



ECOLOGIA
DE
INSETOS

2023.2

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Ecologia de Insetos 2023.2

Reserva Biológica Guaribas

Complexo Floresta Atlântica

João Pessoa, Paraíba

AGRADECIMENTOS

À Chefia do Departamento de Sistemática e Ecologia pelo apoio ao traslado até o campo, indispensável para realização da disciplina; Aos gestores da Reserva Biológica Guaribas por disponibilizar a estrutura disponível para a realização desta primeira edição da disciplina Ecologia de Insetos; À Fabiana Meireles por facilitar todo o processos de organização da disciplina e apoio na Rebio Guaribas; e Ao SISBIO pela autorização relacionada às atividades com finalidade didática no âmbito do ensino superior, número 90457-1.

ECOLOGIA DE INSETOS

A disciplina Ecologia de Insetos é um componente optativo para o Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba e pode ser cursada pelos alunos de bacharelado e licenciatura. O curso é dividido basicamente em dois compartimentos, o teórico na UFPB, desenvolvido em sala de aula, e outro prático, o qual ocorre nos fragmentos do Campus I (João Pessoa) e, principalmente, na Reserva Biológica Guaribas, no município de Mamanguape, Paraíba. O principal objetivo do curso é treinar os alunos para desenvolverem competências e habilidades relacionadas às atividades acadêmico-científicas *in loco*. Por ser uma disciplina de Graduação, as perguntas que são respondidas em campo não são aprofundadas, porém são introduzidas técnicas de coleta e o delineamento experimental, assim como análises de dados e com confecção de um artigo científico por equipe. O curso tem a duração de dois dias. Durante esse período são desenvolvidas as seguintes atividades: (i) apresentação de seminários pelos alunos, abordando temas atuais sobre os insetos; (ii) palestras dos professores sobre temas diversos envolvendo ecologia, delineamento experimental e comportamento profissional e ético, relacionado às atividades em campo; (iii) apresentação dos principais métodos de captura de insetos; (iv) delineamento dos projetos por grupo, estabelecendo claramente as perguntas, predições e testes estatísticos básicos; (v) coleta de dados em campo e acondicionamento do material coletado; e (vi) finalização da disciplina. Após o retorno, os discentes possuem duas semanas para redação do manuscrito.

Neste livro virtual da disciplina Ecologia de Insetos poderá ser encontrados os manuscritos confeccionados pelos alunos, a partir das coletas realizadas ao longo de um dia em áreas do Complexo Floresta Atlântica, REBIO-Guaribas. Os manuscritos são: (i) *Diversidade de artrópodes em macrofungos em uma reserva do Nordeste do Brasil: uma interação inusitada*; (ii) *Inquilinismo em ninhos: análise da fauna associada a cupinzeiros na Mata Atlântica brasileira*; (iii) *Interação inseto-planta: taxa de herbivoria e a hipótese do vigor/estresse em mangabeiras (*Hancornia speciosa*, Gomes) da reserva biológica Guaribas-PB*; (iv) *Um olhar comparativo sobre o impacto da alelopatia de cajueiros (*Anacardium occidentale*) na abundância e diversidade de insetos em serrapilheira na Mata de Tabuleiro da Reserva Biológica Guaribas, em Rio Tinto – PB*.

A RESERVA BIOLÓGICA GUARIBAS – PARAÍBA

A Reserva Biológica (REBIO) Guaribas foi criada em 25 de janeiro de 1990, por meio do Decreto Federal no 98.884/90, e consiste em três áreas distintas, denominadas SEMA I (673,64 ha) e SEMA II (3.016,09 ha), localizadas na zona rural do município de Mamanguape-PB, e a SEMA III (338,82 ha), que se encontra na área urbana do município de Rio Tinto-PB; juntas compreendem uma área total de 4.028,55 hectares de reserva.

A administração da REBIO está sob a responsabilidade da Unidade Gestora Responsável (UGR) IBAMA/Gerência Executiva da Paraíba, com sede na Rodovia PB - 071, km 01, s/no, Zona Rural de Mamanguape, PB. A Reserva abriga diversos biomas e ecossistemas, incluindo Florestas Estacionais Semidecíduais de Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Áreas de Tensão Ecológica, Zonas de Transição e Sistema Secundário (IBAMA, 2003).

A região da REBIO possui um clima tropical úmido, classificado como As' de acordo com a classificação de Köppen. As temperaturas médias anuais variam entre 24o C e 26o C, atingindo máximas entre 28o C e 30o C em dezembro e fevereiro, com uma máxima absoluta anual de 36o C. Durante o inverno, a umidade relativa do ar atinge valores elevados, variando de 85% a 90%. O regime de chuvas começa em fevereiro, atinge seu pico nos meses de abril, maio e junho, e se estende até julho. A estiagem ocorre em outubro, novembro (o mês mais seco) e dezembro, com precipitação anual entre 1.750 e 2.000 mm (IBAMA, 2003).

O relevo da reserva abrange Planícies Fluviais e Marinhas, bem como Planícies Tabulares, com um arcabouço geológico composto pelo Grupo Barreiras Indiviso. Os solos na reserva variam de acordo com a topografia, com predominância de Areias Quartzosas nas partes mais altas dos tabuleiros e solos do tipo Podzólico Vermelho – Amarelo Distrófico nas áreas mais íngremes. Também é possível encontrar o solo Podzólico Vermelho – Amarelo Eutrófico ao sul da SEMA 2, e solos Aluviais Eutróficos na porção sul/sudeste da SEMA 3 (IBAMA, 2003).

A Reserva Biológica Guaribas desempenha um papel crucial na preservação da diversidade genética da flora e fauna, especialmente de espécies ameaçadas. Sua localização na zona de transição entre a Floresta Atlântica, a Caatinga e o Cerrado a torna um local ideal para pesquisas científicas e um potencial banco de germoplasma para conservação no ambiente natural, "in situ" (IBAMA, 2003).

IBAMA. Plano de Manejo da Reserva Biológica Guaribas. Brasília, DF: IBAMA, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/rebio-guaribas/arquivos/rebio_guaribas.pdf. Acesso em: 21 out. 2023.

Autores

Docente



Alexandre Vasconcellos

Pós-doc



Matilde Ernesto

Mestrando



Gabriel de Sá

Discentes



Manuella Praxedes



Thaís Guimarães



Ana Karoline Nunes-Alves



Gabriela de Moraes



Beatriz Gomes



Victória Aguiar



Henrique Mafaldo



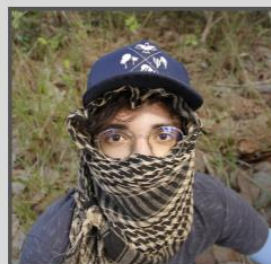
Melissa Lima



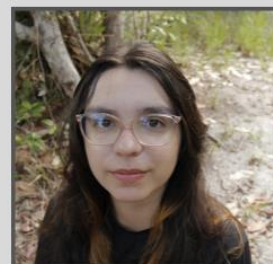
Bruno Flor



Felipe da Silva



Matheus Carvalho



Ana Beatriz Medeiros

Biodiversidade de insetos da REBIO Guaribas



Sumário

Capítulos

- Cáp. 1. Diversidade de artrópodes em macrofungos em uma reserva do Nordeste do Brasil: uma interação inusitada* 9
- Cáp. 2. Inquilinismo em ninhos: análise da fauna associada a cupinzeiros na Mata Atlântica brasileira* 18
- Cáp. 3. Interação inseto-planta: taxa de herbivoria e a hipótese do vigor/estresse em mangabeiras (*Hancornia speciosa*, Gomes) da reserva biológica Guaribas-PB* 26
- Cáp. 4. Um olhar comparativo sobre o impacto da alelopatia de cajueiros (*Anacardium occidentale*) na abundância e diversidade de insetos em serrapilheira na Mata de Tabuleiro da Reserva Biológica Guaribas, em Rio Tinto – PB* 40

Apêndices

- Apêndice 1. Diversidade de artrópodes em macrofungos em uma reserva do Nordeste do Brasil: uma interação inusitada* 50
- Apêndice 2. Inquilinismo em ninhos: análise da fauna associada a cupinzeiros na Mata Atlântica brasileira* 51
- Apêndice 3. Interação inseto-planta: taxa de herbivoria e a hipótese do vigor/estresse em mangabeiras (*Hancornia speciosa*, Gomes) da reserva biológica Guaribas-PB* 53
- Apêndice 4. Um olhar comparativo sobre o impacto da alelopatia de cajueiros (*Anacardium occidentale*) na abundância e diversidade de insetos em serrapilheira na Mata de Tabuleiro da Reserva Biológica Guaribas, em Rio Tinto - PB* 54

DIVERSIDADE DE ARTRÓPODES EM MACROFUNGOS EM UMA RESERVA DO NORDESTE DO BRASIL: UMA INTERAÇÃO INUSITADA

Manuella Praxedes¹, Ana Karoline Nunes-Alves¹, Gabriela Gonçalves Rolim de Moraes¹, Thaís
Feitosa Guimarães¹

¹*Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Sistemática e Ecologia, João Pessoa, PB,
BRASIL.*

RESUMO

A interação entre insetos e fungos desempenha um papel crucial na reciclagem de substratos orgânicos, especialmente em ambientes florestais. Os fungos fornecem nutrientes e enzimas essenciais para a degradação da matéria orgânica, enquanto os insetos desempenham diversos papéis na dispersão de esporos fúngicos. Este estudo investigou as interações entre Basidiomycota (fungos) e Arthropoda em uma reserva ecológica no Nordeste do Brasil. O estudo foi realizado na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. Foram coletados fungos Basidiomycota e artrópodes ao longo de trilhas na Floresta Semidecídua da reserva. Os espécimes foram identificados e analisados em laboratório, registrando a presença de artrópodes em cada amostra de fungo. As análises estatísticas foram realizadas para avaliar a correlação entre a abundância de artrópodes e os corpos frutíferos de fungos. Das 31 amostras de fungos coletadas, 52% apresentaram interações com artrópodes de pelo menos 7 ordens diferentes. Os insetos da ordem Hymenoptera foram os mais comuns, seguidos por Collembola, Coleoptera e Blattodea. A maioria das interações ocorreu em fungos encontrados em madeira em decomposição, especialmente da espécie *Cymatoderma sp.*, indicando uma preferência por este substrato. Fungos de hábito gregário apresentaram uma maior ocorrência de artrópodes em comparação com os fungos solitários, embora essa relação não tenha sido significativa estatisticamente. Houve uma clara preferência por fungos encontrados em substratos de madeira em decomposição, especialmente por térmitas. De acordo com Birkemoe et al. (2018), a interação entre fungos e cupins pode ocorrer de forma indireta, uma vez que os fungos amaciam a madeira, facilitando a criação de túneis dos cupins.

Palavras-chave: Basidiomycota, insetos, Hexapoda, simbiose

1. INTRODUÇÃO

Insetos e fungos interagem de diversas maneiras e exercem papéis predominantes na reciclagem do substrato orgânico em florestas, especialmente madeira, visto que nela há vários nichos que podem ser explorados por comunidades desses organismos (Müller et al., 2002). Os fungos podem fornecer nutrientes essenciais e enzimas para degradação da madeira (Birkemoe et al., 2018). Há relatos de formigas que “visitam” os corpos frutíferos para forragear e predação de larvas que estão presas nos tecidos fúngicos, e então dispersam os esporos que ficam anexados aos seus corpos (Costa et al., 2022).

Basidiomycota é uma das subdivisões do reino Fungi, englobando principalmente fungos filamentosos com micélios septados e formação de basídio, que dá nome ao grupo. Basidiomycota predominantemente degrada celulose e/ou lignina (Birkemoe et al., 2018). Já Hexapoda é um subfilo que inclui todas as espécies de insetos, além de três grupos de artrópodes (Collembola, Protura e Diplura), sendo caracterizado por tórax com três pares de pernas.

Todas as interações inseto-fungo podem ser facultativas ou mutualistas obrigatórias (Hanski, 1989). Visto que os basidiomicetos possuem capacidade degradadora, estes são bastante encontrados em madeira podre (Birkemoe et al., 2018). Comparativamente, seus micélios acumulam uma proporção muito maior de nitrogênio e fósforo comparado ao carbono, em relação à madeira (Birkemoe et al., 2018). Muitos grupos de insetos colonizam corpos frutíferos de Basidiomycota (Valer et al., 2016) e sabe-se que esporos de basidiomicetos são disseminados por insetos (Harrington et al., 1988). Apesar disso, por falta de pesquisas, assume-se que, na maior parte dos casos, não há alta especificidade de interação entre Basidiomycota e Hexapoda (Hanski, 1989).

Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi realizar um levantamento das interações entre diferentes grupos de Hexapoda e os corpos frutíferos de fungos Basidiomycetes em uma reserva ecológica no Nordeste do Brasil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foi empregada a metodologia descrita na pesquisa de Groff, Bernardi e Gottschalk (2019), com algumas adaptações.

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi conduzida na Reserva Biológica (REBIO) Guaribas, situada nos municípios de Mamanguape e Rio Tinto, no Estado da Paraíba. Estabelecida em 1990 pelo decreto nº. 98.884, a reserva abrange 4.029 hectares, divididos em três áreas distintas denominadas SEMA 1, SEMA 2 e SEMA 3 (IBAMA, 2003).

Conforme Melo e Vieira (2017), a REBIO é marcada por um clima tropical úmido, conforme a classificação de Köppen (1936), com temperatura média anual variando entre 24°C e 26°C, e uma precipitação anual que oscila entre 1.310 mm e 1.512 mm, com a estação chuvosa normalmente ocorrendo de fevereiro a julho. Quanto à vegetação predominante, a área é caracterizada por apresentar tanto Floresta Semidecídua (Mata Atlântica), com sua densa cobertura arbórea que forma uma mata fechada, quanto Savana (tabuleiro), cuja vegetação é mais dispersa.

As coletas para o presente estudo foram concentradas exclusivamente na vegetação de Floresta Semidecídua na SEMA 2, a maior área da reserva, abrangendo 74% do total da REBIO Guaribas.

2.2 Coleta de dados

Durante o trabalho de campo, foi realizada uma busca visual minuciosa por macrofungos pertencentes ao filo Basidiomycota ao longo da trilha da Floresta Semidecídua. Todos os espécimes de cogumelos encontrados foram cuidadosamente coletados.

O procedimento de coleta foi conduzido nos seguintes passos: fotografia dos fungos para identificação subsequente, extração e armazenamento dos corpos frutíferos em sacos plásticos individuais, cada um deles acompanhado por um número de identificação exclusivo. No caso dos fungos de hábito gregário, foram coletadas entre 2 e 3 amostras aleatórias, cada uma identificada com o número correspondente à espécie, seguido pelo número da amostra. Para esta etapa da pesquisa, foram utilizadas 31 etiquetas e 31 sacos plásticos.

2.3 Análises laboratoriais

No laboratório, cada amostra foi analisada individualmente dentro de seus sacos para verificar a presença de artrópodes, os quais quando detectados eram coletados e armazenados em potes plásticos contendo álcool 70%, juntamente com a etiqueta do código de coleta para identificação posterior.

A identificação dos macrofungos foi conduzida através do banco de dados disponível no *Index Fungorum*. Para auxiliar na determinação dos artrópodes, foi utilizado um microscópio estereoscópio e o livro *Biologia dos invertebrados* (Pechenik, 2016).

2.4 Análises de dados

Os dados referentes à quantidade de artrópodes detectados para cada amostra de fungo coletado foram registrados em uma tabela do Excel (Tabela 1). Utilizando a plataforma de

programação *R Statistical Software* (versão 4.3.2; R Core Team 2021), foi usado o pacote *ggPlot2* (v3.5.2; Wickham, 2009) para criar gráficos de regressão linear, analisando a correlação entre a abundância de artrópodes e os corpos frutíferos de fungos Basidiomycetes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 31 amostras de fungos coletadas, 52% apresentaram algum tipo de interação com artrópodes, dos quais pertenciam a pelo menos sete ordens. Foram encontrados 106 indivíduos (ver tabela 1) dentre os quais três estavam em estágio larval, cinco pertenciam à subclasse Arachnida, um à classe Diplopoda e 97 do subfiló Hexapoda. Dentre os insetos encontrados, 62 pertenciam à ordem Hymenoptera (sendo dois morfoespécies distintas de formiga), um Collembola, 18 Coleoptera (sendo quatro morfoespécies distintas de besouros) e 16 Blattodea (cupins operários e soldados da mesma morfoespécie).

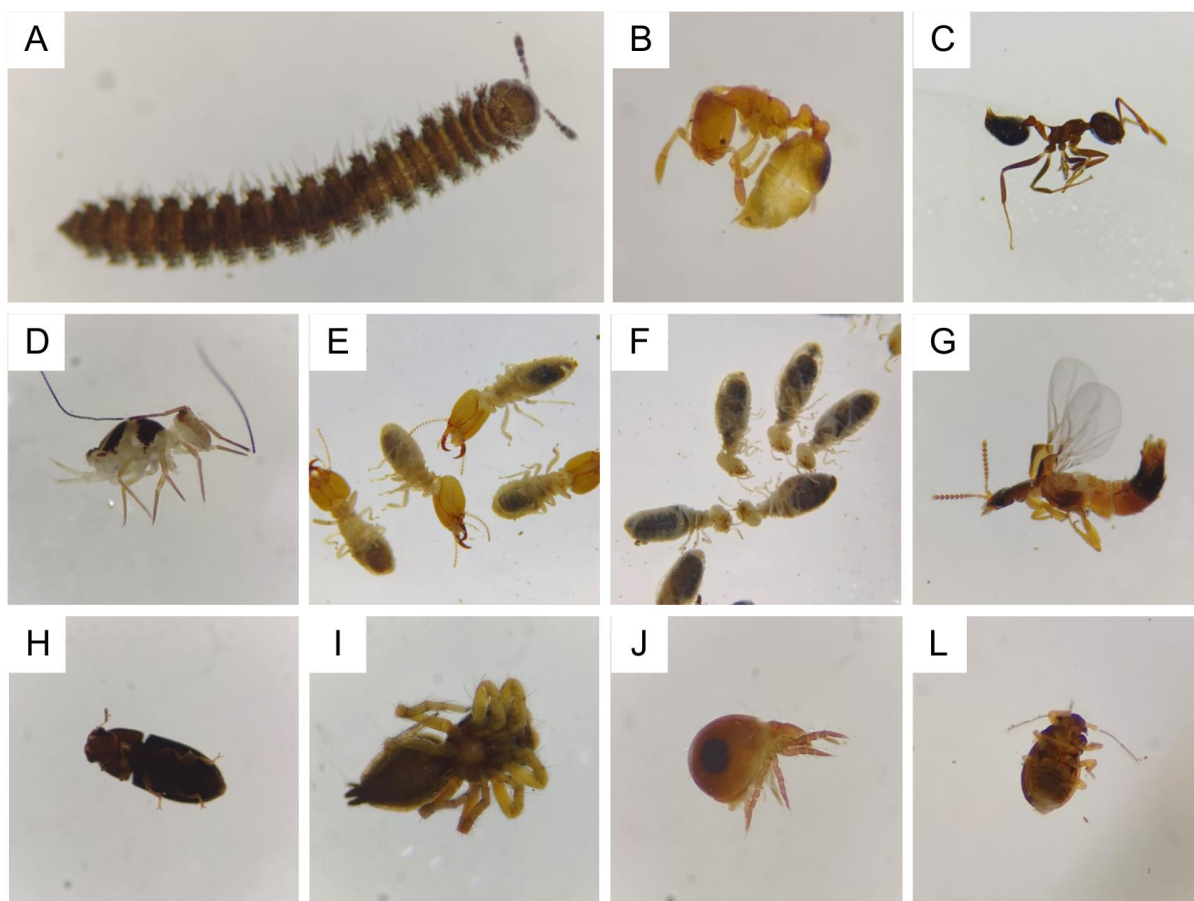


Figura 1: Artrópodes encontrados em diferentes Basidiomycetes. A. Diplopode. B. Hymenoptera. C. Hymenoptera. D. Collembola. E. Blattodea (cupim soldado). F. Blattodea (cupim operária). G. Coleoptera. H. Coleoptera. I. Arachnida. J. Arachnida. L. Coleoptera. Fonte: Fotos por Manuella Praxedes.

Tabela 1: Espécies de macrofungos coletados e respectivos artrópodes encontrados em sua estrutura.

Espécie de fungo	Hábito	Substrato	Presença de artrópodes	de Total	Espécies de artrópodes
Collybiopsis sp.	Gregário	Madeira em decomposição	Amostra 1: 0 Amostra 2: 15 Amostra 3: 35	50	Hymenoptera (50)
Cymatoderma sp.	Solitário	Madeira em decomposição	0	0	0
Cymatoderma sp.	Solitário	Madeira em decomposição	1	1	Arachnida (1)
Cymatoderma sp.	Solitário	Madeira em decomposição	1	1	Hymenoptera (1)
Cymatoderma sp.	Gregário	Madeira em decomposição	Amostra 1: 2 Amostra 2: 9	11	Arachnida (1) Collembola (1) Hymenoptera (5) Coleoptera (2) Blattodea (2)
Cymatoderma sp.	Solitário	Madeira em decomposição	14	14	Blattodea (14)
Cymatoderma sp.	Solitário	Madeira em decomposição	2	2	Arachnida (2)
Cymatoderma sp.	Gregário	Madeira em decomposição	Amostra 1: 1 Amostra 2: 2	3	Larva (2) Diplopoda (1)
Cymatoderma sp.	Gregário	Madeira em decomposição	Amostra 1: 0 Amostra 2: 2	2	Arachnida (1) Coleoptera (1)
Cymatoderma sp.	Gregário	Madeira em decomposição	Amostra 1: 0 Amostra 2: 1	1	Larva (1)
Espécie não identificada	Solitário	Madeira em decomposição	0	0	0
Espécie não identificada	Gregário	Madeira em decomposição	Amostra 1: 0 Amostra 2: 0 Amostra 3: 0	0	0
Espécie não identificada	Gregário	Solo	Amostra 1: 0 Amostra 2: 9	9	Coleoptera (3) Hymenoptera (6)
Gymnopilus sp.	Solitário	Solo	0	0	0

Gymnopilus sp.	Gregário	Solo	Amostra 1: 2 Amostra 2: 7 Amostra 3: 3	12	Coleoptera (12)
Marasmius sp.	Gregário	Solo	Amostra 1: 0 Amostra 2: 0 Amostra 3: 0	0	0
Marasmius sp.	Gregário	Solo	Amostra 1: 0 Amostra 2: 0	0	0

Relações de mutualismo requerem ambientes estáveis, e para o mutualismo entre fungos e insetos é observável uma maior preferência por substratos de madeira em decomposição (Birkemoe et al. 2018). Nesta pesquisa foram coletadas 20 amostras em madeira e 11 amostras em solo. Foi observável, nos fungos que crescem sobre madeira, a ocorrência de 85 artrópodes, e nos fungos coletados no solo a ocorrência de 21 artrópodes.

Os himenóforos de *Cymatoderma sp.* (Basidiomycota, Agaricomycetes) onde foram encontrados os cupins (ver tabela 1) estavam ressecados e o estipe estava perfurado, formando um canal que o ligava ao substrato (madeira em decomposição). Segundo Birkemoe et al. (2018), para cupins, a interação com fungos também pode ser indireta, uma vez que fungos decompositores de madeira podem melhorar as condições de habitat ao liberar enzimas que suavizam a madeira facilitando a criação de túneis.

Macrofungos são capazes de fornecer microhabitats com microclimas específicos em suas estruturas, sejam lamellas (como visto em Agaricales), poros (principalmente em Polyporales e Boletales) ou dentro de seus himenóforos em formato de taça (como em alguns Agaricomycetes, ou ainda em Pezizales do filo Ascomycota), o que os tornam atrativos para muitas espécies (Hanski 1989). Três larvas foram encontradas em *Cymatoderma sp.* e o fungo estava bem desenvolvido, apresentando uma alta umidade e retenção de água (fig. 2, D). Além da morfologia destes fungos, a distribuição espacial de seus corpos frutificantes também proporciona diferentes microhabitats, em especial aqueles que são agregados ou de hábitos gregários (Hanski, 1989).



Figura 2: Fungos coletados, todos do filo Basidiomycota, em diferentes estágios do desenvolvimento. A. *Collybiopsis sp.* em madeira B. *Marasmius sp.* no solo entre o folheto. C. Espécie não identificada em madeira em decomposição. D. *Cymatoderma sp.* em madeira em decomposição E. *Gymnopilus sp.* no solo entre o folheto. F. Espécie não identificada em madeira em decomposição. G. *Marasmius sp.* no solo entre o folheto. H. *Cymatoderma sp.* em madeira em decomposição

Fungos de hábito gregário, ou seja, que foram encontrados próximos a outros fungos da mesma espécie, apresentaram uma maior ocorrência de indivíduos (88) comparado aos fungos solitários (18). Apesar de ser uma correlação positiva ($f(x) = 5,98x - 4,68$), a quantidade de basidiomas por espécie coletada e quantidade de artrópodes encontrados não é uma relação significativa ($p=0,11$, $r^2=0,15$). O resultado da regressão linear sugere que fungos de hábito gregário não necessariamente sempre terão os maiores números de indivíduos interagindo, em comparação com fungos de hábito solitário.

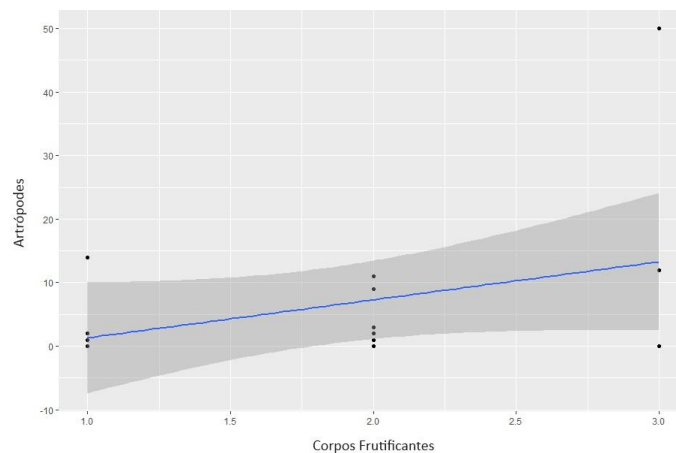


Fig. 3: Gráfico de dispersão. Quantidade de corpos frutificantes em relação a quantidade de artrópodes encontrados.

Há muitas variáveis a serem consideradas e discutidas que podem explicar o fenômeno encontrado, tais como: baixo número amostral devido a recursos limitados; estágio do desenvolvimento do fungo, onde em muitos casos já estavam ressecados; diferença de tamanho dos basidiomas; menor quantidade de fungos de hábito solitário encontrados; e tipo de substrato onde o fungo foi encontrado. Apesar dos problemas enfrentados e questões metodológicas necessárias para melhoria deste tipo de pesquisa, é notável que a interação fungo-artrópode é recorrente e diversa, sendo necessário futuras análises para melhor compreensão.

4. CONCLUSÃO

As análises das interações entre fungos e artrópodes trouxeram resultados interessantes e complexos, uma vez que das 31 amostras de fungos coletadas, 17 tiveram algum tipo de interação em pelo menos sete ordens distintas de artrópodes. Houve uma grande interação com a ordem Hymenoptera, podendo ser indicativo de alguma associação entre esses grupos. Além disso, foi marcante a preferência por fungos dispostos em substratos de madeira em decomposição, especialmente por térmitas.

Apesar de a correlação entre fungos gregários e artrópodes não terem se mostrado estatisticamente significativas, foi notável que os fungos gregários apresentaram interação com uma maior diversidade e quantidade de artrópodes.

Desse modo, é importante reconhecer as limitações metodológicas e as variáveis não consideradas sofridas pelo trabalho como, um baixo número de amostras coletadas, estágio de desenvolvimento do fungo, tipo de substrato onde os fungos foram coletados, baixo número de fungos solitários. Assim, para melhor compreensão sobre a interação desses grupos, é importante futuras pesquisas e análises acerca da interação entre os mesmos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Dr. Alexandre Vasconcellos por proporcionar esta atividade imersiva que é tão preciosa para nossa formação acadêmica e profissional, além de auxiliar na elaboração dos projetos e disponibilizar o material necessário para a realização destes. Agradecemos aos alunos da pós-graduação que também colaboraram durante a coleta e na discussão dos projetos. Também agradecemos aos servidores do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) e gestores da Reserva Biológica Guaribas pelo apoio na realização das atividades em campo, pelo fornecimento da estrutura para os pesquisadores e para triagem dos dados deste trabalho, além de

todo o suporte. Por fim, agradecemos a todos os colegas de turma que tornaram este projeto em uma experiência mais divertida.

6. REFERÊNCIAS

- Birkemoe, T., Jacobsen, R. M., Sverdrup-Thygeson, A., & Biedermann, P. H. Insect-fungus interactions in dead wood systems. *Saproxyllic insects: diversity, ecology and conservation*, 377-427. (2018).
- Bultman, T. L., & White, J. F. "Pollination" of a fungus by a fly. *Oecologia*, 75, 317-319. (1988).
- Costa, A. L., Furlan-Lopes, C., Bertazzo-Silva, F. A., Klotz-Neves, A. L., Ferraz, K. R., Köhler, A., & Putzke, J. Mycophagy of Attini Ants (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) with Agaricales Mushrooms (Basidiomycota, Agaricomycetes) at Riparian Zone in Southern Brazil: Micofagia de Formigas Attini (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) com Cogumelos Agaricales (Basidiomycota, Agaricomycetes) em Zonas Ripárias no Sul do Brasil. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(4), 3935-3960. (2022)
- Groff, B. L., Bernardi, E., & Gottschalk, M. S. Levantamento de Insecta, com ênfase em Drosophilidae, emergindo de macrofungos da região sul do Brasil. (2019)
- Hanski, I. Fungivory: fungi, insects and ecology. *Insect–fungus interactions*, 25-68. (1989)
- Harrington, T. C., Furniss, M. M., & Shaw, C. G. Dissemination of hymenomycetes by *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Scolytidae). *Phytopathology*, 71(5), 551-554. (1981)
- IBAMA. (2003). Plano de Manejo da Reserva Biológica Guaribas. Brasília, DF: IBAMA, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/rebio-guaribas/arquivos/rebio_guaribas.pdf. Acesso em: 22 abr. 2024.
- Index Fungorum - Search Page. (n.d.). www.indexfungorum.org. Disponível em <<https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>> .
- Luisa, B. G. *Insect-fungus interactions*. Academic Press. (2012)
- Melo, J. I. M., & Vieira, D. D. Flora da Reserva Biológica Guaribas, PB, Brasil: Boraginaceae. *Hoehnea*, v. 44, p. 407-414. (2017).
- Pechenik, J. A. *Biologia dos invertebrados*. 7. ed. Porto Alegre: AMGH. (2016).
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. (2014)
- Sun, B. D., & Liu, X. Z. Occurrence and diversity of insect-associated fungi in natural soils in China. *Applied soil ecology*, 39(1), 100-108. (2008)
- Valer, F. B., Bernardi, E., Mendes, M. F., Blauth, M. L., & Gottschalk, M. S. Diversity and associations between Drosophilidae (Diptera) species and Basidiomycetes in a Neotropical forest. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88, 705-718. (2016).
- Wickham, H. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer New York. (2009)

INQUILINISMO EM NINHOS: ANÁLISE DA FAUNA ASSOCIADA A CUPINZEIROS NA MATA ATLÂNTICA BRASILEIRA

Victória Nóbrega Aguiar¹; Beatriz Gomes de Oliveira¹; Henrique de Brito Mafaldo¹

¹*Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Sistemática e Ecologia, João Pessoa, PB,
BRASIL.*

RESUMO

Os ninhos de cupins representam estruturas complexas dentro dos ecossistemas tropicais e podem representar microhabitats para outras espécies, chamadas termitófilos. O objetivo foi comparar as comunidades de morfoespécies de artrópodes de cupinzeiros e da serrapilheira circundante, verificando se há diferença significativa. Esse trabalho foi desenvolvido na Reserva Biológica Guaribas, localizada nos municípios paraibanos de Mamanguape e Rio Tinto. A análise por NMDS mostrou que não há similaridade entre as comunidades encontradas nos cupinzeiros e serrapilheira indicando que esses dois micro-habitats abrigam fauna singular e divergente, apesar de coexistirem na mesma área. A análise de similaridades indicou que os resultados foram significativos. Sugere-se que ninhos de cupins e serrapilheira representam habitats distintos, cada um abrigando sua própria comunidade exclusiva de invertebrados. Esses resultados sinalizam a importância dos cupins na criação de heterogeneidade nos ambientes e ressaltam sua relevância para a conservação de espécies de invertebrados.

Palavras-chave: Ecologia; termitófilos; invertebrados; escalonamento-multidimensional.

1. INTRODUÇÃO

Os cupins (ou térmitas) são insetos eussociais que evoluíram convergentemente a himenópteros sociais como abelhas e formigas (Misof *et al.*, 2014). Os primeiros cupins surgiram no período Jurássico, há cerca de 150 milhões de anos (Misof *et al.*, 2014). Os cupins, como outros insetos eussociais, erguem estruturas complexas conhecidas como ninhos, destinadas a abrigar suas colônias. Essas estruturas constituem a primeira barreira de proteção da colônia contra invasores e competidores, permitindo a manutenção da homeostase, estoque de alimentos e coesão colonial (Andersson, 1984; Costa-Leonardo, 2002; Jones & Oldroyd, 2006). Os ninhos são formados por partículas de solo, madeira, matéria fecal e saliva e exibem uma grande variedade em sua arquitetura: podem ser subterrâneos, epígeos e arborícolas e alcançar tamanhos de até 1.000 metros cúbicos

(Noirot & Pec, 2000). Devido à sua grande capacidade de construção os cupins são conhecidos como engenheiros do ecossistema (Payton *et al.*, 2002), desempenhando um papel crucial na estruturação e funcionamento dos ecossistemas terrestres.

Os ninhos de cupins, especialmente os construídos por espécies como *Macrotermes* spp. representam estruturas complexas dentro dos ecossistemas tropicais (Menichetti *et al.*, 2014). Essas estruturas são reconhecidas por sua influência significativa na composição e diversidade de vegetação, assim como na distribuição de nutrientes e na dinâmica de nutrientes do solo (Bignell, 2019). Estudos anteriores demonstraram que os ninhos abandonados de cupins mantêm níveis elevados de atividade microbiana e concentração de nutrientes em comparação com o solo adjacente, resultando em um efeito de "hot spot" de nutrientes nessas áreas (López-Hernandez, 2023; Menichetti *et al.*, 2014). Além disso, a presença de ninhos de cupins pode afetar a distribuição de espécies vegetais, com algumas espécies mostrando uma preferência marcada por colonizar essas estruturas em vez do solo circundante (Moe *et al.*, 2009). Essas descobertas destacam a importância dos ninhos de cupins como pontos focais de atividade biológica e ciclagem de nutrientes nos ecossistemas tropicais, influenciando diretamente a estrutura e a função desses ambientes.

Os benefícios providos pelos cupinzeiros são atrativos para uma ampla variedade de organismos, representando microhabitats para outras espécies (Cruz, 2021). Cupinzeiros podem ser invadidos por outras espécies de cupins ou ocupados por outros grupos taxonômicos que coabitam os ninhos (aves, lagartos, morcegos e inúmeros invertebrados), sendo estes denominados de termitófilos (Cruz, 2021). Os termitófilos podem ocupar locais do ninho que são abandonados ou pouco vigiados pelos cupins ou até mesmo realizar o mimetismo de castas evitando serem percebidos. (Saulino *et al.* 2010).

Desta forma, o entendimento da heterogeneidade na composição de microhabitats evidencia a importância dos cupinzeiros para a estruturação espacial, fornecendo uma complexidade maior ao ambiente através da diversidade de nichos ecológicos (Andrias, 1994). Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a diversidade de morfoespécies de artrópodes em cupinzeiros abandonados e na serapilheira circundante, de forma a avaliar se existe uma diferença significativa entre a composição das comunidades dos habitats.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido na Reserva Biológica Guaribas, localizada nos municípios paraibanos de Mamanguape e Rio Tinto. Possui uma área de 4.051,62 hectares e se caracteriza com áreas de Florestas Estacionais Semidecíduais de Terras Baixas, Áreas de Tensão Ecológica, Zonas de Transição e Sistema Secundário (Ministério do Meio Ambiente, 2003).

2.2 Coleta de Material

A coleta do material ocorreu no dia 07 de Abril de 2024, das 9h às 13h, na área de Floresta Estacional Semidecidual. A principal trilha de acesso foi percorrida, e cada ninho de cupim encontrado era avaliado se estava abandonado de acordo com suas características (estava solto, não possuía indivíduos de sua espécie). Foram determinados quatro pontos de coleta com uma distância mínima de 50 metros entre eles. Assim, os ninhos foram quebrados e separados em três bandejas, onde os pesquisadores coletaram os indivíduos encontrados durante o período de 30 minutos. Todos os ninhos coletados pertenciam a cupins da espécie *Labiotermes labralis*.



Figura 1: Pesquisadores fazendo a coleta dos ninhos de cupins

A coleta de serapilheira foi realizada a 1 metro de distância do ninho de cupins encontrado, utilizando um quadrado de 20cmx20cm para delimitar e padronizar o espaço a ser analisado. A serapilheira foi dividida em três bandejas onde foram coletados os indivíduos encontrados durante o período de 30 minutos. Todos os indivíduos encontrados foram colocados em recipientes com álcool 70%. O esforço de coleta foi calculado multiplicando a quantidade de coletores pelo tempo de amostragem, totalizando 1h30 para os cupinzeiros e 1h30 para a serrapilheira.



Figura 2: Ninhos de *Labiotermes labralis* coletados.

2.3 Triagem do Material

O material coletado foi triado utilizando microscópios estereoscópicos do Laboratório Didático de Zoologia, localizado no Departamento de Sistemática e Ecologia na Universidade Federal da Paraíba. Os indivíduos coletados foram identificados a nível de ordem e morfoespécie, e os dados organizados em uma matriz de presença e ausência.

2.4 Análise Estatística

As análises foram feitas no programa *Past*, utilizando a análise de NMDS e a análise de similaridades *ANOSIM* para testar a significância dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas 51 morfoespécies de invertebrados, 20 ocorrendo exclusivamente nos ninhos de cupim e 28 apenas na serrapilheira (Tabela 1). A análise por NMDS mostrou que não há similaridade entre as comunidades encontradas nos cupinzeiros e serrapilheira. Ademais, a análise de similaridades indicou que os resultados foram significativos ($p = 0,0276$).

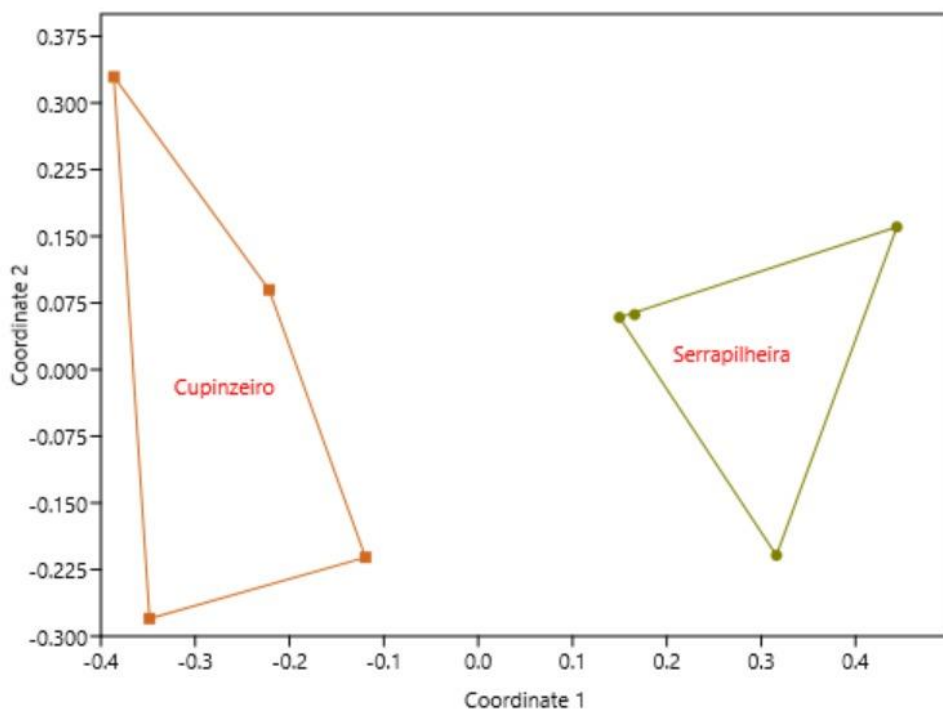


Figura 3: Análise de similaridade de comunidades por NMDS.

Em nosso estudo evidenciamos uma distinta disparidade na composição das comunidades de invertebrados entre os ninhos de cupins e a serrapilheira adjacente. Este achado indica que esses dois

micro-habitats abrigam fauna singular e divergente, apesar de coexistirem na mesma área. Enquanto 20 morfoespécies foram exclusivamente identificadas nos ninhos de cupins, outras 28 espécies foram identificadas unicamente na serrapilheira, destacando, assim, a diversidade e especialização dos invertebrados associados a cada um desses ambientes.

A menor riqueza de morfoespécies encontrada nos cupinzeiros contrasta com achados em savanas, onde os cupinzeiros foram reconhecidos como centros de diversidade significativos, exercendo influência positiva sobre a diversidade de invertebrados em múltiplos grupos tróficos e taxonômicos, como Orthoptera, Coleoptera e Formicidae (Leitner *et al.*, 2020). No entanto, em nosso estudo na Mata Atlântica, não identificamos evidências que respaldam uma maior diversidade de invertebrados nos ninhos de cupins em comparação com o substrato circundante. De forma semelhante, o estudo realizado por Battirolla *et al.* (2017) no Pantanal brasileiro verificou uma menor diversidade de espécies de pseudoescorpiões em cupinzeiros quando comparados com diferentes habitats da floresta. Entretanto, várias espécies eram exclusivas desse ambiente, revelando a importância dos cupinzeiros como um elemento estrutural da floresta. Dessa maneira, ressalta-se a importância de se considerar a heterogeneidade ambiental ao se investigar a diversidade de invertebrados. Assim, sugere-se que ninhos de cupins e a serrapilheira representem microhabitats distintos, cada um abrigando sua exclusiva comunidade de invertebrados.

As discrepâncias podem ter ocorrido devido às incertezas taxonômicas do presente estudo. Os artigos citados apresentam identificações dos espécimes em nível específico e apenas de ordens escolhidas. O presente estudo, no entanto, organizou as ordens em alguns morfotipos e considerou todos os artrópodes encontrados. As discrepâncias observadas podem ser atribuídas também às particularidades específicas da Mata Atlântica, que apresenta uma vegetação densa e diversificada, aliada a condições microclimáticas únicas (Magnago *et al.*, 2015). Os ninhos de cupins podem prover microambientes específicos que favorecem determinadas espécies de invertebrados (López-Hernández, 2023; Menichetti *et al.*, 2014), enquanto a serrapilheira circundante pode abrigar outra variedade de espécies adaptadas a diferentes condições ambientais, principalmente espécies herbívoras e detritívoras. Os invertebrados que habitam a serrapilheira predominantemente fazem parte da "rede trófica marrom" (RTM). Essa rede desempenha um papel fundamental na reciclagem de nutrientes e na liberação de energia armazenada nos tecidos vegetais. Além disso, eles representam uma parcela significativa, constituindo metade ou mais da diversidade de artrópodes em florestas tropicais (Donoso *et al.*, 2010).

4. CONCLUSÃO

Nossos resultados revelam uma clara disparidade na composição das comunidades de invertebrados entre os ninhos de cupins e a serrapilheira adjacente, destacando a singularidade e divergência dos dois microhabitats. A menor riqueza de morfoespécies nos cupinzeiros contrasta com achados em savanas, onde os cupinzeiros são centros de diversidade. Essas discrepâncias podem ser atribuídas às particularidades da Mata Atlântica, com ninhos de cupins oferecendo microambientes específicos para algumas espécies de invertebrados, enquanto a serrapilheira abriga uma gama distinta de espécies adaptadas a diferentes condições ambientais. Estudos mais abrangentes devem ser realizados de forma a melhor entender as particularidades da fauna associada aos cupinzeiros e serrapilheira.

5. AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à equipe de servidores da Reserva Biológica Guaribas por tornar possível nossa estadia na reserva e conseqüentemente essa saída de campo. Agradecemos também ao professor Alexandre pela experiência de disciplina imersiva, pela ajuda em campo, pelos ensinamentos e pelas paçoquitas. Agradecemos também a Gabriel e Matilde por ajudarem tanto com todos os processos do experimento, desde o desenho experimental até a coleta e triagem. Por fim, agradecemos aos outros alunos da disciplina pela ajuda e por terem tornado essa experiência ainda melhor.

6. REFERÊNCIAS

BATTIROLA, L. D. *et al.* Vertical and time distribution of Pseudoscorpiones (Arthropoda: Arachnida) in a floodplain forest in the Brazilian Pantanal. **Revista de biologia tropical**, v. 65, n. 2, p. 445-459, 2017.

BIGNELL, D. E. Termite ecology in the first two decades of the 21st century: a review of reviews. **Insects**, v. 10, n. 3, p. 60, 2019.

CRUZ, J. S. Mecanismos envolvidos na manutenção de inquilinismo obrigatório em ninhos de cupins. 2021. (Dissertação de Mestrado).

DONOSO, D. A.; JOHNSTON, Mary K.; KASPARI, Michael. Trees as templates for tropical litter arthropod diversity. **Oecologia**, v. 164, p. 201-211, 2010.

- LEITNER, M. *et al.* Termite mounds create heterogeneity in invertebrate communities across a savanna rainfall gradient. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 1427-1441, 2020.
- LOPEZ-HERNANDEZ, D. Termite mound as nutrient hot-spots in savannah with emphasis in P cycling and the potential use of mounds as soil amendment. **Pedobiologia**, p. 150888, 2023.
- MARTIUS, C. Termite nests as structural elements of the Amazon floodplain forest. **Andrias**, 13, 137-150.
- MAGNAGO, L. F. S. *et al.* Microclimatic conditions at forest edges have significant impacts on vegetation structure in large Atlantic forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, p. 2305-2318, 2015.
- MENICHETTI, L. *et al.* Chemical properties and biochemical activity of colonized and abandoned litter-feeding termite (*Macrotermes* spp.) mounds in chromic Cambisol area on the Borana plateau, Ethiopia. **Pedosphere**, v. 24, n. 3, p. 399-407, 2014.
- MISOF, B. *et al.* Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. **Science**, v. 346, n. 6210, p. 763-767, 2014.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano de Manejo da Reserva Biológica Guaribas – IBAMA, 2003
- MOE, S. R.; MOBÆK, R.; NARMO, A. K.. Mound building termites contribute to savanna vegetation heterogeneity. **Plant Ecology**, v. 202, p. 31-40, 2009.
- NOIROT, C.; DARLINGTON, Johanna, P. E. C. Termite nests: architecture, regulation and defence. **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**, p. 121-139, 2000.
- PAYTON, I. J.; FENNER, M.I; LEE, W. G.. Keystone species: the concept and its relevance for conservation management in New Zealand. 2002.
- SAULINO, H. *et al.* Estranhos no ninho: Estudos da relação da altitude e inquilinos de cupinzeiros, 2010.

INTERAÇÃO INSETO-PLANTA: TAXA DE HERBIVORIA E A HIPÓTESE DO VIGOR/ESTRESSE EM MANGABEIRAS (*HANCORNIA SPECIOSA*, GOMES) DA RESERVA BIOLÓGICA GUARIBAS-PB

Bruno Miguel Flor¹ e Melissa Kathleen de Oliveira Lima¹

¹*Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Sistemática e Ecologia, João Pessoa, PB, BRASIL.*

RESUMO

A herbivoria é um dos principais tipos de interação inseto-planta que existem na natureza, podendo ser causada por insetos mastigadores, sugadores, minadores, broqueadores e galhadores. Várias hipóteses tentam explicar o padrão de seleção por herbívoros, entre elas a Hipótese de Vigor da Planta e a Hipótese de Estresse da Planta, as quais propõem que o estado fisiológico do organismo vegetal é determinante para a herbivoria. A mangabeira (*Hancornia speciosa*, Gomes) é uma árvore predominante em ambientes com solos arenosos, ácidos, com baixa fertilidade e matéria orgânica, e que possuem pouca capacidade de retenção de água. No presente trabalho objetivou-se correlacionar os sinais de herbivoria em espécimes de *Hancornia speciosa* saudáveis e não saudáveis, presentes na mata de tabuleiro dentro da Reserva Biológica Guaribas, na Paraíba. A amostragem foi feita retirando os ramos mais apicais e os mais distais de árvores mais saudáveis e menos saudáveis. As folhas foram analisadas registrando os possíveis sinais de herbivoria. Os resultados foram tabelados e dispostos no R para a criação de uma matriz de correlação entre a média dos ramos apicais e basais, assim como uma matriz separada para esses. A análise dos dados revelou que as manchas pretas (possível indicativo de doença) apresentaram uma presença constante e alta. As manchas vermelhas (possível indicativo de doença) exibiram variação significativa. A presença de galerias nas folhas de ramos basais contrabalanceou os picos de ocorrência tanto das manchas vermelhas quanto das manchas pretas, sendo que para a interação manchas vermelhas-galerias, a correlação foi significativa. Além disso, observou-se uma correlação positiva significativa entre a presença de manchas pretas e galhas nos ramos apicais, destacando a complexidade das interações planta-herbívoro e a necessidade de investigações adicionais para compreender melhor esses padrões.

Palavras-chave: Mangaba; Mata de Tabuleiro; Herbivoria; Insecta

1. INTRODUÇÃO

A herbivoria é um dos principais tipos de interação inseto-planta que existem na natureza, onde a planta é predada por diversos animais, principalmente os insetos. As plantas possuem diferentes tipos de defesas contra sua predação, como por exemplo, variações de temperatura, ausência de água ou tratamento com agentes químicos (FERNANDES, 2009). Os insetos herbívoros são pertencentes a diversas ordens então são comumente separados em guildas que dizem sobre o tipo e a forma que utilizam a vegetação, podendo ser: mastigadores, sugadores, minadores, broqueadores e galhadores (PRICE, 1997).

Várias hipóteses tentam explicar o padrão de seleção por herbívoros, entre elas a Hipótese de Vigor da Planta (HVP) e a Hipótese de Estresse da Planta (HEP), as quais propõem que o estado fisiológico do organismo vegetal é determinante para a herbivoria, na HVP argumenta-se que as plantas mais saudáveis sofrem mais herbivoria por estarem mais nutritivas, enquanto a HEP supõe que as plantas imunologicamente mais fracas estão mais propícias a serem herbivoradas por não investirem fisiologicamente em possíveis mecanismos de defesa contra essa predação (PRICE, 1991).

Cognominada como a *Rainha dos Tabuleiros* em 1960 pelo agrônomo Roberto da Costa Barros, a mangabeira (*Hancornia speciosa*, Gomes) é uma árvore conhecida pelo seu fruto, a mangaba, com grande importância histórica, cultural e econômica. Naturalmente encontrada em regiões de vegetação aberta, tais como cerrados, cerradões, tabuleiros e restingas. Onde predominam solos arenosos, ácidos, com baixa fertilidade e matéria orgânica, e que possuem pouca capacidade de retenção de água (SILVA-JUNIOR, 2017).

A mangabeira (*Hancornia speciosa*) possui látex, o que infere uma série de dificuldades na incidência de herbivoria sobre a mesma. O látex pode conter substâncias tóxicas ou repelentes que desencorajam os herbívoros de se alimentarem das folhas ou do caule da planta. Quando a planta é danificada, o látex pode ser liberado para cobrir a área danificada, ajudando na cicatrização e proteção contra infecções por patógenos. Além de repelir herbívoros, o látex pode conter compostos que inibem o crescimento de fungos, bactérias e outros microrganismos, protegendo a planta contra infecções (Whitham et al., 1986).

Em algumas espécies, o látex pode ajudar a selar feridas e cortes, reduzindo a perda de água por transpiração e ajudando a planta a conservar sua umidade, ainda podendo conter compostos que ajudam a planta a resistir a condições ambientais adversas, como seca, calor extremo ou ataques de insetos (Whitham et al., 1986).

Objetiva-se com o presente trabalho correlacionar os sinais de herbivoria em espécimes de *Hancornia speciosa* saudáveis e não saudáveis a fim de observar se há um padrão entre a herbivoria

com a saúde dos organismos, conforme sugerem as duas hipóteses citadas, e se sim, qual das duas se mostra mais válida nesse caso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Reserva Biológica Guaribas, localizada nas coordenadas 6° 43' 17" S 35° 10' 49" O, abriga dois tipos de vegetações pertencentes ao bioma da Mata Atlântica sendo uma a floresta estacional semidecidual e a outra uma mata de tabuleiro. A planta analisada possui uma forte relação fisiológica com as características de solo da mata de tabuleiro, logo a área de estudo foi dentro desta mata.



Figura 1. Entrada da mata de tabuleiro na ReBio Guaribas.

2.2 Coleta do material vegetal

Foram selecionadas 10 árvores da espécie *Hancornia speciosa* localizadas ao longo da área estudada, abrangendo uma diversidade representativa de espécimes visivelmente mais saudáveis (grande número de folhas esverdeadas e com frutos) e menos saudáveis (aspecto mais seco e opaco nas folhas, sem frutificações).

Para cada árvore selecionada, foram identificados o galho mais basal (inferior) e o galho apical (superior) considerando critérios morfológicos e de crescimento, coletando o último ramo de ambos para posterior análises e comparações.



Figura 2. Exemplos de vitalidade. A- Indivíduo considerado menos saudável. B- Indivíduo considerado mais saudável

2.3 Análise das folhas colhidas

No laboratório didático de zoologia da Universidade Federal da Paraíba as amostras foram coletadas minuciosamente e observadas através de estereomicroscópios em busca de possíveis sinais de herbivoria os quais foram anotados e registrados fotograficamente. Os possíveis sinais de herbivoria foram definidos a partir dos seguintes aspectos: presença do sinal de herbivoria nos diferentes ramos (alto e baixo) e porcentagem de herbivoria verificada na quantidade de folhas de cada ramo.

Para verificar as possíveis causas dos sinais de herbivoria (infecção fúngica ou doenças virais e bacterianas) consultamos os professores doutores Frederico Alves (Fisiologista Vegetal) e Felipe Wartchow (Micólogo), vinculados ao Departamento de Sistemática e Ecologia da UFPB.



Figura 3. Sinais de herbivoria. A- Uma possível galha. B- Uma galeria.



Figura 4. Sinais de anomalia. A- Mancha preta. B- Mancha vermelha.

Após a análise do material coletado, os dados foram utilizados para a criação de uma tabela com a porcentagem de folhas em cada ramo, basal e apical, de cada um dos dez indivíduos, com as características descritas.

Tabela 1: Porcentagem de presença de mancha vermelha (MV), mancha preta (MP), galha e galeria observada nos ramos basais e apicais de cada um dos dez indivíduos. IRB - indivíduo ramo basal. IRA - indivíduo ramo apical.

INDIVÍDUO	MV %	MP %	Galhas %	Galerias %	Total de folhas
1° IRB	0,5	1	0,88	0,25	8
2° IRB	0,13	1	0,88	0,63	8
3° IRB	1	1	1	0,33	3
4° IRB	0,25	1	1	0,83	12
5° IRB	0,88	1	1	0,25	8
6° IRB	1	1	0,58	0,25	12
7° IRB	0,1	0,9	1	0,9	10
8° IRB	0,33	0,8	0,93	0,93	15
9° IRB	0	1	1	0,83	6
10° IRB	0,36	1	1	0,64	11
1° IRA	1	1	0,8	0,4	10
2° IRA	0,71	1,14	1	0,71	7
3° IRA	1	1	1	1	5
4° IRA	0,5	1	1	0,43	14
5° IRA	1	1	0,83	0,5	6
6° IRA	0,92	0,92	0,62	0,31	13
7° IRA	0,15	0,85	0,77	0,46	13

8° IRA	0,67	0,92	0,75	0,5	12
9° IRA	0	1	1	0,4	10
10° IRA	0,23	0,77	0,69	0,54	13

2.4 Análise dos dados observados

Os dados brutos foram importados para o Google Sheets, onde foram organizados em uma planilha de acordo com as variáveis e categorias pertinentes, sendo separados por indivíduos (10 no total), e se as informações eram de um ramo basal ou apical.

Utilizando as funcionalidades do Google Sheets, foram criadas tabelas e gráficos de linhas para explorar inicialmente os padrões e tendências nos dados. Os dados processados foram então transferidos do Google Sheets para o ambiente de programação R para análises mais avançadas e estatísticas. No R, foram realizadas análises estatísticas mais sofisticadas. Foram criadas matrizes de correlação para investigar as relações entre as variáveis, executando testes de significância estatística, calculando valores P para avaliar a força e a significância das relações identificadas. Os pacotes “Hmisc” e “corrplot” foram utilizados.

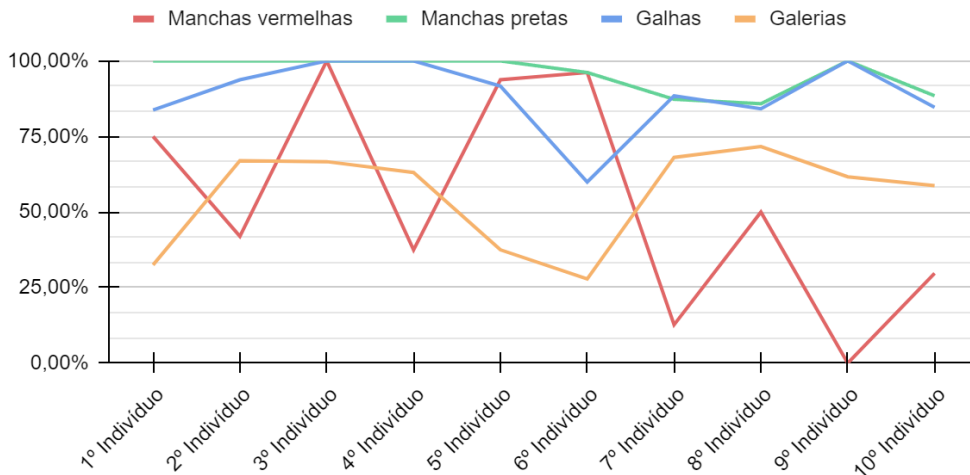
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados utilizando dados da média entre o ramo apical e basal dos indivíduos

Foi calculada a média das características observadas em cada ramo, apical e basal, de cada indivíduo, e depois recalculada a proporção em relação ao total de folhas para uma visão mais abrangente da incidência das características analisadas na planta.

Figura 1: Gráfico de linhas indicando a presença média (%) entre ramos basais e apicais, de manchas vermelhas, manchas pretas, galhas e galerias nas folhas.

MÉDIA IRB - IRA - Presença por folhas de ramos coletados



É notável a constância da presença de manchas pretas em níveis elevados entre os diferentes indivíduos de mangabeira, enquanto as manchas vermelhas exibem uma variação significativa. Este padrão pode indicar que as manchas pretas são independentes de outros fatores estudados ou, alternativamente, levanta a hipótese de que a presença dessas manchas pode predispor a planta a infecções secundárias, possivelmente responsáveis pelo aparecimento das manchas vermelhas. Notavelmente, a presença de galerias parece contrabalançar os picos de ocorrência tanto das manchas vermelhas quanto das manchas pretas, sugerindo uma possível interação negativa entre essas características. Por outro lado, a presença de galhas parece associar-se inversamente às manchas vermelhas, enquanto aparentemente não se correlaciona com a presença das manchas pretas.

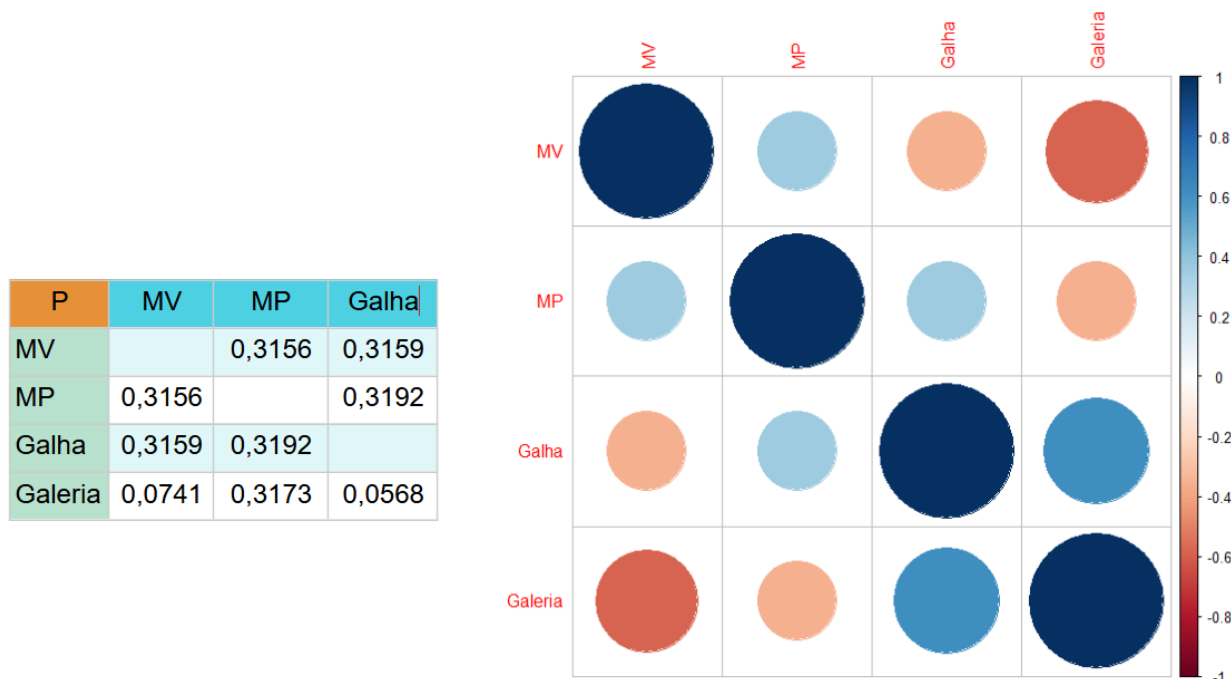


Figura 5: À esquerda, os valores P de cada correlação da matriz à direita, utilizando a média dos dados coletados dos ramos basais e apicais de cada indivíduo.

Embora não tenhamos encontrado uma correlação estatisticamente significativa em nenhuma das correlações, podemos especular sobre possíveis interações entre essas características.

As manchas pretas se mantiveram com uma taxa de aparição alta em todos os indivíduos, o que poderia de certa forma, deixar a planta suscetível para o aparecimento de manchas vermelhas, característica essa que variou muito mais quando comparada com as manchas pretas. Ou indo no sentido contrário, poderia significar que as manchas pretas são irrelevantes como fatores de correlação.

A ausência de uma correlação significativa entre a presença de manchas vermelhas e galhas sugere que essas características podem ser influenciadas por fatores distintos, ou que a presença de um pode afetar a incidência da outra de maneira não linear.

A correlação negativa entre a presença de manchas vermelhas e galerias sugere uma possível relação competitiva entre essas características. Pode ser que a presença de manchas vermelhas esteja associada a condições que desencorajam a atividade de insetos minadores. Isso merece investigações adicionais para entender melhor essa dinâmica, uma vez que o valor P dessa correlação foi o mais próximo do significativo ($p = 0,0741$).

3.2 Resultados utilizando dados do ramo basal dos indivíduos

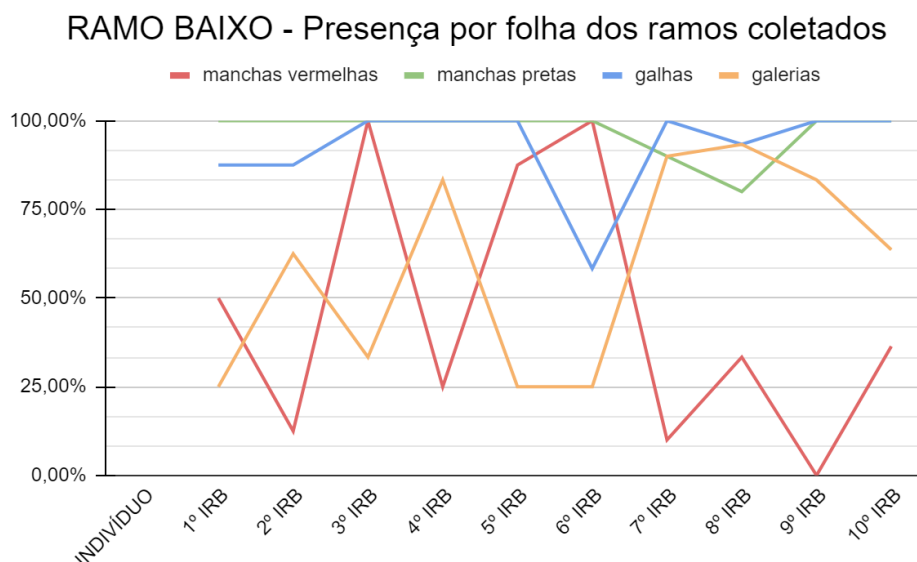


Figura 6: Gráfico de linhas indicando a presença (%) de manchas vermelhas, manchas pretas, galhas e galerias nas folhas do ramo basal coletado de cada um dos 10 indivíduos.

Mais uma vez, observamos que a presença de manchas pretas permanece constante, com uma alta incidência, diminuindo apenas ligeiramente nos últimos indivíduos analisados. Coincidentemente,

essa queda na presença de manchas pretas coincide com uma redução na ocorrência de manchas vermelhas, sugerindo a possibilidade de uma correlação entre essas características. Por exemplo, é plausível inferir que a presença de manchas pretas pode predispor a planta a infecções secundárias por manchas vermelhas.

Além disso, notamos que tanto as manchas vermelhas quanto as manchas pretas diminuem em conjunto com o aumento da ocorrência de galhas e galerias. Essa observação sugere uma possível relação direta e positiva entre a vitalidade da árvore e a incidência de herbivoria, uma vez que uma menor manifestação de sintomas de doença parece coincidir com uma maior presença de sinais de herbivoria na planta.

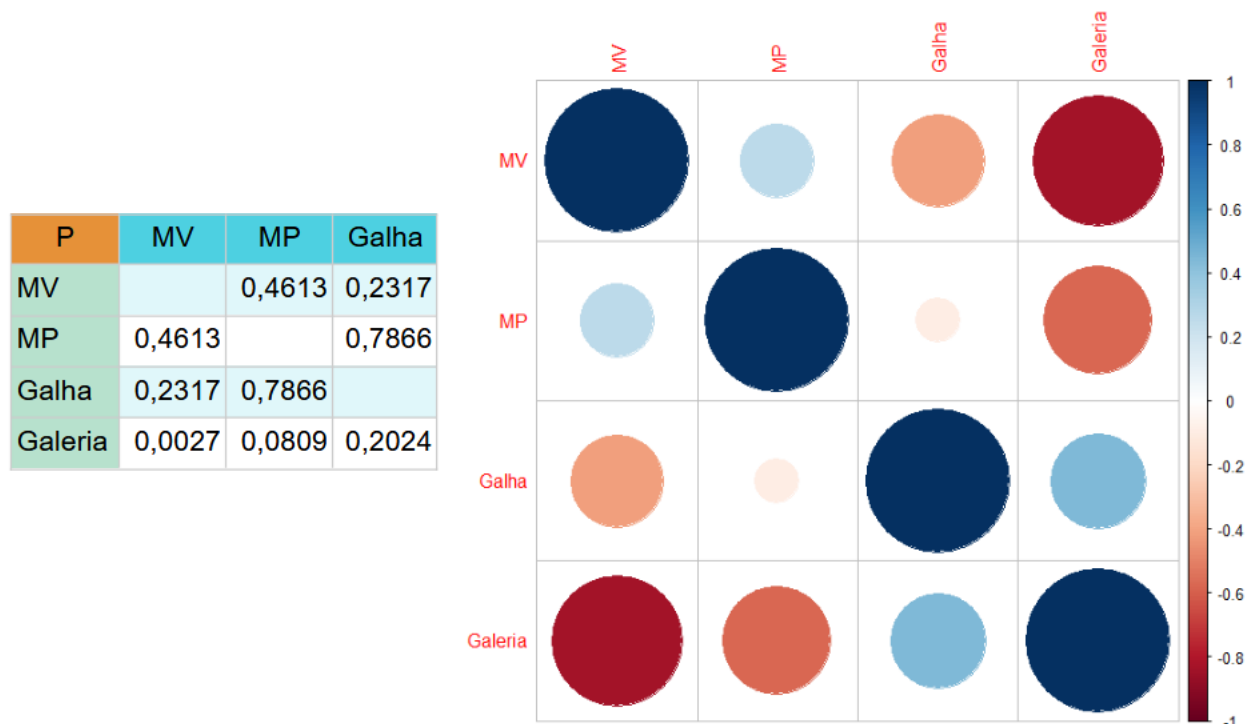


Figura 7: À esquerda, os valores P de cada correlação da matriz à direita, utilizando os dados coletados do ramo basal de cada indivíduo.

Nos ramos basais da mangabeira, nossa análise não revelou uma associação estatisticamente significativa entre a presença de manchas vermelhas e manchas pretas. Esses resultados sugerem que, nesse contexto, a incidência de manchas pretas não está diretamente ligada à presença de manchas vermelhas. Além disso, não encontramos uma correlação significativa entre as manchas vermelhas (e nem entre manchas pretas) e a presença de galhas.

Por outro lado, identificamos uma correlação extremamente negativa entre a presença de manchas vermelhas e a ocorrência de galerias, destacando uma possível interação entre essas características.

A correlação negativa entre manchas vermelhas e galerias apresenta uma significância estatística robusta ($p = 0,0027$), sugerindo que essa relação não é meramente coincidência. Isso pode indicar uma preferência dos insetos minadores por folhas que exibem menos sintomas de estresse ou danos, possivelmente refletindo uma escolha por folhas mais saudáveis para a infestação.

3.3 Resultados utilizando dados do ramo apical dos indivíduos

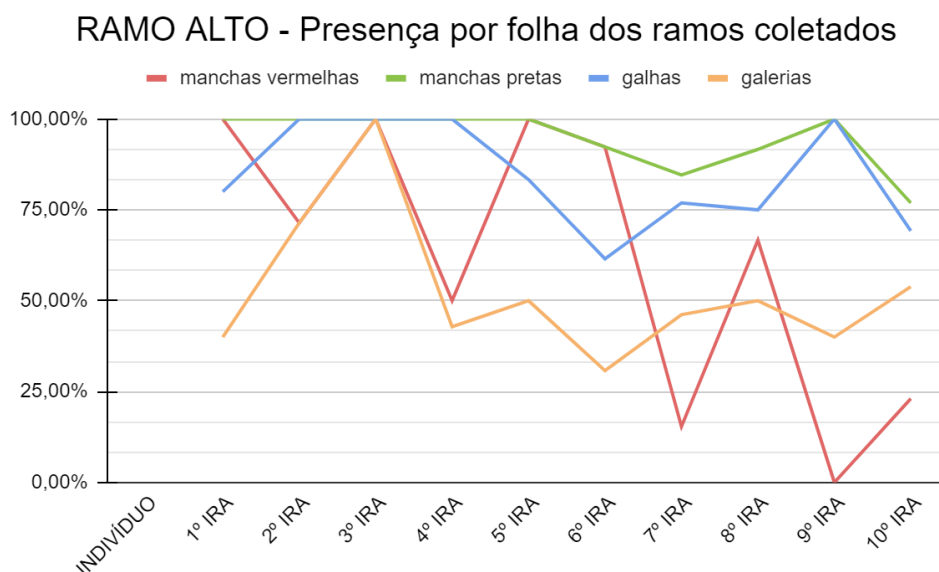


Figura 8: Gráfico de linhas indicando a presença (%) de manchas vermelhas, manchas pretas, galhas e galerias nas folhas do ramo apical coletado de cada um dos 10 indivíduos.

Mais uma vez, foi observado que a incidência de manchas pretas permanece substancial e estável em todos os indivíduos estudados, com uma presença mínima superior a 75%. Curiosamente, a ocorrência de galhas e galerias parece seguir um padrão semelhante, sugerindo uma possível associação entre essas características. Além disso, tanto as manchas pretas quanto as manchas vermelhas exibem picos de ocorrência nos mesmos indivíduos. No entanto, contrariando as expectativas com base nos dados anteriores, a presença de galerias, galhas e manchas vermelhas parece seguir um padrão semelhante.

Essa discrepância nas correlações entre indicativos de doenças e a herbivoria nos ramos altos e baixos pode ser interpretada considerando as diferentes condições ecológicas e fatores de estresse que podem afetar as plantas em diferentes alturas.

As condições ambientais podem variar significativamente entre a copa das árvores e a base, incluindo a exposição à luz solar, temperatura, umidade e vento. Essas diferenças podem influenciar

a disponibilidade de recursos para os herbívoros, bem como a suscetibilidade das plantas a doenças e os recursos disponíveis para a mesma. Insetos podem ter diferentes padrões de acesso aos diferentes níveis da planta. Por exemplo, insetos podem preferir se alimentar das folhas mais jovens e tenras na parte superior da árvore, o que explicaria a alta herbivoria mesmo com indicativos de doença

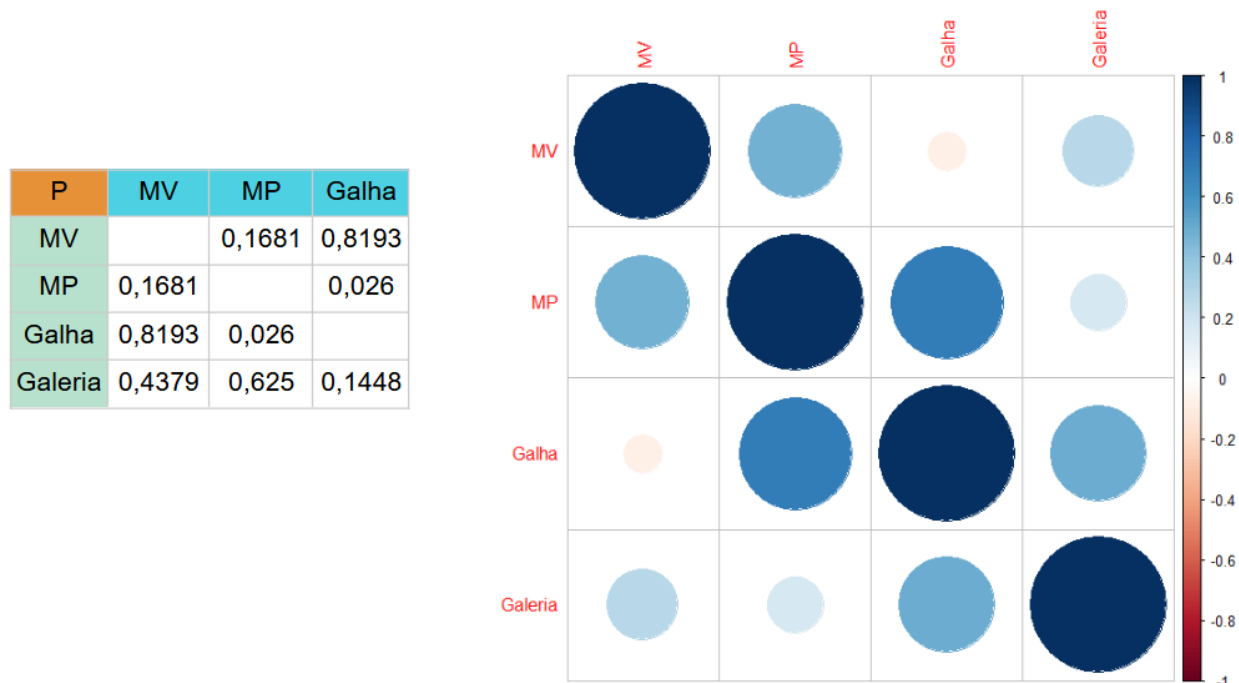


Figura 9: À esquerda, os valores P de cada correlação da matriz à direita, utilizando os dados coletados do ramo apical de cada indivíduo.

Foi observada uma correlação positiva ligeira entre a presença de manchas vermelhas e manchas pretas nos ramos altos, porém, não foi significativa. A correlação ligeiramente negativa entre a presença de manchas vermelhas e galhas também não foi significativa.

A descoberta de uma correlação positiva significativa entre a presença de manchas pretas e galhas nos ramos altos representa uma inversão notável em relação aos padrões observados nos ramos baixos. Tradicionalmente, esperaríamos que as galhas, que são frequentemente consideradas como uma resposta defensiva da planta contra herbívoros, estivessem inversamente correlacionadas com características associadas à deterioração da saúde da planta, como as manchas pretas.

Uma possível explicação para esse fenômeno é que a presença de herbívoros que causam galhas pode desencadear uma cascata de eventos que comprometem a integridade da planta de maneira mais ampla. Especificamente, o ataque de herbívoros que causam galhas pode comprometer a integridade dos tecidos da planta, rompendo as barreiras protetivas e tornando-a mais vulnerável a infecções secundárias (Karban, 2002), como as manchas pretas.

Esse fenômeno poderia ser atribuído a uma série de mecanismos. Por exemplo, o dano físico causado pela formação das galhas poderia criar pontos de entrada para patógenos ou facilitar a colonização por microrganismos oportunistas. Além disso, as interações entre os sinais químicos liberados pela planta em resposta ao ataque de herbívoros e os sinais associados à ativação do sistema de defesa podem ser complexas e, em alguns casos, paradoxais, levando a respostas imunológicas inadequadas ou exacerbadas (Jones, 2006).

3.4 Visão geral

A análise das características foliares em ramos basais e apicais revelou padrões interessantes de correlação entre indicativos de doenças de planta e herbivoria. Enquanto as manchas pretas mantiveram uma presença constante em todos os indivíduos estudados, as manchas vermelhas exibiram variação significativa. A presença de galerias pareceu contrabalançar os picos de ocorrência tanto das manchas vermelhas quanto das manchas pretas, sugerindo uma possível interação negativa entre essas características. Por outro lado, a presença de galhas associou-se inversamente às manchas vermelhas, mas não mostrou correlação significativa.

Embora as correlações não tenham sido estatisticamente significativas, especula-se sobre possíveis interações entre essas características. A presença constante de manchas pretas em todos os indivíduos levanta a possibilidade de que elas possam predispor a planta a infecções secundárias, como as manchas vermelhas, uma vez que o sistema imunológico das plantas desempenha um papel crucial na defesa contra patógenos. Quando uma planta está infectada por uma doença, seus recursos podem ser desviados para combater essa infecção específica, enfraquecendo sua capacidade de resposta imunológica a outras doenças. Uma planta doente frequentemente experimenta estresse fisiológico devido à atividade dos patógenos, que podem causar danos diretos aos tecidos, interferir na absorção de nutrientes e na fotossíntese, e alterar os processos metabólicos da planta. Esse estresse pode enfraquecer a planta, tornando-a mais suscetível a infecções secundárias, como fungos e bactérias.

Além dos efeitos diretos da doença, os patógenos podem também produzir toxinas que afetam negativamente a planta hospedeira. Essas toxinas podem prejudicar os tecidos da planta, diminuir sua resistência e torná-la mais suscetível a outros patógenos.

A correlação negativa e significativa entre manchas vermelhas e galerias em ramos basais sugere uma possível relação competitiva entre essas características, com insetos minadores preferindo folhas com menos sintomas de estresse.

Nos ramos basais, não foi encontrada uma associação significativa entre a presença de manchas vermelhas e manchas pretas. Porém, uma correlação extremamente negativa entre manchas vermelhas e galerias sugere uma possível interação entre essas características.

A descoberta de uma correlação positiva significativa entre a presença de manchas pretas e galhas nos ramos altos representa uma inversão notável em relação aos padrões observados nos ramos baixos. Isso levanta a hipótese de que o ataque de herbívoros que causam galhas pode comprometer a integridade da planta, tornando-a mais suscetível a infecções secundárias, ou uma preferência dos insetos herbívoros por folhas mais novas, independente da saúde delas.

Em resumo, esses resultados ressaltam a complexidade das interações planta-herbívoro e destacam a importância de investigações adicionais para compreender melhor os mecanismos subjacentes a essas relações e suas implicações para a saúde e dinâmica das populações de plantas.

4. CONCLUSÃO

A correlação negativa e significativa entre manchas vermelhas e galerias em ramos basais pode ser interpretada como evidência da hipótese de vitalidade das plantas, sugerindo que características foliares que indicam doença podem diminuir a herbivoria das folhas. Além disso, a presença de galerias parece contrabalançar tanto as manchas vermelhas quanto as manchas pretas, sugerindo uma possível interação negativa entre essas características.

A presença constante e elevada de manchas pretas em todos os indivíduos estudados sugere uma possível relação com a saúde da planta, indicando um possível estado de estresse ou predisposição a infecções secundárias. Por outro lado, as manchas vermelhas exibiram uma variação significativa, o que pode refletir uma resposta mais sensível.

A correlação positiva significativa entre a presença de manchas pretas e galhas nos ramos altos sugere uma possível relação entre herbivoria e saúde da planta. Isso pode ser explicado pela preferência dos insetos herbívoros por ramos novos ou pela possível causalidade, onde os insetos quebram as defesas da planta, deixando-a suscetível em ramos apicais.

É crucial ressaltar que correlação não implica causalidade. Embora os resultados apresentem correlações entre características foliares e atividade herbívora, não podemos afirmar que uma causa diretamente a outra. A relação entre essas variáveis pode ser influenciada por uma série de fatores, e é necessário um estudo mais detalhado para determinar qualquer relação causal entre elas. Portanto, enquanto as correlações observadas fornecem *insights* valiosos, é essencial interpretá-las com cautela e considerar outras variáveis que possam estar envolvidas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos primordialmente ao professor Dr. Alexandre Vasconcellos por além de ministrar a disciplina com excelência, também propor essa dinâmica prática que com certeza nos agregou com mais experiência de campo na graduação. Todo agradecimento também à pesquisadora Matilde e ao mestrando Gabriel que nos acompanharam e orientaram durante o campo. Agradecemos aos colaboradores da Rebio-Guaribas por cordialmente terem nos acolhido e pela estrutura cômoda e impecável. Agradecemos também às paçoquinhas, que nos deram energia e motivação para continuar a andar durante a aula de campo.

6. REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. Plant pathology. Elsevier Academic Press, 2005.
- AGRAWAL, A. A.; FISHBEIN, M. Plant defense syndromes. *Ecology*, v. 87, n. S7, p. S132-S149, 2006.
- FERNANDES, C. F. et al. Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2009. 14 p. (Documentos / Embrapa Rondonia, 0103-9865; 133).
- VERPOORTE, R.; ALFERMANN, A. W.; JOHNSON, J. B. (Eds.). *Functions of Plant Secondary Metabolites and Their Exploitation in Biotechnology*. 2007.
- JONES, J. D.; DANGL, J. L. The plant immune system. *Nature*, v. 444, n. 7117, p. 323-329, 2006.
- KARBAN, R.; AGRAWAL, A. A. (Eds.). *Induced responses to herbivory*. University of Chicago Press, 2002.
- CIPOLLINI, M. D.; SCHULTZ, J. D. Latex as a Defense Against Herbivores: Detoxification or Plant Anti-herbivore Chemistry? 1999.
- PRICE, P. W. *Insect ecology*. 3. ed. New York: J. Wiley, 1997.
- WHITHAM, C. H. et al. *Plant Latex: A Review of Its Ecology and Evolutionary Biology*. 1986.
- PIETERSE, C. M. et al. Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual review of phytopathology*, v. 52, p. 347-375, 2014.
- PRICE, P. W. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos*, v. 62, p. 244-251, 1991.
- SILVA-JUNIOR, J. F. et al. Mangabeira: uma espécie historicamente pernambucana. *Arrudea: A revista do Jardim Botânico do Recife*, v. 3, n. 2, p. 2-22, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170827/1/13-100-1-PB.pdf>. Acesso em: 28 abr 2024.

UM OLHAR COMPARATIVO SOBRE O IMPACTO DA ALELOPATIA DE CAJUEIROS (*ANACARDIUM OCCIDENTALE*) NA ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE DE INSETOS EM SERRAPILHEIRA NA MATA DE TABULEIRO DA RESERVA BIOLÓGICA GUARIBAS, EM RIO TINTO - PB

Ana Beatriz Porto Medeiros¹; Matheus Alves Soares de Carvalho¹; Felipe Soares da Silva¹.

¹*Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Sistemática e Ecologia, João Pessoa, PB,
BRASIL.*

RESUMO

A alelopatia refere-se à liberação de substâncias oriundas do metabolismo secundário das plantas que podem ser produzidas em todas as partes do vegetal e influenciam o desenvolvimento de novos indivíduos. Ela é um importante mecanismo ecológico e está diretamente relacionada com a diversidade de plantas que compõem a serrapilheira, habitat essencial para uma grande variedade de insetos. O cajueiro (*Anacardium occidentale*) produz uma variedade de compostos orgânicos que podem ter efeitos alelopáticos sobre outras espécies vegetais e o objetivo do presente estudo foi o de investigar a influência da possível alelopatia de *Anacardium occidentale* na abundância e diversidade de insetos na serrapilheira em áreas de Mata de Tabuleiro na Reserva Biológica Guaribas, na Paraíba. Para isso, sete cajueiros e sete regiões abertas foram escolhidas para a amostragem por coleta de serrapilheira. O grupo controle apresentou uma média de abundância maior que o grupo dos cajueiros e o teste estatístico mostrou que os dados não seguem uma distribuição Gaussiana. Apesar de ser possível observar uma diminuição da abundância de insetos na serrapilheira dos cajueiros, os testes estatísticos indicam que não há diferença significativa entre as áreas de estudo e o presente trabalho não foi capaz de demonstrar conclusivamente os impactos da alelopatia nos insetos. De toda maneira, este estudo traz uma abordagem pioneira e novas perspectivas para estudos futuros.

Palavras-chave: Insecta; Biodiversidade; Vegetação; Interação ecológica.

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da alelopatia refere-se à liberação de substâncias conhecidas como compostos aleloquímicos ou secundários, produtos do metabolismo secundário das plantas (Silva et al., 2011) que podem ser produzidos em todas as partes do vegetal (Carmo et al., 2007) e que influenciam o desenvolvimento de novos indivíduos (Diógenes et al., 2014; Costa & Pasin, 2015). Sua produção é fortemente regulada por fatores ambientais diversos como luminosidade, temperatura, disponibilidade de água, nutrientes, textura do solo e presença de microrganismos (Carmo et al., 2007) e os efeitos desses compostos estão intimamente ligados às condições climáticas e aos tipos de solo em que são encontrados. A alelopatia é um importante mecanismo ecológico e desempenha um papel significativo na dominância e sucessão das plantas, na formação de comunidades vegetais, na vegetação clímax e no manejo e produtividade das culturas (Santore, 2013).

A composição da serrapilheira, a produção de biomassa vegetal e a disponibilidade de nutrientes dependem da diversidade de plantas presentes no ecossistema (Naeem et al., 1995, Tilman et al., 1996). A serrapilheira é a camada de material orgânico em decomposição que cobre o solo em ecossistemas florestais e outros ambientes terrestres e consiste principalmente em folhas caídas, galhos, cascas e outros detritos vegetais que se acumulam ao longo do tempo. A serrapilheira é um habitat essencial para uma grande variedade de insetos, que desempenham funções vitais na decomposição de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, e fornece um ambiente rico em recursos como abrigo e alimento, além de condições ideais para a reprodução de diversas espécies desses animais (Johnson et al., 2005). A liberação de substâncias alelopáticas, no entanto, pode impactar o crescimento e o desenvolvimento de outras espécies vegetais presentes no ambiente (Silva, 2018) e esse fenômeno pode resultar na inibição do crescimento de certas plantas que contribuem para a formação da serrapilheira, influenciando, assim, a diversidade da comunidade vegetal e animal nessa camada do solo.

O cajueiro (*Anacardium occidentale*) produz uma variedade de compostos orgânicos como ácidos fenólicos, flavonoides e taninos, que podem ter efeitos alelopáticos sobre outras espécies vegetais. Extratos de diferentes partes do cajueiro podem inibir a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de várias espécies de plantas daninhas e culturas agrícolas. Extratos aquosos das folhas do cajueiro apresentaram efeitos inibitórios significativos sobre o crescimento de plântulas de alface e almeirão, indicando um potencial alelopático dessas plantas (Oliveira et al., 2012). Além disso, estudos sugerem que a alelopatia do cajueiro pode ser influenciada por uma variedade de fatores, como a idade da planta, o tipo de solo e as condições ambientais. Lima et al. (2016) observou que a atividade alelopática das folhas do cajueiro variava com a idade da planta, sendo mais pronunciada em árvores adultas do que em mudas jovens.

A interação entre a alelopatia e a diversidade de insetos na serrapilheira é um aspecto importante da ecologia dos ecossistemas onde espécies vegetais produtoras de tais compostos são

predominantes (Aslam et al., 2015). Os insetos são sensíveis a uma variedade de substâncias químicas liberadas pelas plantas, incluindo aquelas com propriedades alelopáticas, e diversos estudos recentes trazem o potencial da alelopatia na manutenção de insetos pragas em plantações (Ain, 2023; Aslam et al., 2015). Quando substâncias liberadas pelas plantas afetam negativamente o crescimento ou a sobrevivência de determinadas espécies vegetais que compõem a serapilheira, os impactos podem ser sentidos em toda a cadeia alimentar e no ecossistema como um todo, trazendo efeitos diretos e indiretos sobre os insetos (Ain, 2023; Aslam et al., 2015). Uma diminuição na disponibilidade de recursos alimentares, causada pela redução da diversidade de plantas, pode afetar as populações de insetos que se alimentam dessas plantas ou que dependem delas como hospedeiras para sua reprodução (Broose & Hillebrand, 2016). Além disso, as substâncias alelopáticas podem ter efeitos diretos sobre os insetos, influenciando seu comportamento, desenvolvimento ou sobrevivência (Ain, 2023; Aslam et al., 2015). De forma geral, a magnitude desse impacto é determinada por diversos fatores, dos quais se destacam a composição química específica das substâncias alelopáticas liberadas, a sensibilidade das espécies vegetais presentes na área em questão e as características ambientais locais (Zanandrea, 2022).

De tal maneira, o objetivo do presente estudo é verificar se a alelopatia de *Anacardium occidentale* apresenta influência na abundância e diversidade de insetos na serapilheira em áreas de Mata de Tabuleiro na Reserva Biológica Guaribas, na Paraíba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de trabalho

O estudo foi realizado na Mata de Tabuleiro, uma savana arbórea aberta, semelhante ao Cerrado, com muitas gramíneas e árvores de baixo porte, caracterizada por apresentar solos com elevado teor de areia quartzosa distrófica (Prates *et al.* 1981; Salgado *et al.*, 1981), da Reserva Biológica Guaribas, pertencente aos municípios de Mamanguape e Rio Tinto.

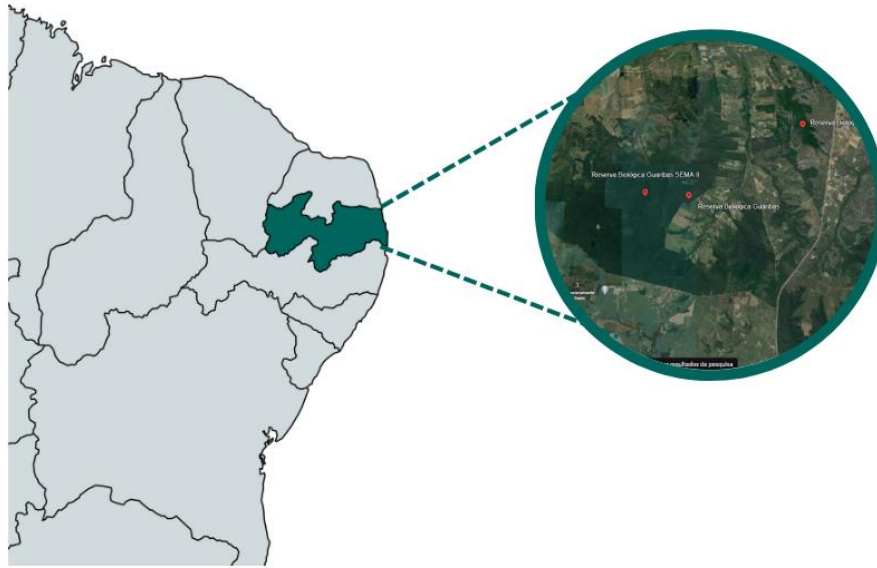


Figura 1. Localização da Reserva Biológica Guaribas, na Paraíba, Brasil.

2.2 Desenho experimental

Sete cajueiros foram escolhidos para a amostragem por coleta de serapilheira em uma área quadrada de 30cm x 30cm abaixo de sua copa, também em um local aleatório. Além disso, sete regiões abertas foram escolhidas aleatoriamente, correspondendo ao grupo controle.

2.3 Coleta de insetos

A serapilheira coletada foi dividida em 3 recipientes plásticos para 3 pessoas e os insetos foram coletados manualmente usando pinças entomológicas. A coleta foi padronizada por tempo, 5 minutos para cada unidade amostral e os insetos coletados foram transferidos para recipientes plásticos com álcool etílico 70% para eutanásia e preservação. Outros invertebrados também foram coletados para posterior investigação, mas ao serem identificados como não pertencendo à classe Insecta, foram excluídos das análises estatísticas.

2.4 Análise laboratorial

Os indivíduos preservados em álcool etílico 70% foram posteriormente analisados em laboratório com o auxílio de microscópios estereoscópicos e foram identificados a nível de ordem e morfoespécie.

2.5 Análise estatística

Os dados brutos referentes ao número de indivíduos bem como suas respectivas ordens e morfoespécies foram armazenados em uma planilha excel, os dados foram processados por um

algoritmo escrito em Python versão 3.11.1 e utilizando as bibliotecas Numpy, Scipy, Pandas e Matplotlib. Foram realizados os testes de Shapiro-Wilk e teste U de Mann-Whitney. Os dados de diversidade e abundância foram organizados em gráficos de barras e os dados referentes às ordens foram organizados em tabelas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, foram coletados 71 indivíduos, identificados como pertencentes as seguintes ordens: Hymenoptera (57), Coleoptera (2), Hemiptera (2), Orthoptera (1), Dermaptera (3), Psocoptera (2), Blattodea (3). Um único indivíduo não foi categorizado devido ao estado da amostra (Tabela 1). Nas áreas do cajueiro (CJ) houveram, no total, 24 indivíduos coletados. Enquanto que nos grupos controle foi possível contabilizar 47 indivíduos.

Tabela 1. Abundância de indivíduos pertencentes a cada grupo experimental e suas respectivas ordens. Cajú (CJ) e Grupo controle (C).

	CJ1	CJ2	CJ3	CJ4	CJ5	CJ6	CJ7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Hymenoptera	3			1		5	6	15	2	3	12	3		7
Coleoptera		1	1											
Orthoptera									1					
Diptera														
Hemiptera						1				1				
Dermaptera						1	1						1	
Psocoptera				1						1				
Blattodea	1				1						1			
Lepidoptera														
Outros insetos		1												
Total	4	2	1	2	1	7	7	15	3	5	13	3	1	7

Tabela 2. Diversidade de morfoespécies pertencentes a cada grupo experimental e suas respectivas ordens. Cajú (CJ) e Grupo controle (C).

	CJ1	CJ2	CJ3	CJ4	CJ5	CJ6	CJ7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Hymenoptera	1			1		3	1	5	2	2	1	1		1
Coleoptera		1	1											
Orthoptera									1					
Diptera														
Hemiptera						1				1				
Dermaptera						1	1						1	
Psocoptera				1						1				
Blattodea	1				1						1			
Lepidoptera														

Outros insetos	1													
Total	2	2	1	2	1	5	2	5	3	4	2	1	1	1

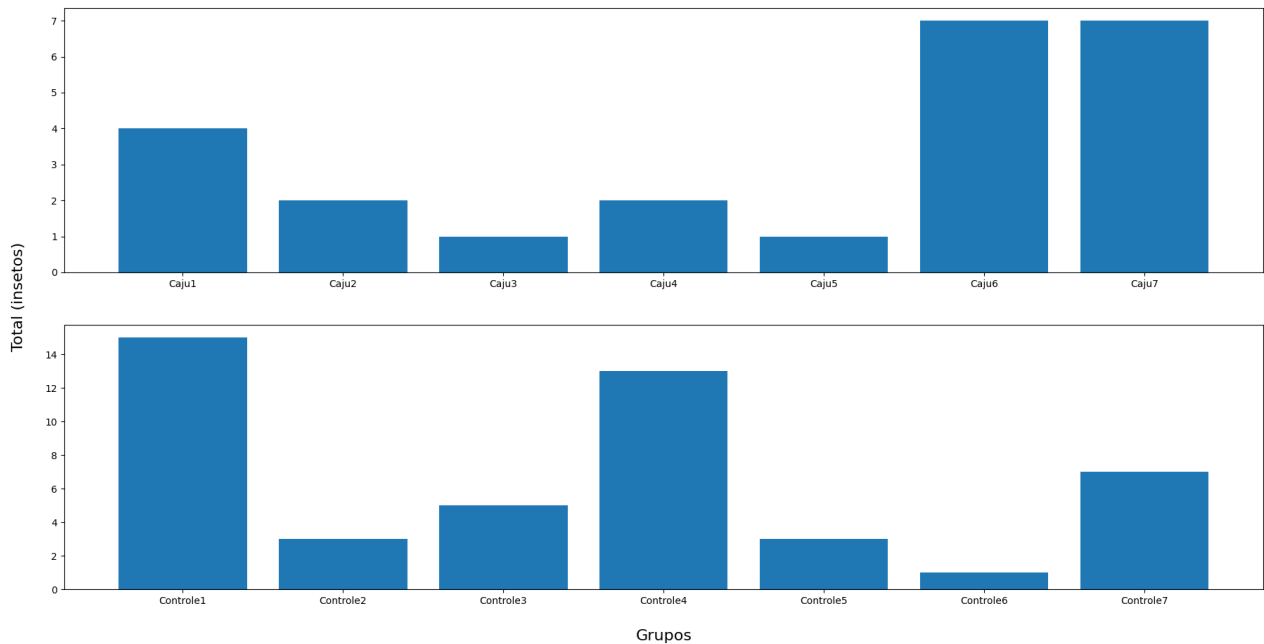


Figura 2. Abundância de insetos dividido entre cajueiros e grupos controle. ($p = 0.18$)

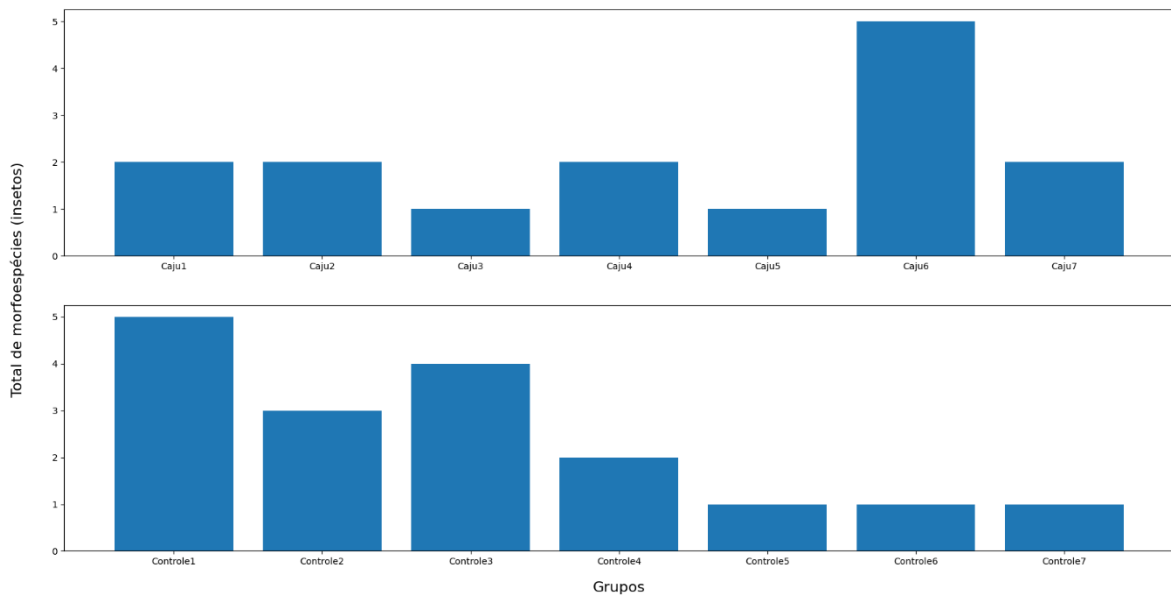


Figura 3. Diversidade de morfoespécies de insetos dividida entre cajueiros e grupos controle. ($p = 0.45$).

O teste de Shapiro-Wilk retornou valores- p inferiores a 0.05 em todas as análises, o que indica que os dados não seguem uma distribuição normal, o que justifica o uso do teste U de Mann-Whitney, visto que este não depende de uma distribuição normal. Em termos de abundância, o grupo dos cajueiros teve uma média de 3.42 indivíduos. Já o grupo controle teve uma média de 6.71. Todavia,

estas médias não demonstraram diferença significativa ($p = 0.18$). Quanto à diversidade, os grupos de cajueiros e controles apresentaram médias de 2.14 e 2.42, respectivamente. Novamente, estas médias não apresentam diferença significativa ($p = 0.45$)

Nas áreas em que os cajueiros estavam presentes foi possível constatar uma diminuição na quantidade de vegetais (Figura 4), especialmente gramíneas, corroborando com a hipótese dos efeitos inibitórios liberados pelas folhas do cajueiro que afetam a germinação de outras espécies de vegetais (Oliveira et al., 2012). Contrariamente à predição inicial de que as áreas de cajueiro abrigariam uma menor diversidade e abundância de insetos em comparação com o grupo controle, os dados coletados revelaram que não houve diferença significativa entre os dois tipos de área (Figura 1), ainda que os dados brutos demonstraram um valor total de indivíduos maior no grupo controle do que nas áreas com a presença do cajueiro.



Figura 4. Cajueiros (acima) e áreas abertas (abaixo). É possível notar a diminuição de vegetação na região abaixo dos cajueiros.

Existem diversos fatores que comprometem a diversidade de espécimes na serrapilheira, entre eles estão: clima, variedade de microhabitats e solo (Schowalter & Sabin, 1991). O levantamento realizado não levou em consideração esses componentes e cada cajueiro visitado apresentou uma fitofisionomia característica e única, não havendo um padrão específico entre os cajueiros selecionados. Além disso, alguns dados podem ter apresentado variações devido ao próprio deslocamento natural dos animais, por exemplo, a passagem de colônias de insetos (especialmente Hymenoptera), relativamente comum às áreas estudadas, isso pode explicar o aumento expressivo na quantidade de formigas no caju 6 e 7 (Tabela 1).

A falta de padronização tipo DAP (diâmetro a altura do peito) também pode ter influenciado nos dados, uma vez que, cajueiros mais novos podem não apresentar uma queda significativa de folhas no solo e, conseqüentemente, ter um menor efeito alelopático na região adjacente (Lima et al., 2016). Ademais, alguns cajueiros visitados eram extremamente ramificados e de difícil acesso. O tempo determinado para a análise da serrapilheira pode ter sido fator relevante também para o baixo percentual de indivíduos coletados. Aliado a isso, o método de coleta por pinça pode comprometer os dados, haja vista que, insetos maiores são mais facilmente coletados do que insetos menores.

A alelopatia ainda é uma área de debate com poucos estudos. A maioria dos estudos deste fenômeno focam na caracterização do perfil químico da planta e do seu efeito em outras plantas (Pereira et al., 2019). Quanto a isso, este estudo é pioneiro no entendimento dos efeitos da alelopatia em insetos.

4. CONCLUSÃO

Os dados apresentados neste estudo foram incapazes de elucidar conclusivamente os efeitos da alelopatia na abundância e diversidade de insetos da serrapilheira. Apesar de não significativa, foi possível notar certa tendência a diminuição da abundância de insetos nos grupos experimentais, é possível que um maior número amostral seja capaz de demonstrar este fenômeno de maneira conclusiva. Dito isso, fica claro que investigações mais aprofundadas, com padronização e amostras maiores sejam necessárias para revelar completamente o papel da alelopatia do cajueiro na estrutura da serrapilheira e na abundância e diversidade de insetos em ecossistemas onde essa espécie vegetal é predominante. Esse estudo também pode ser ampliado para a análise de outros invertebrados fundamentais na composição da fauna da serrapilheira, como Acari e Collembola, para que seja possível realizar um levantamento de processos importantes como a sucessão ecológica nessas áreas comprometidas pelos efeitos alelopáticos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos, Profa. Dra. Matilde Vasconcellos e ao mestrando Gabriel pelas ideias, orientação, materiais e apoio dedicados ao longo do projeto. Também expressamos nossa gratidão aos gestores da ReBio Guaribas pelo suporte oferecido e pelos serviços ambientais prestados.

6. REFERÊNCIAS

AIN, Q. et al. Allelopathy: an alternative tool for sustainable agriculture. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 29, n. 4, p. 495-511, 2023. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12298-023-01305-9>>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

BROSE, U.; HILLEBRAND, H. Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 371, n. 1694, p. 20150267, 2016. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2015.0267>>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

ASLAM, F. et al. Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy-concepts and implications. **Chemoecology**, v. 27, p. 1-24, 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00049-016-0225-x>>. Acesso em: 24 de abril de 2024,

CARMO, F.; BORGES, E.; TAKAKI, M. Alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer). **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 697-705, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abb/a/YfnVQhcmMsbxLnCcxwHygLL/?format=html>>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

Zahid A. **Allelopathy: current trends and future applications**. Springer Science & Business Media, 2012.

COSTA, S.; PASIN L. Potencialidade alelopáticas de extratos de ingá sobre o desenvolvimento inicial de plântulas de ipê amarelo do cerrado. *Revista Científica da FEPI*, v.6, n.1, p.1-4, 2015. Disponível em: <<http://revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/view/342/193>>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

DIÓGENES, F. et al. Atividade alelopáticas do extrato de folha *Ziziphus joazeiro*. Mart. – Rhamnaceae. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.9, n.4, p.01-04,2015. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2966>>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

JOHNSON, S. et al. Aboveground–belowground herbivore interactions: a meta-analysis. **Ecology**, v. 93, n. 10, p. 2208-2215, 2012. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/11-2272.1?casa_token=Y_Y15mhgBSQAAAAA%3AanNi_fR_229efD6MLI4ECN_YIA_xGaSr7MI_MeBU9JBAIJQo_JHbo06aYnkZ-q3BJA5IE5LObon-AE1Q>. Acesso em: 26 de abril de 2024.

LIMA, L.; OLIVEIRA, F.; ANDRADE, L.. (2016). "Variação da atividade alelopática das folhas de cajueiro em função da idade da planta." **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 20(3), 285-290.

NAEEM, S. et al. Empirical evidence that declining species diversity may alter the performance of terrestrial ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 347, n. 1321, p. 249-262, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.1995.0025>.

OLIVEIRA, M. et al. "Efeito alelopático de extratos aquosos de folhas de cajueiro em plântulas de alface e almeirão." **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 2(1), 25-29, 2012.

PEREIRA, K. et al. Chemical profile and allelopathic potential of *Anacardium humile* St. Hill.(Cajuzinho-do-Cerrado) leaf aqueous extract in the seed germination and seedling growth of lettuce, tomato and sicklepod. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 6, p. 1932-1940, 2019.

SANTORE, T. Atividade alelopáticas de extratos de plantas medicinais sobre a germinação de corda-de-viola (*Ipomoea nil* (L.) Roth.). 2013. Trabalho de conclusão de curso em Tecnologia em Biotecnologia, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 28f. 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/35153>>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

SILVA, C. et al. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta amazônica**, v. 39, p. 591-600, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/ZkgMH5Y5wsJWVCRk4CWZNPf/?format=html>>. Acesso em: 26 de abril de 2024.

SILVA, E. et al. Cenário das pesquisas sobre alelopatia no Brasil e seu potencial como estratégia na diminuição da utilização de pesticidas que provoca poluição ambiental: uma revisão integrativa. **Diversitas Journal**, v.3. n.2, p.442-454. 2018. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/648>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, 379: 718-720. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/379718a0>>. Acesso em: 26 de abril de 2024.

ZANANDREA, I. et al. Potencial alelopático de plantas do Cerrado. **Concilium**, v. 22, n. 5, p. 704-718, 2022. Disponível em: <https://clium.org/index.php/edicoes/article/view/472>>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE 1.

Capítulo 1: *Diversidade de artrópodes em macrofungos em uma reserva do Nordeste do Brasil: uma interação inusitada*

SCRIPT:

```
Dataset <- read.table ("clipboard", header=TRUE, sep="\t", na.strings="NA", dec=".",  
strip.white=TRUE)
```

```
summary(Dataset)
```

```
x <- (Dataset$Quantidade.de.Corpos.Frutificantes)
```

```
y <- (Dataset$Quantidade.de.Artrópodes)
```

```
lm(formula = Quantidade.de.Corpos.Frutificantes ~ Quantidade.de.Artrópodes, data = Dataset)
```

```
regressao <- lm(Quantidade.de.Artrópodes~Quantidade.de.Corpos.Frutificantes, data=Dataset)
```

```
summary (regressao)
```

```
library(ggplot2)
```

```
ggplot(mapping = aes(x, y)) +
```

```
geom_point() +
```

```
geom_smooth(method = "lm")
```

APÊNDICE 2.

Capítulo 2: Inquilinismo em ninhos: análise da fauna associada a cupinzeiros na Mata Atlântica brasileira



Figura 4. Artrópodes encontrados nos cupinzeiros de *Labiotermes labralis*. A – morfoespécie de Acariforme; B – morfoespécie de Coleoptera e C – morfoespécie de Hymenoptera.

Tabela 1: Diversidade de morfoespécies encontradas nos cupinzeiros e na serrapilheira da Reserva Biológica Guaribas.

Morfoespécies	Cupinzeiros				Serrapilheira			
	Ninho 1	Ninho 2	Ninho 3	Ninho 4	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Annelida								
Haplotaxida sp. 1					x		x	x
Arachnida								
Acariformes sp. 1							x	x
Acariformes sp. 2				x				
Acariformes sp. 3			x					
Acariformes sp. 4						x		x
Aranae sp. 1	x							
Aranae sp. 2	x							
Aranae sp. 3	x							
Aranae sp. 4	x							
Aranae sp. 5	x							
Aranae sp. 6			x					
Aranae sp. 7							x	x
Opiliones sp. 1		x						
Scorpiones sp. 1						x		
Chilopoda								
Scolopendromorpha sp. 1	x							
Scolopendromorpha sp. 2						x		
Crustacea								
Isopoda sp.1			x		x			
Insecta								
Blattodea sp. 1	x	x	x	x			x	x
Blattodea sp. 2						x	x	
Blattodea sp. 3						x		
Blattodea sp. 4						x		
Coleoptera sp. 1							x	x
Coleoptera sp. 2						x		
Coleoptera sp. 3					x			
Dermaptera sp. 1							x	
Dermaptera sp. 2					x			
Diptera sp. 1		x						
Hemiptera sp. 1					x			
Hymenoptera sp. 1	x	x	x		x	x	x	x
Hymenoptera sp. 2					x	x	x	x
Hymenoptera sp. 3						x		
Hymenoptera sp. 4								x
Hymenoptera sp. 5								x
Hymenoptera sp. 6						x		
Hymenoptera sp. 7					x			
Hymenoptera sp. 8					x			
Hymenoptera sp. 9	x							
Hymenoptera sp. 10	x							
Hymenoptera sp. 11	x		x					
Hymenoptera sp. 12	x		x					
Hymenoptera sp. 13			x					
Hymenoptera sp. 14					x		x	
Hymenoptera sp. 15							x	
Orthoptera sp. 1								x
Symphyla								
Scolopendrellida sp. 1	x		x					
Espécies Não Identificadas								
Nao ID sp. 1		x						
Nao ID sp. 2	x		x					
Nao ID sp. 3		x						
Nao ID sp. 4							x	
Nao ID sp. 5							x	
Não ID sp. 6						x		

APÊNCIDE 3.

Capítulo 3: *Interação inseto-planta: taxa de herbivoria e a hipótese do vigor/estresse em mangabeiras (Hancornia speciosa, Gomes) da reserva biológica Guaribas-PB*

SCRIPT:

```
install.packages("Hmisc")
```

```
install.packages('corrplot')
```

```
library (corrplot)
```

```
library (Hmisc)
```

```
df <- data.frame(
```

```
MV = c(),
```

```
MP = c(),
```

```
Galha = c(),
```

```
Galeria = c()
```

```
)
```

```
rcorr( as.matrix (df))
```

```
corrplot(cor(df))
```

APÊNCIDE 4.

Capítulo 4: *Um olhar comparativo sobre o impacto da alelopatia de cajueiros (*Anacardium occidentale*) na abundância e diversidade de insetos em serrapilheira na Mata de Tabuleiro da Reserva Biológica Guaribas, em Rio Tinto - PB*

SCRIPT:

```
import pandas as pd

import scipy

from scipy.stats import mannwhitneyu

import numpy as np

import matplotlib as mpl

import matplotlib.pyplot as plt

from scipy.stats import shapiro

#Importação dos dados

caju = pd.read_excel(r"C:\Users\asfda\Desktop\Peiper eco.xlsx", usecols=[1,2,3,4,5,6,7], skiprows=[10,11,13,14,15,16])

control = pd.read_excel(r"C:\Users\asfda\Desktop\Peiper eco.xlsx", usecols=[8,9,10,11,12,13,14], skiprows=[10,11,13,14,15,16])

#Extração apenas dos totais

totalcaju = pd.read_excel(r"C:\Users\asfda\Desktop\Peiper eco.xlsx", usecols=[1,2,3,4,5,6,7])

totalcaju2 = totalcaju.iloc[[13]]

totalcaju3 = totalcaju2.to_numpy()

totalcaju4 = totalcaju3.flatten()

totalcontrol = pd.read_excel(r"C:\Users\asfda\Desktop\Peiper eco.xlsx", usecols=[8,9,10,11,12,13,14])

totalcontrol2 = totalcontrol.iloc[[13]]

totalcontrol3 = totalcontrol2.to_numpy()
```

```

totalcontrol4 = totalcontrol3.flatten()

#Extração dos nomes das colunas
cajulabels = totalcaju2.columns

controllabels = totalcontrol2.columns

#Tratamento dos dados

dfcaju = pd.DataFrame(caju)

dfcontrol = pd.DataFrame(control)

arrcaju = dfcaju.to_numpy()

arrcontrol = dfcontrol.to_numpy()

arrcaju = arrcaju.flatten()

arrcontrol = arrcontrol.flatten()

#Testes de shapiro e mann-whitney

S1, pscaju = shapiro(arrcaju, nan_policy="omit")

S2, pscontrol = shapiro(arrcontrol, nan_policy="omit")

U1, pu = mannwhitneyu(arrcaju, arrcontrol, method="exact", nan_policy="omit")

print("O valor de P para abundância é de:", pu)

print("O valor de P para distribuição normal do caju é de:", pscaju)

print("O valor de P para distribuição normal do controle é de:", pscontrol)

#Gráficos

fig, axs = plt.subplots(2)

axs[0].bar(cajulabels, totalcaju4)

axs[1].bar(controllabels, totalcontrol4)

plt.xlabel("Grupos", fontsize=16)

plt.ylabel("Total (insetos)", fontsize=16)

plt.show()

#

```