysanoptera: Thripidae) of peanuts (*Arachis hypogaea*) in South America. Insects 13: 120.
- MAJOLO, F.; FERLA, N. J. 2014. Life history of *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Mononychellus planki* (Acari:

- Tetranychidae) on common bean leaves (*Phaseolus vulgaris* L.), International Journal of Acarology 40(4): 332-336.
- MONTEIRO, H. 2024. Pela 1^a vez na história, soja é o principal produto exportado pelo Acre. Disponível em: <https://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2024/01/31/pela-1a-vez-na-historia-soja-e-o-principal-produto-exportado-pelo-acre.ghtml>. Acesso em: 28 mai. 2024.
- MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A.; BOLIANI, A. C.; MINEIRO, J. L. C.; SANTOS, P. C. 2010. Composição acarina em diferentes cultivares de pêssegueiros [*Prunus persica* (L.)], em Presidente Prudente, Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Fruticultura 32(2): 414-422.
- MORAES, G. J. de; FLECHTMANN, C. H. W. 1981. Ácaros fitófagos do Nordeste do Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira 16(2): 177-186.
- MORAES, G. J. de; McMURTRY, J. A. 1983. Phytoseiid mites (Acarina) of northeastern Brazil with descriptions of four new species. International Journal of Acarology 9(3): 131-148.
- MORAES, G. J. de; FLECHTMANN, C. H. W. 2008. Manual de Acarologia: Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora. 308p.
- MORAES, G. J. de; NAVIA, D.; GUEDES, J. V. C. 2006. Importância e manejo de ácaros em soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. Ata... Londrina: Embrapa, 2006. v. 1, p. 77-89.
- OCHOA, R.; AGUILAR, H.; VARGAS, C. 1991. Ácaros fitófagos de América Central: guia ilustrado. Turrialba: CATIE. 251p.
- PASCHOAL, A. D. 1970. Revisão da família Tetranychidae no Brasil (Arachnida: Acarina). Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz 27: 457-483.
- PRITCHARD, A. E.; BAKER E. W. 1955. A revision of the spider mite family Tetranychidae. San Francisco: Pacific Coast Entomological Society. 472p.
- ROCHA, R. A.; VALLS, J. F. M. 2017. O gênero *Arachis* L. (Fabaceae) no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Biociências 15(3): 99-118.
- ROGGIA, S.; GUEDES, J. V. C.; KUSS-ROGGIA, R. C. R.; VASCONCELOS, G. J. N.; NAVIA, D.; DELALIBERA JÚNIOR, I. 2009. Ácaros predadores e o fungo *Neozygites floridana* associados a tetraniquídeos em soja no Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira 44(1): 107-110.
- SANTOS, R. S.; LIMA, E. F. B. 2024. First record of *Caliothrips phaseoli* (Hood, 1912) (Thysanoptera: Thripidae) on *Arachis* spp. (Fabaceae) in Brazil. Revista Colombiana de Entomología 50(1): e13135.
- TUTTLE, D. M.; BAKER, E. W.; SALES, F. M. 1977. Spider mites (Tetranychidae: Acarina) of the state of Ceará, Brazil. International Journal of Acarology 3(1): 1-8.
- VALENTIM, J. F. 2011. Introdução. pp. 2-3. In: ASSIS, G. M. L.; VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. de. (Eds.). 2011. Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre (Embrapa Acre. Sistema de produção, 4). 44p.
- VALLE, C. B. do; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. 2009. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. Revista Ceres (Brasil) 56(4): 460-472.
- VASCONCELOS, G. J. N.; SILVA, N. M. 2015. Plant-inhabiting mites (Arachnida: Acari) in Amazonian agroecosystems. pp. 99-113. In: SANT'ANNA, B. S.; TAKEARA, R.; ABEGG, M. A. (Eds.). Amazonian Resources: microbiota, fauna and flora. Hauppauge: Nova Science Publishers. 165p.

NOTA CIENTÍFICA

VIABILIDADE DA EXTRAÇÃO DE DNA DE FUNGOS EM MEIO SÓLIDO

Almíro Neves dos Santos Júnior^{1,2}, João Pedro Alves de Almeida Takahashi²,
Emili Rane de Jesus Nascimento², Franco Jesus de Andrade¹, Guilherme Silva Nascimento²,
Noemí Rocha dos Santos Silva², Karina Peres Gramacho^{1,2}*

¹FITOMOL/CEPEC/CEPLAC, km 22, Rod. Ilhéus/Itabuna. 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil; almiro39@live.com.

²Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Rod. Ilhéus/ Itabuna, km16, 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil.

*Autor por correspondência: gramachokp@hotmail.com

O sucesso da aplicação de técnicas de biologia molecular se deve principalmente ao uso de DNA genômico de alta qualidade, integridade e ausência de impurezas. O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade da extração de material genômico de fungos cultivados em meio sólido utilizando o Kit Wizard (Promega). Os isolados examinados incluíram *Ceratocystis cacaofunesta*, *Fusarium* spp., *Moniliophthora perniciosa* e *Trichoderma* spp. A concentração e a pureza do DNA extraído foram avaliadas por espectrofotometria. Os resultados demonstraram que tanto o cultivo fúngico em meio sólido, quanto o protocolo de extração adotado, foram eficientes para a extração de concentrações substanciais de DNA de todos os isolados, mantendo sua qualidade e integridade.

Palavras-chave: Biologia molecular, Kit Wizard (Promega), micélio fúngico, protocolo de extração.

Viability of fungal DNA extraction from solid medium. The successful application of molecular biology techniques is mainly due to the use of high-quality, intact, and impurity-free genomic DNA. This study aimed to validate a genomic DNA extraction protocol from fungi grown on solid media using a DNA extraction protocol from a commercial kit designed for plant material. The isolates examined included pairs of *Ceratocystis cacaofunesta*, *Fusarium* spp., *Moniliophthora perniciosa*, and *Trichoderma* spp. The concentration and purity of the extracted DNA were evaluated by spectrophotometry. The results revealed DNA high-yield, was obtained from fungal cultivation on solid media as well as from commercial Kits.

Key words: Extraction protocol, fungal mycelium, molecular biology, Wizard kit (Promega).

As técnicas de biologia molecular permitem acessar e avaliar o genótipo e a variabilidade do DNA. Obter este material genético com alta qualidade a partir de tecido fúngico é um processo demorado e trabalhoso, frequentemente representando um gargalo em experimentos que requerem alto rendimento.

A extração de DNA fúngico é um processo frequentemente demorado, por incluir múltiplas etapas, incluindo crescimento do fungo em meio líquido ou sólido, rompimento da parede celular, remoção de proteínas e precipitação do material genético. As paredes fúngicas são ricas em quitinas; logo a eficácia da extração do ácido desoxirribonucleico depende de um processo de lise celular eficiente que recupere o DNA de maneira adequada para subsequente amplificação (Abdel-Latif; Osman, 2017).

Diversos métodos de extração de DNA fúngico têm sido desenvolvidos por vários pesquisadores (Trypathy et al., 2017), no entanto, os métodos tradicionais são demorados e requerem produtos químicos citotóxicos. Sendo assim, o uso de kits de extração eficazes e padronizados é cada vez mais importante para a obtenção de DNA de alta qualidade.

A extração de DNA a partir de micélio obtido diretamente do meio sólido oferece a vantagem de simplificar o processo, eliminando etapas adicionais de transferência e manipulação. Isso reduz o risco de contaminação e preserva a integridade do material genético, garantindo uma amostra de DNA de maior qualidade para as análises subsequentes.

O objetivo deste trabalho foi investigar a eficácia de um protocolo de extração de DNA genômico em diferentes espécies de fungos cultivados em meio sólido, empregando o Wizard® HMW Genomic DNA Purification Kit. O estudo foi realizado no Laboratório de Fitopatologia Molecular CEPEC/CEPLAC, sendo utilizadas diferentes espécies fúngicas: *Ceratocystis cacaofunesta*, *Fusarium* spp., *Moniliophthora perniciosa* e *Trichoderma* spp.

Para a extração de DNA, o micélio fúngico foi retirado do meio de cultura com auxílio de um bisturi estéril, através da raspagem das colônias formadas em placa de Petri contendo Batata Dextrose Agar (Himedia®). A massa micelial obtida foi macerada em almofariz de porcelana, em contato com nitrogênio

líquido (N_2). Parte do macerado foi colocado em um microtubo de 2,0 mL, ocupando 1/5 de seu volume, e as amostras foram submetidas ao Protocolo 3.C – para obtenção de DNA de tecido vegetal da Wizard® HMW Genomic DNA Purification Kit.

A quantidade do DNA foi estimada por espectrofotometria a 260nm (Sambrook et al., 1989) e a relação A_{260}/A_{280} foi utilizada para avaliar a pureza do material. Bandas de DNA genômico total, separadas por eletroforese em gel de agarose 1%, foram usadas como indicadores da integridade da amostra.

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise quantitativa por espectrofotometria, indicando que, de maneira geral, as amostras possuem concentrações adequadas de DNA, principalmente para *Ceratocystis cacaofunesta* e *Trichoderma* spp. A razão A260/A230, que serve como uma medida secundária de pureza dos ácidos nucleicos, situou-se entre 1,4 e 1,5, sugerindo a ocorrência de contaminantes, tais como proteínas ou carboidratos. Para aprimorar a qualidade das amostras, é recomendada uma etapa adicional de purificação do DNA. A integridade das amostras de DNA (Figura 1) foi confirmada por eletroforese em

Tabela 1. Quantificação e análise de pureza de amostras de DNA, extraídas de micélio fúngico utilizando-se leituras de absorbância de 260/280nm. A) *Ceratocystis cacaofunesta*; B) *Fusarium* spp.; C) *Moniliophthora perniciosa*; D) *Trichoderma* spp.

	A	B	C	D				
Concentrações (ng/ μ L)	451,1	467,1	185,1	185,3	110,8	104,2	386,4	227,7
A260/280	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4

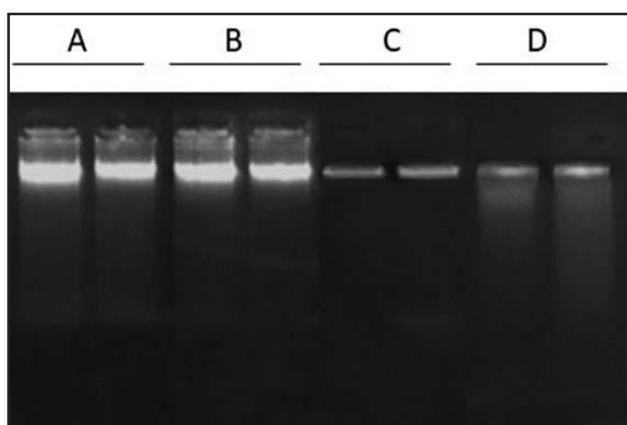


Figura 1. DNA genômico de fungos, extraído de micélio em meio sólido. A) *Ceratocystis cacaofunesta*; B) *Fusarium* spp.; C) *Moniliophthora perniciosa*; D) *Trichoderma* spp.

gel de agarose a 1% , onde foi possível observar DNA íntegro em todos os isolados fúngicos analisados.

A obtenção de DNA genômico de micélio coletado diretamente do meio sólido de diversos isolados fúngicos de diferentes espécies fúngicas: *Fusarium* spp., *C. cacaofunesta*, *M. perniciosa* e *Trichoderma* spp., utilizando o protocolo para tecido vegetal do kit Wizard® HMW Genomic DNA Purificationg. Essa abordagem gerou material genético de boa qualidade e alta concentração de DNA em μ l. Além disso, embora necessite serem aprimorados, os resultados confirmam a adequação do uso do kit de extração de material vegetal Wizard® (Promega) para amostras fúngicas.

Literatura Citada

- ABDEL-LATIF, A.; OSMAN, G. 2017. Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. Plant Methods 13 (1): 1 - 9.
- SAMBROOK, J., FRITSCH, E.F.; MANIATS, T. 1989. Molecular Cloning: a laboratory Manual. 2ed. Cold Spring Harbor, New York, Cold Spring Harbor Laboratory. 653p.
- TRIPATHY, S. K. et al. 2017. Exploring rapid and efficient protocol for isolation of fungal DNA. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6 (3): 951 - 960.



NOTA TÉCNICA

PATOSSISTEMA: *Theobroma cacao L.* (CACAUERO) X *Ceratocystis cacaofunesta* (MURCHA DE CERATOCYSTIS)

Almiro Neves dos Santos Júnior^{1,2*}, Emili Rane de Jesus Nascimento²,
Rayanne França Pereira², Karina Peres Gramacho^{1,2}

¹FITOMOL/CEPEC/CEPLAC, km 22, Rod. Ilhéus/Itabuna. 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil; almiro39@live.com.

²Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Rod. Ilhéus/ Itabuna, km16, 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil.

*Autor por correspondência: gramachokp@hotmail.com

Introdução a Murcha de Ceratocystis

Em 1918, foi relatada a enfermidade causada pelo agente causal *Ceratocystis fimbriata* (Ellis & Halsted) no Equador. Mais tarde, em 2005, por meio de ferramentas moleculares e fitopatológicas, o fungo foi redescrito como nova espécie denominada *Ceratocystis cacaofunesta* Engelbr. & T.C. Harr., especializada em infectar e causar doença no cacauero. No Brasil, o primeiro relato da doença ocorreu em 1978, em Rondônia, seguido por relatos no Espírito Santo e nas regiões Oeste e Sul da Bahia (BEZERRA et al., 1998; ENGELBRECHT; HARRINGTON, 2005; ENGELBRECHT et al., 2007; NASCIMENTO, 2023).

Agente Causal

Domínio: Eukaryota;
Reino: Fungi;
Filo: Ascomycota;
Sub-Filo: Pezizomycotina;
Classe: Sordariomycetes;
Sub-Classe: Hypocreomycetidae;
Ordem: Microascales;
Família: Ceratocystidaceae;
Gênero: *Ceratocystis*;
Espécie: *Ceratocystis cacaofunesta* Engelbrecht & T.C. Harr. (2005).

Ocorrência

Nas Américas, a enfermidade já foi relatada no Equador, Peru, Colômbia, Venezuela, Costa Rica, Guatemala, México, República Dominicana, Trindade e Tobago, Haiti e, no Brasil, nos estados de Rondônia, Bahia e Espírito Santo (ROER, 1918; ARBELAEZ, 1957; DESROSIERS, 1957; BASTOS; EVANS, 1978; BEZERRA et al., 1998; ALMEIDA et al., 2005; NASCIMENTO, 2023), (Figura 1A).

Sintomas e Sinais

Os primeiros sintomas surgem com o amarelecimento das folhas, que posteriormente adquirem uma coloração marrom. O sintoma clássico é caracterizado por folhas que ficam pendentes, secam, murcham e permanecem na planta mesmo após sua morte (Figura 1B). No interior do caule infectado, aparecem lesões necróticas de cor marrom-avermelhada (Figura 1C) (SILVA et al., 2004; ENGELBRECHT et al., 2007; SANTOS et al., 2013). Outro sinal visível é o acúmulo de serragem na base do tronco, resultado de galerias escavadas por coleobrocas (Figura 1D). Esses insetos, que se alimentam do fungo, são atraídos pelo aroma emitido pelas plantas doentes. (ITON, 1966; REZABALA, 2022).

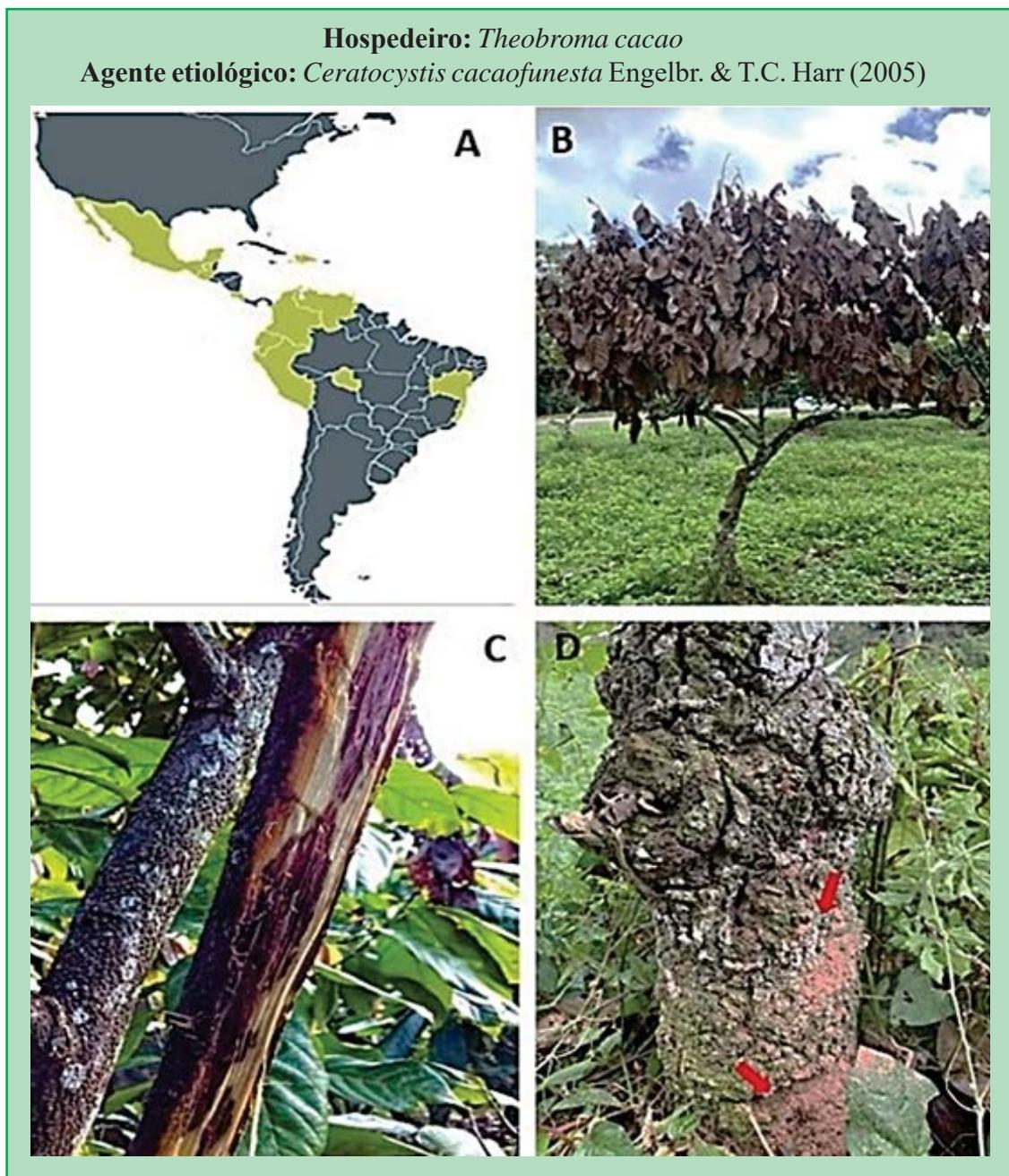


Figura 1. Sintomas da Murcha de *Ceratocystis* – A) Ocorrência da Murcha de *Ceratocystis* nas Américas Central e Sul; B) Folhas mortas presas à planta; C) Serragem e galeria das coleobrocas; D) Tecido interno com coloração avermelhada devido o avanço da doença. Fotos: Emili Nascimento/Fitomol.

Controle

É recomendado adotar cuidados especiais para minimizar danos mecânicos durante as práticas agrícolas, especialmente na poda e colheita. Se houver lesões em ramos ou galhos, a poda deve ser feita 30

centímetros abaixo da área afetada. Além disso, é essencial esterilizar as ferramentas com hipoclorito de sódio a 1%, desinfestar o solo e utilizar materiais resistentes, tais como CEPEC 2002 (VB 1151), TSH 118, PS 13:19 e CEPEC 2007 (VB 681). Em caso de morte da planta, ela deve ser removida da área (ITON,

1961; THOROLD, 1975; ENGELBRECHT et al., 2007; OLIVEIRA; DAMACENO, 2009; VAN WYK et al., 2011). É necessário evitar plantios monoclonais com materiais suscetíveis como o CCN51.

A seguir, detalhamos algumas recomendações:

1. Quarentena doméstica e monitoramento

- Implementar medidas rigorosas de quarentena para evitar a disseminação do patógeno para novas áreas.
- Monitorar regularmente as plantações de cacau para detectar precocemente os sintomas, como murcha, seca de galhos e manchas escuras no tronco.
- Usar mudas certificadas e sadias

2. Sanitização

- Remover e descartar adequadamente as plantas doentes, amontoando-as e aplicando ureia 15% para evitar a contaminação de outras plantas.
- Desinfetar ferramentas, máquinas e outros materiais que possam ter entrado em contato com as plantas infectadas.

3. Práticas culturais

- Manter a higiene da plantação, limpando regularmente e garantindo boa drenagem para reduzir a umidade, que favorece o crescimento do fungo.
- Evitar ferimentos nas plantas, já que o fungo, normalmente, entra através de lesões.
- Podar os galhos afetados e mantenha espaçamento adequado entre as plantas para reduzir a transmissão da doença.

4. Variedades resistentes

- Quando disponíveis, plantar variedades de cacau resistentes à murcha causada pelo *Ceratocystis*.

5. Controle biológico

- Explorar o uso de agentes de controle biológico, como fungos ou bactérias antagonistas, para ajudar a suprimir o crescimento de *Ceratocystis cacaofunesta* no ambiente.

6. Controle químico

- Fungicidas podem ser utilizados, mas geralmente são menos eficazes contra a murcha por *Ceratocystis*, já que o fungo invade o sistema vascular da planta. A aplicação de fungicidas pode ajudar no controle de infecções secundárias, mas deve ser usada em conjunto com outras práticas.

7. Treinamento e educação

- Educar agricultores e trabalhadores sobre a importância da detecção precoce e técnicas adequadas de manejo da doença para reduzir a propagação do patógeno.

Literatura Citada

- ALMEIDA, L. C. C. et al. 2005. Distribuição geográfica da murcha-de-Ceratocystis do cacaueiro na Bahia, Brasil. Ilhéus. Agrotrópica (Brasil)17: 83-86.
- ARBELAEZ, G. E. 1957. Resistencia de cultivares de cacao a *Ceratocystis fimbriata* (Ellis and Halsted). In: Conferência Internacional de Investigaciones em Cacao, 6. Caracas, Venezuela. pp.70-81.
- BASTOS, C. N.; EVANS, H. C. 1978. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* Eli & Halst. na Amazônia Brasileira. Acta Amazônica 8(4): 543-544.
- BEZERRA, J. L. et al. 1998. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* em clones de cacau no estado da Bahia. Fitopatologia Brasileira 23: 228.
- DESROSIERS, R. 1957. Developments in the control of witches' broom, monilia pod rot and *Ceratostomella* diseases of cacao. In: Conferência Interamericana de Cacau, 6. Salvador, Bahia. pp.73-78.
- ENGELBRECHT, C. J. B. et al. 2007. Genetic variation in populations of the cacao wilt pathogen, *Ceratocystis cacaofunesta*. Plant Pathology 56 (6): 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.
- ITON, E. F. 1961. Studies on a wilt disease of cacao at River Estate. II. Some aspects of wilt transmission. Report Cacao Research 1959-60. pp.47-58.
- ITON, E. F. 1966. *Ceratocystis* Wilt. In: Annual Report on Cacao Research 1965. St Augustine, Trinidad: Imperial College of Tropical Agriculture, University of the West Indies. pp.48-49.
- NASCIMENTO, E. R. J. 2023. *Ceratocystis cacaofunesta*: Um patógeno emergente e em expansão. Dissertação Mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus/Bahia.
- OLIVEIRA, B. F. de; SILVA, S.; DAMACENO, V. O. 2009. Identification of resistance source to

- Ceratocystis* wilt in cacao seedlings. Agrotrópica 21(1): 83-88.
- REZABALA, A. P. et al. 2022. Avances en la comprensión de la interacción entre *Ceratocystis cacaofunesta* y *Xyleborus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en árboles de cacao. Scientia Agropecuaria 13(1): 43-52.
- ROER, J. B. 1918. Enfermedades y plagas del cacao en el Ecuador y métodos modernos apropiados al cultivo del cacao. Asociación de agricultores del Ecuador, Guayaquil. 80p.
- SANTOS, M. S. et al. 2013. Increased carbon dioxide concentration in the air reduces the severity of *Ceratocystis* wilt in *Eucalyptus* clonal plantlets. Australasian Plant Pathology 42: 595-599.
- 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: 538-540.
- THOROLD, C. A. 1975. Diseases of Cocoa. Oxford, England, Clarendon Press. 423p.
- VAN WYK, M.; WINGFIELD, B. D.; WINGFIELD, M. J. 2011. Four new *Ceratocystis* spp. associated with wounds on *Eucalyptus*, *Schizolobium* and *Terminalia* trees in Ecuador. Fungal Diversity 46: 111-131.



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



Comissão Executiva do Plano
da Lavoura Cacaueira

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL
BRAZIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO