

INTERAÇÕES ECOLÓGICAS

CONCEITOS E CASOS



Organizadoras
Carla Maria da Rocha e Silva
Marlete Moreira Mendes Ivanov

Carla Maria da Rocha e Silva
Marlete Moreira Mendes Ivanov
Organizadoras

INTERAÇÕES ECOLÓGICAS

CONCEITOS E CASOS



Teresina-PI, 2024

©2024 *by* Wissen Editora

Copyright © Wissen Editora

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © Wissen Editora

Todos os direitos reservados

Direitos para esta edição cedidos pelos autores à Wissen Editora.



Todo o conteúdo desta obra, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es). A obra de acesso aberto (Open Access) está protegida por Lei, sob Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional, sendo permitido seu *download* e compartilhamento, desde que atribuído o crédito aos autores, sem alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editores Chefe: Dra. Adriana de Sousa Lima
Me. Junielson Soares da Silva
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Ma. Denise dos Santos Vila Verde

Projeto Gráfico e Diagramação: Erik Fernando da Silva Ivanov

Imagem da Capa: Luan Sousa da Costa

Edição de Arte: Erik Fernando da Silva Ivanov

Revisão: Os autores
As organizadoras

Informações sobre a Editora

Wissen Editora

Homepage: www.editorawissen.com.br

Teresina – Piauí, Brasil

E-mails: contato@wisseneditora.com.br

wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:



@wisseneditora

INTERAÇÕES ECOLÓGICAS: conceitos e casos

1ª edição

 <https://www.doi.org/10.52832/wed.122>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Interações ecológicas [livro eletrônico]: conceitos e casos / organizadoras Carla Maria da Rocha e Silva, Marlete Moreira Mendes Ivanov. -- Teresina, PI : Wissen Editora, 2024. PDF

ISBN: 978-65-85923-27-9

DOI: 10.52832/wed.122

1. Ecologia 2. Ecologia humana 3. Meio ambiente

I. Silva, Carla Maria da Rocha e. II. Ivanov, Marlete Moreira Mendes.

24-226895

CDD-577

Índices para catálogo sistemático:

1. Ecologia 577

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

Informações sobre a Editora

Wissen Editora

Homepage: www.wisseneditora.com.br

Teresina – Piauí, Brasil

E-mails: contato@wisseneditora.com.br

wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:



@wisseneditora

Como citar ABNT: SILVA, C. M. R.; IVANOV, M. M. M. **INTERAÇÕES ECOLÓGICAS: conceitos e casos**. 1. ed. Wissen Editora, 2024. *E-book* (110p.) ISBN: 978-65-85923-27-9. DOI: [10.52832/wed.122](https://www.doi.org/10.52832/wed.122).



Teresina – PI, 2024

EQUIPE EDITORIAL

Editores-chefes

Me. Junielson Soares da Silva
Dra. Adriana de Sousa Lima
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Ma. Denise dos Santos Vila Verde

Equipe de arte e editoração

Emilli Juliane de Azevedo Neves
Isaquiel de Moura Ribeiro

CONSELHO EDITORIAL

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Dr. Felipe Górski - Secretaria de Educação do Paraná (SEED/PR)
Dra. Patrícia Pato dos Santos - Universidade Anhanguera (Uniderp)
Dr. Jose Carlos Guimaraes Junior - Governo do Distrito Federal (DF)

Ciências Biológicas e da Saúde

Dra. Francijara Araújo da Silva - Centro Universitário do Norte (Uninorte)
Dra. Rita di Cássia de Oliveira Angelo - Universidade de Pernambuco (UPE)
Dra. Ana Isabelle de Gois Queiroz - Centro Universitário Ateneu (UniAteneu)

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Dr. Allan Douglas Bento da Costa - Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Dra. Vania Ribeiro Ferreira - Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Dr. Agmar José de Jesus Silva - Secretaria de Educação do Amazonas (Seduc/AM)

Linguística, Letras e Artes

Dra. Conceição Maria Alves de A. Guisardi - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Dr. Isael de Jesus Sena - Culture, Education, Formation, Travail (CIRCEFT)
Dra. Mareli Eliane Graupe - Universidade do Planalto Catarinense (Uniplac)
Dr. Rodrigo Avila Colla - Rede Municipal de Ensino de Esteio, RS
Dr. Erika Giacometti Rocha Berribili - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Dr. Douglas Manoel Antonio De Abreu P. Dos Santos - Universidade de São Paulo (USP)
Dra. Aline Luiza de Carvalho - Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (FHE-MIG)
Dr. José Luiz Esteves - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR)
Dr. Claudemir Ramos - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP)
Dr. Daniela Conegatti Batista - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Dr. Wilson de Lima Brito Filho - Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Dr. Cleonice Pereira do Nascimento Bittencourt - Universidade de Brasília (UnB)
Dr. Jonata Ferreira de Moura - Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Dra. Renata dos Santos - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Conselho Técnico Científico

- Me. Anderson de Souza Gallo - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Ma. Antônia Alikeane de Sá - Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Ma. Talita Benedcta Santos Künast - Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Ma. Irene Suelen de Araújo Gomes – Secretaria de Educação do Ceará (Seduc /CE)
Ma. Tamires Oliveira Gomes - Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)
Ma. Aline Rocha Rodrigues - União Das Instituições De Serviços, Ensino E Pesquisa LTDA (UNISEPE)
Me. Mauricio Pavone Rodrigues - Universidade Cidade de São Paulo (Unicid)
Ma. Regina Katuska Bezerra da Silva - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Esp. Rubens Barbosa Rezende – Faculdade UniFB
Me. Luciano Cabral Rios – Secretaria de Educação do Piauí (Seduc/PI)
Me. Jhenys Maiker Santos - Universidade Federal do Piauí (UFPIO)
Me. Francisco de Paula S. de Araujo Junior - Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
Ma. Anna Karla Barros da Trindade - Instituto Federal do Piauí (IFPI)
Ma. Elaine Fernanda dos Santos - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Ma. Lilian Regina Araújo dos Santos - Universidade do Grande Rio (Unigranrio)
Ma. Luziane Said Cometti Lélis - Universidade Federal do Pará (UFPA)
Ma. Márcia Antônia Dias Catunda - Devry Brasil
Ma. Marcia Rebeca de Oliveira - Instituto Federal da Bahia (IFBA)
Ma. Mariana Moraes Azevedo - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Ma. Marlova Giuliani Garcia - Instituto Federal Farroupilha (IFFar)
Ma. Rosana Maria dos Santos - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Ma. Rosana Wichineski de Lara de Souza - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Ma. Simone Ferreira Angelo - Escola Família Agrícola de Belo Monte - MG
Ma. Suzel Lima da Silva - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Ma. Tatiana Seixas Machado Carpenter - Escola Parque
Me. Cássio Joaquim Gomes - Instituto Federal de Nova Andradina / Escola E. Manuel Romão
Me. Daniel Ordane da Costa Vale - Secretaria Municipal de Educação de Contagem
Me. Diego dos Santos Verri - Secretária da Educação do Rio Grande do Sul
Me. Fernando Gagno Júnior - SEMED - Guarapari/ES
Me. Grégory Alves Dionor - Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/ Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Me. Lucas Pereira Gandra - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); UNOPAR, Pólo Coxim/MS
Me. Lucas Peres Guimarães – Secretaria Municipal de Educação de Barra Mansa - RJ
Me. Luiz Otavio Rodrigues Mendes - Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Me. Mateus de Souza Duarte - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Me. Milton Carvalho de Sousa Junior - Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
Me. Sebastião Rodrigues Moura - Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA)
Me. Wanderson Diogo A. da Silva - Universidade Regional do Cariri (URCA)
Ma. Heloisa Fernanda Francisco Batista - Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Ma. Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro)
Me. Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

APRESENTAÇÃO

Este livro é um guia para estudantes interessados em aprofundar seu conhecimento sobre interações ecológicas. Com uma abordagem clara e acessível, ele cobre desde os conceitos básicos até estudos de caso específicos, oferecendo uma visão abrangente e detalhada sobre as relações entre os organismos e seus ambientes. A linguagem utilizada começa de uma forma mais simples e evolui para um tom mais técnico nos capítulos finais, típico de artigos científicos.

Os primeiros capítulos revisam conceitos e fornecem uma base sobre interações interespecíficas e intraespecíficas, importantes para compreender como as comunidades ecológicas são estruturadas e mantidas. Em seguida, o livro explora interações ecológicas dentro da ordem Lepidoptera, abordando as relações e adaptações dessas espécies. Estudos de caso detalhados sobre a aranha *Diplura* sp. e a planta *Cordia oncocalyx* ilustram interações específicas e suas implicações ecológicas, fornecendo exemplos realistas de conceitos teóricos. A competição entre espécies, como entre o milho e o pau-branco, e as interações tritróficas em áreas de transição também são apresentadas.

Ao final da leitura deste livro, esperamos que o leitor obtenha uma compreensão mais profunda sobre como as interações ecológicas garantem a diversidade de vida na terra. Muitas vezes, nas escolas, o estudo das interações ecológicas é abordado de maneira superficial, sem explorar completamente a complexidade e a importância desses processos. Este livro surge então, como um guia complementar, oferecendo uma perspectiva mais detalhada e abrangente.

Carla Maria da Rocha e Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTERAÇÕES INTERESPECÍFICAS	8
<i>Carla Maria da Rocha e Silva, Mateus Martini Martins de Lima e Marlete Moreira Mendes Ivanov</i>	
CAPÍTULO 2: INTERAÇÕES INTRAESPECÍFICAS	31
<i>Carla Maria da Rocha e Silva, Luan Sousa da Costa e Marlete Moreira Mendes Ivanov</i>	
CAPÍTULO 3: INTERAÇÕES ECOLÓGICAS NA ORDEM LEPIDOPTERA: RELAÇÕES E ADAPTAÇÕES	43
<i>Carla Maria da Rocha e Silva, Ianá Jeanne Batista de Sousa, Luan Sousa da Costa e Marlete Moreira Mendes Ivanov</i>	
CAPÍTULO 4: ARANHA <i>Diplura</i> sp EM UM CASO DE APROPRIAÇÃO INDÉBITA DO FORMIGUEIRO DE <i>Dinoponera gigantea</i> (PERTY, 1833)	63
<i>Edison Fernandes da Silva, Fabrícia Maria Sousa de Lima, Matheus da Silva Oliveira e Ricardo Rodrigues dos Santos</i>	
CAPÍTULO 5: COMPETIÇÃO INTRA E INTERESPECÍFICA DE <i>Cordia oncocalyx</i> ALLEMÃO	72
<i>Marlete Moreira Mendes Ivanov</i>	
CAPÍTULO 6: COMPETIÇÃO ENTRE MILHO (<i>Zea mays</i> L.) E PAU-BRANCO (<i>Cordia oncocalyx</i> Allemão)	80
<i>Marlete Moreira Mendes Ivanov</i>	
CAPÍTULO 7: INTERAÇÕES TRITRÓFICAS ENTRE FRUTOS HOSPEDEIROS, MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) E PARASITOIDES EM UMA ÁREA DE TRANSIÇÃO CERRADO- CAATINGA, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS-PI	90
<i>Luciana Barboza Silva, Edineia da Silva Araújo, Thayline Rodrigues de Oliveira, Ricardo Fialho De Jesus, Bruno Ettore Pavan, José Wellington Batista Lopes e Gleidyane Novais Lopes</i>	
AUTORES	109



CAPÍTULO 1

INTERAÇÕES INTERESPECÍFICAS

Carla Maria da Rocha e Silva

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-8561-0067>

Mateus Martini Martins de Lima

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6890-0895>

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8537-3871>

DOI: 10.52832/wed.122.753

APRESENTAÇÃO

As interações ecológicas compõem o conteúdo das disciplinas de Ciências, Biologia e Ecologia, respectivamente, no ensino fundamental, médio e superior. Estas devem ser entendidas como relações que os organismos desenvolvem nos seus respectivos ambientes, podendo ser benéficas (harmônicas) ou prejudiciais (desarmônicas). Muitas vezes vemos publicações usando os nomes das interações de forma equivocada. O que se observa é que isso gera muitas dúvidas e incertezas nos alunos no momento de determinar qual interação está ocorrendo quando a visualizam. Este capítulo propõe-se, além de apresentar de forma minuciosa e exemplificada os conceitos das interações ecológicas, a desfazer equívocos com o uso de alguns termos como sendo interações, quando na verdade não o são.

Convidamos o leitor a fazer um teste. Veja as imagens abaixo, as quais trazem algumas interações registradas *in loco*. Mentalmente, diga qual interação está apresentada em cada uma das imagens. As respostas e explicações podem ser encontradas após as referências.

Apenas as interações interespecíficas serão abordadas neste capítulo.



Foto 1: Cupinzeiro na árvore. Autora: Ivanov, MMM. Carvalho, IM



Foto 2: Borboleta em flor de *Ixora* sp. Autor: Carvalho, IM.



Foto 3: Lagarta em folha de milho. Autor: Barreto, YPS.



Foto 4: Líquens. Autor: Ivanov, EFS.



Foto 5: Inseto e planta *Dioneia* sp. Autor: Silva, DTM.



Foto 6: Mata-pau sobre coqueiro. Autor: Rodrigues, MERA.



Foto 7: Galinha, galinha-d'angola e pato se alimentando. Autor: Santana, CIDN.

INTERAÇÕES INTERESPECÍFICAS

A **competição**, que se caracteriza por uma disputa (direta ou indireta) pode ocorrer entre indivíduos da mesma espécie (intraespecífica) ou de espécies diferentes (interespecífica), os quais apresentam exigências de sobrevivência semelhantes, disputando o mesmo recurso que, não estando disponível em quantidade suficiente para os envolvidos, pode culminar com a redução no tamanho populacional (Seifert *et al.*, 2014). São exemplos clássicos de competição: árvores em florestas em grande densidade disputando o recurso luz (Ali, 2019) e leões (*Panthera leo*) e hienas (*Hyaena spp.*) disputando carcaças (Amorós *et al.*, 2020).

Quando um ser vivo consome um recurso, este se torna menos disponível para outros indivíduos próximos, resultando em uma competição **por exploração** (resultado da interação: +/-), o que pressiona a outra espécie a criar estratégias que priorizem a sobrevivência. Tendo em vista que, ao explorar o recurso, um indivíduo consegue suprir sua demanda, o indivíduo da outra espécie é prejudicado pela indisponibilidade do nutriente. Quando um organismo está sob tal tipo de interação, ele investe mais energia em sobrevivência, do que em defesa e reprodução.

O carvalho (*Quercus liaotungensis* Koidz.), por exemplo, quando exposto a intensa competição por água, tende a alocar a maior parte da biomassa para as partes subterrâneas. Nesta espécie, a competição por luz mostra-se assimétrica (+/-), tendo em vista que plantas mais altas têm vantagem na obtenção de luz em contraste com plantas de menor porte que ficam sombreadas (Yang; Zhang; He, 2019).

Nesse sentido, compreende-se a competição assimétrica (+/-) como o fato de que os indivíduos têm vantagens diferentes na busca pela sobrevivência e, portanto, em um ambiente competitivo alguns organismos absorvem mais recursos que outros (Fernández-Tschieder; Binkley, 2018). Outro caso de competição assimétrica por exploração é o que ocorre entre o peixe-leão (*Pterois volitans*) e o peixe-pargo (*Lutjanus campechanus*) no norte do Golfo do México. Quando juntos no mesmo ambiente, o pargo consome menos presas do que na ausência do peixe-leão (Marshak *et al.*, 2018), ou ainda como ocorre entre duas espécies de morcego (*Rhinolophus hipposideros* e *Pipistrellus pipistrellus*) que consomem os mesmos recursos que, quando escassos, culminam com o declínio das populações de *R. hipposideros* (Arlettaz; Godat; Meyer, 2000).

A competição assimétrica também pode ocorrer **por interferência** direta, como entre corujas-pintadas (*Strix occidentalis caurina*) e corujas-barradas (*Strix varia*): a coruja-barrada responde com agressão física e vocal aos sons à presença da coruja-pintada (Van Lanen *et al.*, 2011). Entretanto, ela não se dá apenas via embate físico, mas também por meio da liberação de compostos químicos no ambiente, como no caso das substâncias tóxicas secretadas por algumas leveduras para suprimir outras próximas. Tais leveduras são chamadas de “assassinas” e as toxinas representam mecanismos importantes na competição por interferência (Boynton, 2019), um processo conhecido como alelopatia (*allelon* = mútuo, um do outro + *pathos* = prejuízo, sofrimento), que consiste na liberação, por plantas, algas, bactérias e fungos, de compostos químicos que afetam crescimento, sobrevivência e reprodução de outros organismos potencialmente competidores (Lu *et al.*, 2020; Odum, 2001).

Para reforçar a ideia de competição por interferência em microrganismos, Garcia *et al.* (2017), ao estudarem a interação entre as bactérias dos gêneros *Lactobacillus* e *Pseudomonas* observaram redução no ácido lactobiônico em *Pseudomonas*, provavelmente por causa de metabólitos lácticos inibitórios lançados no meio por *Lactobacillus*. Vale ressaltar que a alelopatia pode ser usada na competição, como um fator negativo, mas pode ter resultados neutros (não afetando outras espécies) ou positivo (beneficiando outras espécies) (Qin; Liu; Yu, 2018).

Tais exemplos e conceitos podem se sobrepor aos de **amensalismo**, entendido como o ato de uma espécie causar danos a outras, através da liberação de substâncias prejudiciais no meio (Luo; Wang, 2021), a fim de que ela possa ser beneficiada. Essas sentenças vão de encontro ao conceito de competição assimétrica, com uma população tomando vantagem enquanto outra é prejudicada. E nesse caso, o amensalismo se encaixaria como competição por interferência por meio da alelopatia. O que faz com que o amensalismo não seja considerado uma interação à parte, mas sim um tipo de competição, onde ocorre a liberação de substâncias prejudiciais a outras populações.

Uma situação muito utilizada para exemplificar o amensalismo são as marés vermelhas, caracterizadas por uma proliferação excessiva de algas dinoflageladas, que tornam a água vermelha ou marrom. Esses organismos são responsáveis por intoxicar a biota marinha por meio de neurotoxinas que matam peixes e contaminam mariscos, além de afetar a saúde humana (Perkins, 2019). Estudos sugerem que esse fenômeno seja causado pela escassez de nutrientes na água.

Como por exemplo, a proliferação demasiada do dinoflagelado *Karenia brevis*, causador da maré vermelha no Golfo do México. Se no ambiente houver escassez de nutrientes, ocorre a incapacidade de outras espécies do fitoplâncton se nutrirem, o que leva *K. brevis* gradativamente a dominar o ambiente, uma vez que ela também usa o nitrogênio liberado pela cianobactéria *Trichodesmium* para se desenvolver.

Com essa proliferação exagerada, *K. brevis* começa a liberar toxina, conhecida como brevetoxina, e, como consequência, organismos morrem, em especial peixes, que se decompõem e liberam nutrientes no meio que são consumidos pelo dinoflagelado, o qual ganha ainda mais vantagem competitiva (Weisberg *et al.*, 2014, 2016).

A competição pode levar à variação na dieta de indivíduos dentro de uma mesma população, resultando em especializações alimentares em resposta à disponibilidade de recursos. Isso pode ser explicado pela Teoria do Forrageamento Ótimo, que prevê que os indivíduos priorizam os alimentos mais lucrativos e ignoram aqueles que demandam mais tempo para serem consumidos (Macarthur; Pianka, 1966), maximizando os benefícios e reduzindo os custos para obter alimentos (Kamil; Krebs; Pulliam, 1987).

Dessa forma, em um ambiente de escassez de recursos devido à competição, os indivíduos podem diversificar sua dieta, adicionando novas alternativas alimentares. Isso foi demonstrado por Svanbäck e Bolnick (2007) em um experimento com o peixe esgana-gato (*Gasterosteus aculeatus*). O aumento da densidade populacional do peixe aumenta a taxa de predação causando diminuição do número de presas. Como consequência, os peixes são forçados a incluir presas alternativas em sua dieta devido à competição pelos recursos escassos que restaram. Esse experimento mostra como o aumento da densidade populacional está diretamente ligada ao aumento da competição e como

esse fenômeno regula o crescimento populacional de forma proporcional ao grau de densidade da população.

Ao falar de competição, é preciso mencionar o fenômeno da exclusão competitiva que ocorre quando duas espécies disputam o mesmo recurso limitado (Gause, 1934). Muitas vezes, a competição impede que duas ou mais espécies coexistam em um mesmo habitat quando elas tiverem grande sobreposição de nicho. Isso foi demonstrado no experimento clássico de Gause (1934), no qual duas espécies de protozoários, *Paramecium aurelia* e *Paramecium caudatum*, foram cultivadas juntas e separadamente em frascos com nutrientes limitados. Quando cultivadas separadamente, ambas as espécies prosperaram. No entanto, quando cultivadas juntas, *Paramecium aurelia* superou *Paramecium caudatum*, que foi gradualmente eliminado.

Esse experimento exemplifica como a competição pode levar à exclusão de uma espécie. Como também exemplificado por Xu, Yuan e Zhang (2021), através de um experimento feito com cultura de microrganismos em quimiostato, o qual demonstrou que no máximo um competidor sobrevive em detrimento dos demais.

Dentre as várias relações entre os organismos, existem aquelas que ocorrem de maneira íntima e, nesse sentido, os organismos vivem como simbioses. Formada pelo prefixo grego *sim* (sincronia, união) e pelo sufixo *bios* (vida), a simbiose implica que dois seres vivam juntos, sendo que essa união pode ser negativa ou positiva (Roper *et al.*, 2019). A simbiose pode ser observada no comensalismo, inquilinismo e no mutualismo (interações harmônicas) e no parasitismo (interação desarmônica) não sendo, portanto, uma interação em si.

Dentre as simbioses positivas, o **comensalismo** se apresenta como um vínculo harmônico no qual uma espécie sai beneficiada enquanto a outra não sofre prejuízo ou vantagem (resultados da interação: 0/+) (Oxford Dictionary, 2022). O termo comensal deriva do latim “*com*” (junto) mais “*mensa*” (mesa) e, portanto, significa aquele que compartilha a mesa (Gunderman, 2022). Dessa forma, o comensal vive sobre o corpo do hospedeiro, mas não o prejudica, uma vez que não retira nutrientes diretamente dele, mas tem o acesso aos recursos facilitado. As espécies comensais obtêm benefícios relacionados a nutrientes, mas, não limitado a isso, a interação pode-se dar por abrigo, suporte ou locomoção (Maréchal; Mckinney, 2020).

Um exemplo clássico de comensalismo é a interação entre o tubarão e o peixe-rêmora. O peixe-rêmora se fixa ao corpo do tubarão, facilitando seu transporte, e se alimenta dos restos de alimentos deixados por ele (Cheng; Prayogo, 2014). Porém, pesquisas mais recentes revelaram uma interação simbiótica de três vias: o tubarão com ectoparasitos e a rêmora sobre o corpo do tubarão se alimentando dos parasitos (Norman; Reynolds; Morgan, 2022). Nesse caso, a interação do peixe-rêmora com o tubarão passa a ser de mutualismo facultativo (veremos adiante esta interação).

Outro exemplo, menos comum, pode ser observado nos ninhos da ave harpia (*Harpia harpyja*), que abrigam restos de alimentos consumidos pela ave predadora e pequenos invertebrados, os quais atraem outras aves e alguns mamíferos, que vão ao ninho para se alimentar (Aguiar-Silva *et al.*, 2017). Ressaltando que, nesse cenário, a harpia não tem prejuízo ou benefício, mas outras espécies são beneficiadas com esse alimento disponível.

Outro exemplo pode ser observado entre a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) e a espécie de ave *Machetornis rixosa*, nessa interação, as aves usam as costas desses grandes roedores como poleiros de caça. As aves se beneficiam dessa associação sem oferecer nenhum benefício direto ou prejuízo perceptível às capivaras (D'Angelo; Nagai; Sazima, 2016).

No corpo humano, o sistema digestivo abriga uma intrincada rede de populações de vírus, bactérias e fungos (Desai; Lionakis, 2019) e por consequência, é possível perceber algumas relações comensais. Essas interações, por ocorrerem em humanos, são estudadas de maneiras variadas pela medicina. Por exemplo, ao pesquisar o termo em inglês (Commensalism), as pesquisas mais abundantes giram em torno do fungo *Candida albicans*. Esse organismo habita as mucosas do corpo, em especial a bucal (Lemberg, 2022).

Tendo em vista isso, em um sistema imunológico saudável o fungo *C. albicans* consegue viver harmoniosamente como comensal no trato gastrintestinal (Van Wijlick; Janbon, 2021). Entretanto, o crescimento aumentado desse organismo pode levar ao aparecimento de doenças como a candidíase oral (Millsop; Fazel, 2016). Assim, embora exista uma relação harmoniosa, qualquer desequilíbrio pode ser prejudicial.

Outro indivíduo comensal que habita o organismo humano é a bactéria do gênero *Neisseria*. Em sua forma comensal ela não causa doenças, entretanto *N. meningitidis* e *N. gonorrhoeae* estão em um limiar entre comensalismo e patogenicidade (Seifert, 2019), assim como *C. albicans*. Convém ressaltar que esses são casos particulares de comensalismo, tendo em vista que o comensal vive dentro do corpo do hospedeiro, o qual lhe fornece açúcares (Van Ende; Wijnants; Van Dijck, 2019) e abrigo.

Temos ainda o caso das formigas da espécie *Eciton mexicanum* com os besouros *Nymphister kronaueri*, em que estes besouros usam as formigas como meio de transporte, a fim de facilitar o acesso ao alimento, caracterizando um tipo de comensalismo chamado **forese** ou **forésia** (que envolve transporte). Para se fixar, os besouros agarram, com suas grandes mandíbulas, o tronco das formigas entre os dois nódulos peicolares, desta forma eles “pegam carona” com as formigas (Von Beeren; Tishechkin, 2017).

Uma variação do comensalismo é o **inquilinismo**; semelhantes em termos de resultados da interação (0/+), porém com diferença em relação ao objetivo da interação, sendo o comensalismo propriamente dito uma interação inerentemente alimentar, enquanto no inquilinismo um indivíduo utiliza o outro ou a casa do outro como abrigo ou suporte, se beneficiando, enquanto o hospedeiro vive ainda dentro dessa “casa”, sem que haja algum prejuízo para este (Leschen, 1999; Wilson; Hölldobler, 2005).

O inquilinismo ocorre entre animal-animal, animal-planta e planta-planta, sendo que este último envolve o epifitismo. O epifitismo não é uma interação em si, mas o ato de uma planta viver sobre outra (*epi* - sobre + *phytos* - planta). Adhikari *et al.* (2012) registraram 23 espécies de orquídeas epífitas vivendo como inquilinas sobre 43 espécies de árvores hospedeiras. As epífitas também podem ser parasitas.

Como exemplo de inquilinismo animal-animal, algumas espécies de invertebrados (como cupins, baratas, pseudoescorpiões, colêmbolos entre outros) habitam ninhos das formigas *Dinoponera gigantea*, desenvolvendo com elas a interação de inquilinismo (Gomes, 2022). Essa relação permite que os inquilinos utilizem o espaço e os recursos providos pelas formigas sem causar-lhes danos.

Ninhos de pássaros em árvores são exemplos famosos de inquilinismo entre plantas e animais, mas essa interação não se limita apenas às aves. Por exemplo, a sequoia (*Sequoia sempervirens* Endl), uma das árvores mais altas do planeta, abriga uma incrível diversidade de seres vivos em suas partes mais altas. À medida que se escala uma sequoia, é possível observar uma infinidade de seres que utilizam essas gigantescas árvores como moradia. Sillett *et al.* (2020) observaram a diversidade de vida nas sequoias e descobriram que, além de corujas, águias e pássaros, as partes mais altas das árvores abrigam formigas, abelhas, ácaros de vida livre, besouros e minhocas.

No caso dos insetos que formam galhas, como as vespas da família Cynipidae, que induzem a formação dessas estruturas nas plantas para garantir moradia e proteção (Van Noort *et al.*, 2007), é importante destacar que os inquilinos coabitam com seus hospedeiros sem causar prejuízos. No entanto, quando ocorrem danos, como no caso da formação das galhas, a interação passa a ser desarmônica, nesse caso, por parasitismo (veremos adiante esta interação).

O comensalismo também pode, em certos casos, ser confundido com ectoparasitismo, uma forma de parasitismo em que o parasita vive externamente no corpo do hospedeiro, alimentando-se dele. Isso pode ser observado no caso do besouro *Platysyllus castoris*, comensal dos castores, embora em muitos estudos eles sejam tratados como parasitas, esse termo é errôneo, visto que, analisando a morfologia bucal, se conclui que os adultos não provocam prejuízos ao tegumento do hospedeiro.

Portanto, essa relação é de comensalismo e não de parasitismo, ou seja, ele está apenas usando o castor para facilitar o acesso ao seu alimento. Esses besouros se alimentam apenas dos líquidos produzidos pelas glândulas sebáceas do castor, que espalham secreções oleosas em sua pelagem e são consumidas pelos besouros. Estudos demonstram ainda que esse besouro apresenta adaptações morfológicas específicas, devido sua estreita relação com o castor, seu hospedeiro, sem lhe trazer prejuízos (Yavorskaya; Jałoszyński; Beutel, 2022).

Tratando ainda de relações simbióticas positivas, o **mutualismo** é outra interação harmônica na qual duas espécies diferentes se relacionam de maneira que ambas se beneficiam (Odum, 2001). Para esse tipo de interação existem duas classificações que propõem nomenclaturas diferenciadas: uma assume os termos protocooperação (ou cooperação), para a associação mutuamente positiva sem simbiose, e mutualismo para a associação que envolve esse modo de vida. Outra assume os termos: mutualismo facultativo (equivalente à protocooperação; com os organismos associados vivendo independentes um do outro) e mutualismo obrigatório (quando as espécies são co-dependentes, portanto, em simbiose) (Morrán *et al.*, 2016).

O **mutualismo obrigatório** pode ser observado na relação simbiótica de muitas espécies da família Fabaceae (leguminosas) com bactérias do gênero *Rhizobium*, as quais vivem dentro das raízes das plantas, sendo que as plantas fornecem carbono para as bactérias, que em troca fornecem nitrogênio na forma de nitrato (Westhoek *et al.*, 2021). Outra bactéria em relação de simbiose é a *Wolbachia* associada ao percevejo *Cimex lectularius*, a qual é importante para a reprodução e o desenvolvimento deste, pelo fornecimento de vitaminas do complexo B (Nikoh *et al.*, 2014).

Um exemplo de **mutualismo facultativo** ou protocooperação é a relação entre a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) e os quatis (*Nasua nasua*). Um estudo observou que os quatis se

alimentam dos carrapatos existentes nas capivaras, demonstrando assim que ambas as espécies saem beneficiadas (Rucco *et al.*, 2020). Todavia, cada organismo consegue viver em separado e sem a interação, porém, vive melhor com a associação.

Exemplo análogo a este, é o do camarão-limpador (*Lysmata amboinensis*), que age limpando as feridas de peixes lesionados. Devido a tal hábito alimentar eles atuam reduzindo a invasão de patógenos nas lesões e ainda reduzem o estresse do peixe, melhorando seus mecanismos de defesa (Vaughan *et al.*, 2018).

Algumas espécies de formigas desenvolvem uma relação de mutualismo facultativo com os pulgões: enquanto os pulgões fornecem *honeydew* (uma secreção adocicada) para a nutrição das formigas, eles se beneficiam da proteção e do transporte fornecidos por elas (Xu *et al.*, 2021). É comum encontrar em páginas de internet essa interação associada ao termo esclavagismo, que seria uma associação de “escavidão”, onde o pulgão atuaria como escravo da formiga; entretanto, como se percebe, a interação é de via dupla, com ambos sendo beneficiados e sem prejuízos para qualquer um (+/+).

O mesmo termo pode ser encontrado associado ao caso das formigas cortadeiras e os ninhos de fungos, onde os fungos fornecem carboidrato para as formigas, que, por sua vez, trazem de fora do formigueiro alimentos para a colônia de fungo se desenvolver; sendo também um caso de benefício mútuo, onde o fungo tem abrigo, fornecimento de alimento e proteção (Mueller *et al.*, 2005).

Voltando ao caso do **parasitismo**, esta é uma interação que envolve simbiose, tanto no ecto, quando o parasita vive sobre o hospedeiro, como as pulgas, ácaros, carrapatos e piolhos (Whiting *et al.*, 2008), quanto no endoparasitismo, quando a interação se dá no interior do corpo do hospedeiro, uma vez que o parasita obrigatoriamente depende do seu hospedeiro, trazendo prejuízo a este enquanto se beneficia, pela retirada de nutrientes (+/-).

O parasitismo pode ocorrer entre planta-planta, animal-planta, animal-animal e microrganismos com plantas/animais. Em uma relação entre vegetais pode ocorrer hemi ou holoparasitismo, sendo que o hemiparasitismo é um tipo de nutrição mixotrófica que une a fotossíntese e a extração parasitária; plantas hemiparasitas constituem cerca de 90% das plantas parasitas, pois têm alto sucesso evolutivo e estabilidade (Meng *et al.*, 2021).

Os hemiparasitas são clorofilados e mantêm a capacidade de fotossíntese, enquanto retiram água e substratos minerais do xilema dos seus hospedeiros, em contraste com as holoparasitas que são aclorofilados e sugam carboidratos além de água e nutrientes (Bell; Adams; Rennenberg, 2011). Para obter os nutrientes da planta hospedeira, os hemiparasitas utilizam estruturas denominadas de haustórios (Salcedo-Morales *et al.*, 2014).

A presença do hospedeiro é vital na dinâmica populacional de um hemiparasita, como é o caso do vegetal *Castilleja tenuiflora* Benth., um parasita facultativo generalista de raízes. Observa-se que, quando *C. tenuiflora* está em relação de parasitismo, ocorre uma maior produção de estruturas reprodutivas do que na ausência do hospedeiro (Granados-Hernández *et al.*, 2021).

Por outro lado, tem-se que o hospedeiro é prejudicado pelo parasita, como no caso da erva-de-passarinho (*Struthanthus flexicaulis* Mart.), hemiparasita do alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*

DC.), que interfere no balanço hídrico e fotossintético do alecrim, causando gradualmente um desequilíbrio fisiológico e levando em algum momento à morte do hospedeiro (Monteiro *et al.*, 2022).

De maneira análoga, as plantas holoparasitas também influenciam o crescimento e a fotossíntese dos seus hospedeiros, como *Cuscuta campestris* Yunck., uma herbácea parasita obrigatória do caule de *Mikania micratha* Kunth., que diminui perceptivelmente a captação de luz do seu hospedeiro, pois a infecção por *C. campestris* impede que as folhas capturem a luz de forma eficiente, além de reduzir o desenvolvimento foliar, crescimento do caule e biomassa, impedindo o florescimento e causando a morte quase completa das partes aéreas do hospedeiro (Shen *et al.*, 2005, 2007).

Em termos de controle biológico, *Cuscuta campestris* Yunck. é um agente eficaz no manejo de plantas invasoras exóticas como a *M. micratha* (Yu *et al.*, 2008). Convém ressaltar que as holoparasitas podem ser muito mais prejudiciais a seus hospedeiros, uma vez que não fazem fotossíntese e sua nutrição depende completamente destes.

O parasitismo no reino vegetal ainda pode ocorrer por microrganismos, sejam eles bactérias ou fungos. A ferrugem do café, por exemplo, é uma doença parasitária que afeta o metabolismo do café (*Coffea arabica* L.), impactando negativamente a qualidade dos grãos (Pereira *et al.*, 2021). Essa doença é causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* e é caracterizada pela presença de manchas alaranjadas em forma de buquê, que pode causar perda de até 35% na produção do café (Talhinhas *et al.*, 2017).

Os microrganismos (protozoários, vírus, fungos e bactérias) estabelecem relações de parasitismo também com seres humanos. Como vivenciado pela sociedade, na recente pandemia de COVID-19, causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, o qual é um agente altamente patogênico que infecta humanos (Seyed *et al.*, 2020).

Outro exemplo de doença parasitária é a malária em humanos, causada por protozoários do gênero *Plasmodium* (Sato, 2021). E ainda existem microparasitas de outros animais, como o protozoário *Babesia canis*, um hemoparasita de cães, transmitido pelo carrapato que infecta os glóbulos vermelhos do hospedeiro (Schetters, 2019).

Mais recentemente, tem sido descrito um tipo especial de parasitismo: o nidoparasitismo, que ocorre quando uma ave que não faz ninho utiliza o ninho de outra espécie para depositar seus ovos, como ocorre com o chupim (*Molothrus* sp) (Fiorini *et al.*, 2014). Nessa interação é comum o filhote da ave parasita eclodir primeiro e este ficar sendo alimentado pela ave hospedeira e, ainda, acontece de o filhote parasita jogar os ovos da ave hospedeira para fora do ninho ou perfurá-los, evitando competição – um comportamento bem singular dentre as interações que as aves costumam desenvolver. Na verdade, esse é um caso de parasitismo social, tendo em vista que a ave hospedeira é aquela que vai criar os filhotes da parasita, diferente do parasitismo propriamente dito, onde ocorre a retirada de nutrientes do hospedeiro.

Importante ressaltar que relações parasitárias podem trazer grandes prejuízos à economia, em especial na agricultura. Prova disso é a produção de cucurbitáceas, que é recorrentemente afetada pelos vírus de afídeos que provocam doenças e prejudicam a produção (Rabadán *et al.*, 2021). Os afídeos, adicionalmente, se alimentam (parasitam) da seiva do floema e se reproduzem rapidamente provocando mudanças negativas na morfologia e alocação de recursos do hospedeiro (Goggin, 2007).

Tendo em vista isso, para evitar o uso de inseticidas químicos, a alternativa ecologicamente mais adequada, atualmente, é o Controle Biológico de Pragas (CBP). Esse método implica em introduzir um inimigo natural para o controle da praga (Peixoto *et al.*, 2018); geralmente são os insetos, como a vespa parasitoide *Aphidius colemani*, os mais utilizados no controle biológico dos pulgões (Kansman *et al.*, 2021).

Os parasitoides são intimamente relacionados com seus hospedeiros, mas na vida adulta são de vida livre, parasitando apenas em sua fase larval e causando a morte do hospedeiro durante seu desenvolvimento (Begon; Townsend; Harper, 2006). Exemplo de parasitoide são os indivíduos do gênero *Phalacrotophora*, que atuam como parasitoides gregários de pupas de joaninhas da tribo Coccinellini e, raramente, de Chilacorini (Ceryngier; Roy; Poland, 2012; Disney, 2012). Outra forma de CBP é via predação. Como exemplo, a espécie *Delphastus catalinae* (joaninha), da família Coccinellidae, é utilizada como predadora de pragas como a mosca-branca que ataca áreas de agricultura (Simmons *et al.*, 2008).

Diante disso, para melhorar a compreensão dos conceitos parasitismo e parasitoidismo cabe aqui diferenciar o parasita do parasitoide. O parasita depende unicamente do hospedeiro para sobreviver durante todo o seu ciclo de vida mantendo uma relação de longo prazo com ele e por isso quanto ao resultado da interação os parasitas não matam seus hospedeiros, pois precisam deles vivos para se alimentarem (Beani *et al.*, 2017). Em contraste, o parasitoide, como já mencionado, parasita apenas em sua fase larval e por isso tem uma interação de curta duração com seus hospedeiros e causam a morte dele como parte do ciclo de vida (Cornelius *et al.*, 2020).

Antes de discorrer sobre predação vamos primeiro diferenciá-la do parasitismo. Ambas as relações beneficiam apenas um organismo em detrimento do outro (+, -); entretanto, como já mencionado, no parasitismo quem se beneficia é denominado de parasita e o organismo prejudicado é denominado hospedeiro. Além disso, o parasita é menor que seu hospedeiro e não o mata imediatamente, consumindo parte dos nutrientes do hospedeiro, como no caso do ectoparasitismo por pulgas em ratos noruegueses (*Rattus norvegicus*) (Alonso *et al.*, 2020).

Já a **predação** é uma relação desarmônica em que o organismo favorecido é denominado de predador e o prejudicado de presa, contrastando com o parasitismo pelo fato de que o predador mata instantaneamente sua presa, antes ou depois de engoli-la (Begon; Townsend; Harper, 2006).

A predação é capaz de moldar o comportamento dos participantes da interação: a presa para sobreviver tende a desenvolver estratégias comportamentais de melhor uso do ambiente e recursos e diminuição do risco de predação, como a mudança no horário de deslocamento em relação ao dia e noite, considerando que a eficiência máxima dos predadores pode variar com a intensidade da luz.

Courbin *et al.* (2019) observaram que zebras evitam ficar perto de poços de água em períodos noturnos, mais arriscados, para escapar da predação dos leões. O tamanho das presas também influencia no sucesso da predação. Os carnívoros lidam com presas móveis que podem escapar, diferentemente dos herbívoros que se alimentam de presas imóveis, e por isso um maior tamanho corporal da presa aumenta a chance de captura (Portalier *et al.*, 2019).

Relacionado ao conceito de predação está a herbivoria, definida como um tipo de alimentação quando o predador é um consumidor primário, geralmente um animal, e a presa é um produtor

primário (planta) (Odum, 2001). A herbivoria é um dos principais pilares da evolução e diversidade das plantas (Ramos; Schiestl, 2019).

Por outro lado, algumas espécies vegetais desenvolvem mecanismos para se defender dos herbívoros. A relação por exemplo entre insetos e plantas demandou o desenvolvimento de características contra-adaptativas morfológicas e bioquímicas entre ambos (War *et al.*, 2018). Todavia, é importante ressaltar que a herbivoria (*herbi* – ervas + *voros* – comer) não é uma interação ecológica, mas uma escolha alimentar. Herbívoro é o nome dado aos organismos animais que se alimentam de organismos vegetais ou parte deles, diferenciando-se dos carnívoros (que se alimentam de carne). Entre os herbívoros estão os nectarívoros, polinívoros, folívoros e os frugívoros, que se alimentam de néctar, pólen, folhas e frutos, respectivamente.

As estratégias bioquímicas de defesa das plantas contra a predação incluem alterações fisiológicas, como a produção de metabólitos secundários tóxicos (Karban, 2011), e morfológicas, que podem-se dar por meio do aumento do número de tricomas (Rashidwar; Hussain; Sharma, 2013).

Jaquiéry *et al.* (2012) demonstraram, por uma varredura no genoma dos pulgões de ervilha, que eles possuem assinaturas genéticas que garantem especificidade na relação com a planta, como genes de receptores olfativos e decodificadores de proteínas. Por outro lado, o sucesso da herbivoria deve-se ao avanço da simbiose entre microrganismos e herbívoros (Gilbert, 2020). Nos cupins, por exemplo, existem diversos simbioses intestinais, como protozoários, que atuam na digestão de substâncias celulósicas (Bayen *et al.*, 2021).

A última interação a ser tratada neste capítulo é a **facilitação**. Coincidentemente, também é a mais recente interação descrita na literatura. Nessa interação, há benefícios ambientais promovidos pela espécie vegetal chamada facilitadora (em inglês: *nurse*; que significa enfermeira), que abrangem outras espécies sob sua copa, enquanto não há prejuízo nem benefício para ela (resultado da interação: 0/+) (Bruno; Stachowicz; Bertness, 2003).

A facilitação por meio do sombreamento foi observada em *Stipa tenassima* L., uma planta nativa da região árida da Espanha, que se apresenta como facilitadora porque reduz as temperaturas do ar e do solo sob sua copa e aumenta a umidade do solo, resultando num aumento do status hídrico das folhas e produtividade das plantas sob sua copa (Armas *et al.*, 2009).

Por outro lado, Sortibrán, Verdú e Valiente-Banuet (2014), estudando plantas-enfermeiras ou facilitadoras, descobriram que elas também se beneficiam da melhoria microclimática produzida pelas plantas facilitadas. Como exemplo, *Retama sphaerocarpa* Boiss., que atua como facilitadora, se beneficia da melhoria nas condições do solo produzidas pelas plantas facilitadas, o que resulta em maior biomassa, conteúdo total de nitrogênio e maiores potenciais de água em *R. sphaerocarpa*.

Tais achados comprovaram que a interação se dá com resultados positivos para ambas as espécies associadas, sendo, portanto, um caso de protocooperação vegetal-vegetal. Nesse caso, poderia não estar acontecendo a facilitação propriamente dita (0/+), porque um dos requisitos para a interação ocorrer é que haja condições extremas ou estressantes fora da copa da espécie facilitadora, uma vez que nessa interação, com a presença da planta-enfermeira, a severidade ambiental é reduzida (Jankju, 2013), aumentando a taxa de crescimento, recrutamento, sobrevivência e o sucesso reprodutivo

dessas plantas facilitadas (Hierro; Cock, 2013). Uma planta pode atuar como facilitadora quando ela conseguir realizar os processos de ascensão e redistribuição hidráulica (captura da água no solo profundo e liberação dessa água no solo superficial, mais seco), levando a uma maior disponibilidade de água para as espécies facilitadas (Ke *et al.*, 2022).

A facilitação influencia o processo de sucessão ecológica, por meio das modificações nas condições ambientais pelas espécies pioneiras (heliófitas) que beneficiam outras espécies ombrófilas (Connell; Slatyer, 1977; Begon; Townsend; Harper, 2006). Além disso, plantas facilitadoras ainda partilham seus recursos, como o carbono e o nitrogênio, para garantir a sobrevivência e o crescimento de plantas mais novas. Isso ocorre por meio de fungos que conectam raízes de árvores a outras plantas, denominadas de redes micorrízicas.

Percebe-se que mudas de plantas em contato com as hifas dos fungos têm risco reduzido de mortalidade, portanto, a comunicação entre fungos e plantas pode ter um enorme valor ecológico por permitir a estabilidade de plantas mais jovens em ambientes instáveis (Teste *et al.*, 2009).

Embora tenha sido amplamente estudada e descrita inicialmente para a interação entre vegetais, autores têm usado o termo facilitação para algumas interações que ocorrem entre espécies de animais (He; Bertness; Altieri, 2013). É o caso da polinização do cogumelo-de-caboclo (*Scybalium fungiforme*; uma planta parasita de raízes) feita pelo morcego-beija-flor (*Glossophaga soricina*), a qual é facilitada por gambás e aves que removem as brácteas da planta, o que deixa as flores expostas, tornando possível que o morcego consiga consumir o néctar do vegetal enquanto deposita o pólen (Amorim *et al.*, 2022).

Convém ressaltar que nesse caso tem-se uma rede de interações: o cogumelo-de-caboclo desenvolve parasitismo com a planta em cuja raiz ele se hospeda; o morcego desenvolve uma relação de mutualismo facultativo com a planta parasita, enquanto aves e gambás facilitam o acesso do morcego ao alimento. Tais exemplos nos levam a entender que os organismos são muito dinâmicos na natureza e que podem desenvolver n interações, as quais podem variar em função das espécies associadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi visto, neste capítulo trabalhamos as interações interespecíficas e buscamos minimizar as confusões com os termos, de forma que temos que:

- A **Competição** é uma disputa direta (por interferência) ou indireta (por exploração) por recursos quando estes não estão em quantidade suficiente para demanda, podendo o resultado da interação ser negativo para todos os envolvidos, ou, ainda, positivo para um e negativo para o outro indivíduo (ou população) na competição assimétrica (às vezes tratada como Amensalismo).
- A **Predação** é o ato de matar um organismo para dele se alimentar ou de ingeri-lo ainda vivo, com conseqüente morte no processo de digestão. Nesse caso, há benefício de um organismo (o predador) em detrimento de outro (a presa). A predação de organismos vegetais chama-se her-

bivoria, porém este não é o nome da interação, mas simplesmente o ato de consumir vegetais, tal como insetívoros são predadores de insetos.

- O **Parasitismo** é o ato de se alimentar dos nutrientes de outros organismos, podendo o parasita estar fora ou dentro do organismo hospedeiro. Como resultado dessa interação temos: um organismo beneficiado e outro prejudicado.
- O **Comensalismo** é uma interação que envolve união de um organismo com outro que possa lhe facilitar o acesso ao alimento. Nesse sentido, o comensal é beneficiado enquanto o hospedeiro não sofre dano.
- Neste capítulo tratamos a Protocooperação como **Mutualismo Facultativo**, quando ambos os organismos vivem normalmente sem a interação, e o Mutualismo propriamente dito como **Mutualismo Obrigatório**, quando ambas as espécies têm a necessidade da interação para sua plena sobrevivência.
- A ocorrência da **Facilitação** entre vegetais tem como pré-requisito condições estressantes no ambiente ao redor, e, sob a copa da facilitadora, condições mais propícias ao desenvolvimento de outras espécies vegetais. Recentemente, o termo tem sido utilizado para interações envolvendo grupos diversos de organismos, não estando restrita ao grupo dos vegetais

Esperamos que esse material possa dirimir dúvidas quanto aos conceitos abordados e almejamos que seja amplamente utilizado no meio escolar nos diferentes níveis de ensino.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa Científica do estado do Piauí – FAPEPI, pela concessão de bolsa de iniciação científica à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, Y.P.; FISCHER, H. S.; FISCHER, A. Host tree utilization by epiphytic orchids in different land-use intensities in Kathmandu Valley, Nepal. **Plant Ecology**, v. 213, n. 9, p. 1393–1412, 2012.
- AGUIAR-SILVA, F.H.; JAUDOIN, O.; SANAIOTTI, T.M.; SEIXAS, G.H.F.; DULEBA, S.; MARTINS, F.D. Camera trapping at harpy eagle nests: interspecies interactions under predation risk. **Journal of Raptor Research**, v.51, n.1, p.72-78, 2017.
- ALI, A. Forest stand structure and functioning: Current knowledge and future challenges. **Ecological Indicators**, v. 98, p. 665–677, 2019.
- ALONSO, R. et al. Norway rat (*Rattus norvegicus*) ectoparasites in livestock production systems from central Argentina: influencing factors on parasitism. **Acta Tropica**, v. 203, p. 105299, 2020.
- AMORIM, F.W. et al. Opossums and birds facilitate the unexpected bat visitation to the ground-flowering *Scybalium fungiforme*. **Ecology**, v.104, e3935, 2022.
- AMORÓS, M. et al. Hyaenas and lions: how the largest African carnivores interact at carcasses. **Oikos**, v. 129, n. 12, p. 1820–1832, 2020.
- ARLETTAZ, R.; GODAT, S.; MEYER, H. Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*). **Biological Conservation**, v.93, n.1, p.55-60, 2000.
- BAYEN, S. et al. Mutualistic relation of termites with associated microbes for their harmonious survival. **Symbiosis**, v.85, p. 145-161, 2021.
- BEANI, L. et al. Subtle effect of *Xenos vesparum* (Xenidae, Strepsiptera) on the reproductive apparatus of its male host: Parasite or parasitoid? **Journal of Insect Physiology**, v. 101, p. 22-30, 2017.
- BELL, T. L.; ADAMS, M. A.; RENNENBERG, H. Attack on all fronts: functional relationships between aerial and root parasitic plants and their woody hosts and consequences for ecosystems. **Tree Physiology**, v. 31, n. 1, p. 3–15, 2011.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2006.
- BOYNTON, P. J. The ecology of killer yeasts: Interference competition in natural habitats. **Yeast**, v.36, n.8, p. 473-485, 2019.
- BRUNO, J.F.; STACHOWICZ, J.J.; BERTNESS, M.D. Inclusion of facilitation into ecological theory. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 18, n. 3, p. 119–125, 2003.

CERYNGIER, P.; ROY, H.E.; POLAND, R.L. Natural enemies of ladybird beetles. *In*: HODEK, I; HONEK, A.; VAN EMDEN, H.F.(Orgs). **Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)**. New York, USA: John Wiley & Sons, 2012. p. 375-443.

CHENG, M-Y.; PRAYOGO, D. Symbiotic organisms search: a new metaheuristic optimization algorithm. **Computers & Structures**, v. 139, p. 98-112, 2014.

CONNELL, J.H.; SLATYER, R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1119-1144, 1977.

CORNELIUS, M.L. *et al.* Ovipositional behavior of the egg parasitoid *Gryon pennsylvanicum* (Hymenoptera: Scelionidae) on two squash bug species *Anasa tristis* (Hemiptera: Coreidae) and *Anasa armigera*: Effects of parasitoid density, nutrition, and host egg chorion on parasitism rates. **Environmental Entomology**, v. 49, n. 6, p. 1307-1315, 2020.

COURBIN, N. *et al.* Zebra diel migrations reduce encounter risk with lions at night. **Journal of Animal Ecology**, v. 88, n. 1, p. 92–101, 2019.

D'ANGELO, G.B.; NAGAI, M.E.; SAZIMA, I. Relações alimentares de aves com capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) em parque urbano no Sudeste do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 56, p. 33-43, 2016.

DESAI, J. V.; LIONAKIS, M. S. Setting Up Home: fungal rules of commensalism in the mammalian gut. **Cell Host & Microbe**, v. 25, n. 3, p. 347–349, 2019.

DISNEY, R. H. L. Five new species of scuttle fly (Diptera: Phoridae) from Southern Africa. **African Invertebrates**, v. 53, n. 1, p. 113–124, 2012.

ERRERA, R. M.; CAMPBELL, L. Osmotic stress triggers toxin production by the dinoflagellate *Karenia brevis*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 26, p. 10597–10601, 2011.

FERNÁNDEZ-TSCHIEDER, E.; BINKLEY, D. Linking competition with growth dominance and production ecology. **Forest Ecology and Management**, v. 414, p. 99-107, 2018.

FIORINI, V.D.; GLOAG, R.; KACELNIK, A.; REBOREDA, J.C. Strategic egg destruction by brood-parasitic cowbirds? **Animal Behaviour**, v.93, p.229-235, 2014.

GARCÍA, C.; RENDUELES, M.; DÍAZ, M. Microbial amensalism in *Lactobacillus casei* and *Pseudomonas taetrolens* mixed culture. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 40, n. 7, p. 1111–1122, 2017.

GAUSE, G.F. Experimental analysis of Vito Volterra's mathematical theory of the struggle for existence. **Science**, v. 79, n. 2036, p. 16-17, 1934.

GILBERT, S. F. Developmental symbiosis facilitates the multiple origins of herbivory. **Evolution and Development**, v. 22, n. 1–2, p. 154–164, 2020.

GOGGIN, F.L. Plant–aphid interactions: molecular and ecological perspectives. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 10, n. 4, p. 399–408, 2007.

GOMES, R.S. **Inquilinismo em ninhos de *Dinoponera Gigantea* (Perty) 1833 (Hymenoptera: formicidae) em uma área de cerrado a Nordeste do Brasil**. 2022. 39 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2022.

GRANADOS-HERNÁNDEZ, L. A. *et al.* Better alone? A demographic case study of the hemiparasite *Castilleja tenuiflora* (Orobanchaceae): A first approximation. **Population Ecology**, v. 63, n. 2, p. 152–164, 2021.

GUNDERMAN, R. B. Commensalism: We can live without it, but who would want to? **Academic Radiology**, v. 29, n. 3, p. 473–474, 2022.

HE, Q; BERTNESS, M.D.; ALTIERI, A.H. Global shifts towards positive species interactions with increasing environmental stress. **Ecology Letters**, v. 16, n. 5, p. 695–706, 2013.

HIERRO, J.L.; COCK, M.C. Herbivore-mediated facilitation alters composition and increases richness and diversity in ruderal communities. **Plant Ecology**, v. 214, n. 10, p. 1287–1297, 2013.

JANKJU, M. Papel dos arbustos enfermeiros na restauração de pastagens áridas: Efeitos do microclima no estabelecimento da grama. **Journal of Arid Environments**, v. 89, p. 103–109, 2013.

JAQUIÉRY, J. *et al.* Genome scans reveal candidate regions involved in the adaptation to host plant in the pea aphid complex. **Molecular Ecology**, v. 21, n. 21, p. 5251–5264, 2012.

KANSMAN, J. T. *et al.* Effects of Plant Stress on Aphid-Parasitoid Interactions: Drought improves aphid suppression. **Environmental Entomology**, v. 50, n. 3, p. 713–718, 2021.

KARBAN, R. The ecology and evolution of induced resistance against herbivores. **Functional Ecology**, v. 25, n. 2, p. 339–347, 2011.

KAMIL, A.C.; KREBS, J.R.; PULLIANM, H.R. **Foraging behaviour**. New York: Plenum Press, 1987.

LESCHEN, R.A.B. *et al.* Origins of symbiosis: phylogenetic patterns of social insect inquilinism in Cryptophagidae (Coleoptera: Cucujoidea). *In*: BYERS, G.W; HAGEN, R.H; BROOKS, R.W.(Eds). **Entomological contributions in memory of Byron A. Alexander**, Kansas-USA: The University of Kansas Sciences Bull, 1999.

LU, Y. *et al.* Allelopathy of three Compositae invasive alien species on indigenous *Lactuca sativa* L. enhanced under Cu and Pb pollution. **Scientia Horticulturae**, v. 267, 109323, 2020.

LUO, D.; WANG, Q. Global dynamics of a Beddington–DeAngelis amensalism system with weak Allee effect on the first species. **Applied Mathematics and Computation**, v. 408, 126368, 2021.

MACARTHUR, R.H.; PIANKA, E.R. On optimal use of a patchy environment. **The American Naturalist**, v. 100, n. 916, p. 603-609, 1966.

MARÉCHAL, L.; MCKINNEY, T. The (Mis)use of the Term “Commensalism” in Primatology. **International Journal of Primatology**, v. 41, n. 1, p. 1–4, 2020.

MARSHAK, A.R.; HECK, K.L.; JR., JUD, Z.R. Ecological interactions between Gulf Mexico snappers (Teleostei: Lutjanidae) and invasive red lionfish (*Pterois volitans*). **Plos One**, v.13, n.11, e0206749, 2018.

MENG, S. *et al.* Impacts of nitrogen on physiological interactions of the hemiparasitic *Santalum album* and its N₂-fixing host *Dalbergia odorifera*. **Trees - Structure and Function**, v. 35, n. 3, p. 1039–1051, 2021.

MILANOVIĆ, Z. *et al.* Association of acute Babesia canis infection and serum lipid, lipoprotein, and apoprotein concentrations in dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 33, n. 4, p. 1686–1694, 2019.

MILLSOP, J. W.; FAZEL, N. Oral candidiasis. **Clinics in Dermatology**, v. 34, n. 4, p. 487–494, 2016.

MONTEIRO, G. F. *et al.* Imbalance of water potential and photosynthetic efficiency in the parasitic relationship between *Struthanthus flexicaulis* and *Baccharis dracunculifolia*. **Folia Geobotanica**, v. 57, n. 1, p. 71–82, 2022.

MORRAN, L. T. *et al.* Nematode–bacteria mutualism: Selection within the mutualism supersedes selection outside of the mutualism. **Evolution**, v. 70, n. 3, p. 687–695, 2016.

MUELLER, U.G. *et al.* The evolution of agriculture in insects. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 36, p. 563-595, 2005.

LEMBERG, C. *et al.* *Candida albicans* commensalism in the oral mucosa is favoured by limited virulence and metabolic adaptation. **PLoS Pathogens**, v. 18, n. 4, e1010012, 2022.

NIKOH, N. *et al.* Evolutionary origin of insect-*Wolbachia* nutritional mutualism. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 28, p. 10257–10262, 2014.

NORMAN, A.B.B.M.; REYNOLDS, B.S.D.; MORGAN, D.L. Three-way symbiotic relationships in whale sharks. **Pacific Conservation Biology**, v.28, p.80-83, 2022.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

OXFORD LEARNER'S DICTIONARIES. **Commensalism**. United Kingdom: Oxford University Press, 2023. Disponível em: <<https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/commensalism?q=commensalism>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

PEIXOTO, L. *et al.* When taxonomy and biological control researchers unite: species delimitation of *Eadya* parasitoids (Braconidae) and consequences for classical biological control of invasive paropsine pests of *Eucalyptus*. **PLoS One**, v. 13, n. 8, e0201276, 2018.

PEREIRA, D. R. *et al.* Genetic and chemical control of coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.): impacts on coffee (*Coffea arabica* L.) quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 7, p. 2836–2845, 2021.

PERKINS, S. Ramping up the fight against Florida's red tides. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 116, n. 14, p. 6510–6512, 2019.

PORTALIER, S. M. J. *et al.* The mechanics of predator–prey interactions: First principles of physics predict predator–prey size ratios. **Functional Ecology**, v. 33, n. 2, p. 323–334, 2019.

QIN, F.; LIU, S.; YU, S. Effects of allelopathy and competition for water and nutrients on survival and growth of tree species in *Eucalyptus urophylla* plantations. **Forest, Ecology and Management**, v. 424, p.387-395, 2018.

RABADÁN, M.P. *et al.* Aphid-borne viruses infecting cultivated watermelon and squash in Spain: Characterization of a variant of cucurbit aphid-borne yellows virus (CABYV). **Plant Pathology**, v. 70, n. 6, p. 1476–1485, 2021.

RAMOS, S.E.; SCHIESTL, F.P. Rapid plant evolution driven by the interaction of pollination and herbivory. **Science**, v. 364, n. 6436, p. 193-196, 2019.

WAR, A.R.; HUSSAIN, B.; SHARMA, H.C. Induced resistance in groundnut by jasmonic acid and salicylic acid through alteration of trichome density and oviposition by *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **AoB Plants**, v. 5, plt053, 2013.

ROPER, C.; CASTRO, C.; INGEL, B. *Xylella fastidiosa*: bacterial parasitism with hallmarks of commensalism. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 50, p. 140-147, 2019.

RUCCO, A.C. *et al.* Interspecific association between brown-nosed coatis and capybaras in an urban area of Brazil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 15, n. 3, p. 843–848, 2020.

SCHETTERS, T. Mechanisms involved in the persistence of *Babesia canis* infection in dogs. **Pathogens**, v. 8, n. 3, p. 94, 2019.

SEIFERT, H. S. Location, Location, Location—Commensalism, Damage and Evolution of the Pathogenic *Neisseria*. **Journal of Molecular Biology**, v. 431, n. 16, p. 3010–3014, 2019.

- SEIFERT, T. *et al.* Competition effects in an afrotemperate forest. **Forest Ecosystems**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2014.
- HOSSEINI, E.S. *et al.* The novel coronavirus Disease-2019 (COVID-19): Mechanism of action, detection and recent therapeutic strategies. **Virology**, v. 551, p. 1–9, 2020.
- SHEN, H. *et al.* Influence of the obligate parasite *Cuscuta campestris* on growth and biomass allocation of its host *Mikania micrantha*. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 415, p. 1277–1284, 2005.
- SHEN, H. *et al.* The influence of the holoparasitic plant *Cuscuta campestris* on the growth and photosynthesis of its host *Mikania micrantha*. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 11, p. 2929–2937, 2007.
- SIMMONS, A.M.; LEGASPI, J.C.; LEGASPI, B.C. Responses of *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae), to relative humidity: oviposition, hatch, and immature survival. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 101, n. 2, p. 378-383, 2008.
- SORTIBRÁN, L.; VERDÚ, M.; VALIENTE-BANUET, A. Nurses experience reciprocal fitness benefits from their distantly related facilitated plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 16, n. 5, p. 228–235, 2014.
- SVANBÄCK, R.; BOLNICK, D. I. Intraspecific competition drives increased resource use diversity within a natural population. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1611, p. 839–844, 2007.
- TALHINHAS, P. *et al.* The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. **Molecular Plant Pathology**, v. 18, n. 8, p. 1039–1051, 2017.
- TESTE, F.P. *et al.* Access to mycorrhizal networks and roots of trees: importance for seedling survival and resource transfer. **Ecology**, v. 90, n. 10, p. 2808-2822, 2009.
- Van ENDE, M.; WIJNANTS, S.; Van DIJCK, P. Sugar Sensing and Signaling in *Candida albicans* and *Candida glabrata*. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 99, 2019.
- Van NOORT, S. *et al.* Biology of *Rhoophilus loewi* (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipidae), with implications for the evolution of inquilinism in gall wasps. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 90, n. 1, p. 153–172, 2007.
- Van WIJLICK, L.; JANBON, G. Commensalism instead of sex? Adapting mating to live in the gut. **Cell Host & Microbe**, v. 29, n. 6, p. 856–858, 2021.
- Van LANEN, N.J.; FRANKLIN, A.B.; HUYVAERT, K.P.; REISER II, R.F.; CARLSON, P.C. Who hits and hoots at whom? Potential for interference competition between barred and northern spotted owls. **Biological Conservation**, v.144, n.9, p.2194-2201, 2011.

- VAUGHAN, D. B. *et al.* Cleaner shrimp are true cleaners of injured fish. **Marine Biology**, v. 165, n. 7, 165:118, 2018.
- Von BEEREN, C.; TISHECHKIN, A. K. *Nymphister kronaueri* von Beeren & Tishechkin sp. nov., an army ant-associated beetle species (Coleoptera: Histeridae: Haeteriinae) with an exceptional mechanism of phoresy. **BMC Zoology**, v. 2, n. 1, p. 1–16, 2017.
- WAR, A. R. *et al.* Plant defence against herbivory and insect adaptations. **AoB PLANTS**, v. 10, n. 4, ply037, 2018.
- WEISBERG, R. H. *et al.* Why no red tide was observed on the West Florida Continental Shelf in 2010. **Harmful Algae**, v. 38, p. 119–126, 2014.
- WEISBERG, R. H. *et al.* *Karenia brevis* blooms on the West Florida Shelf: A comparative study of the robust 2012 bloom and the nearly null 2013 event. **Continental Shelf Research**, v. 120, p. 106–121, 2016.
- WESTHOEK, A. *et al.* Conditional sanctioning in a legume–Rhizobium mutualism. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 19, e2025760118, 2021.
- WHITING, M. F. *et al.* A molecular phylogeny of fleas (Insecta: Siphonaptera): origins and host associations. **Cladistics**, v. 24, n. 5, p. 677–707, 2008.
- WILSON, E. O.; HÖLLDOBLER, B. Eusociality: Origin and consequences. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 38, p. 13367–13371, 2005.
- XU, C.; YUAN, S.; ZHANG, T. Competitive exclusion in a general multi-species chemostat model with stochastic perturbations. **Bulletin of Mathematical Biology**, v. 83, p. 1-17, 2021.
- XU, T. *et al.* A trail pheromone mediates the mutualism between ants and aphids. **Current Biology**, v. 31, n. 21, p. 4738- 4747, 2021.
- YANG, X.Z; ZHANG, W. H; HE, Q.Y. Effects of intraspecific competition on growth, architecture and biomass allocation of *Quercus Liaotungensis*. **Journal of Plant Interactions**, v. 14, n. 1, p. 284–294, 2019.
- YAVORSKAYA, M.I.; JAŁOSZYŃSKI, P.; BEUTEL, R.G. A unique case of commensalism: The beaver beetle *Platypsyllus castoris* (Leiodidae, Coleoptera) and its morphological adaptations. **Journal of Morphology**, v. 284, n. 1, e21532, 2023.
- YU, H. *et al.* Holoparasitic *Cuscuta campestris* suppresses invasive *Mikania micrantha* and contributes to native community recovery. **Biological Conservation**, v. 141, n. 10, p. 2653–2661, 2008.

RESPOSTAS E EXPLICAÇÕES DAS IMAGENS

Foto 1: Cupinzeiro em árvore: muitas vezes os alunos encaixam a situação como parasitismo. Entretanto, para classificar como parasitismo seria necessário que estivesse havendo absorção pelo cupim de substâncias fundamentais ao desenvolvimento da planta, o que não acontece, pois o cupim não suga fotossintatos da planta; ele usa a parte morta da casca da árvore. Assim, a interação é de Inquilinismo.

Foto 2: Borboleta pousando na flor: A interação já apareceu em livros didáticos de ensino fundamental como simbiose e mais recentemente como mutualismo. A interação é de Mutualismo Facultativo ou Protocooperação. Há benefício pra ambas as espécies em termos de alimentação (borboleta) e aumento da variabilidade genética (planta). Convém ressaltar que a interação não é obrigatória, tendo em vista que a borboleta não é o único meio de transporte do pólen, bem como esta pode capturar recursos em outras flores, caso seja espécie generalista. Detalhe também é que essa é uma interação difícil de ser comprovada, pois pra haver o duplo benefício é preciso que o pólen fixe-se no inseto e que, de fato, ele pouse em uma flor com o estigma aberto e que haja fecundação. Caso contrário, o benefício à planta não estaria ocorrendo e apenas a borboleta seria beneficiada.

Foto 3: Lagarta consumindo tecido vivo da folha de milho: Nesse caso temos a Predação por herbivoria. Embora em muitos casos a predação leve à morte do hospedeiro, no caso dos vegetais não precisa haver o consumo do organismo como um todo para ser considerado predação, o consumo de alguma parte viva se encaixa na interação. A herbivoria (consumo de itens vegetais) pode ser de sementes, frutos, flores, néctar, sementes e tecidos fotossintetizantes; todos os casos se enquadram como predação.

Foto 4: Líquen na árvore: Os líquens ou fungos liquenizados são associações simbióticas entre uma espécie de alga ou cianobactéria e uma de fungo. Na relação há um duplo benefício: a alga, que é um organismo fotossintetizante, beneficia o fungo com alimento, enquanto o fungo proporciona umidade à alga, o que caracteriza um Mutualismo Obrigatório, uma vez que as espécies associadas evoluíram nessa condição e não sobrevivem separadas.

Foto 5: Inseto em planta Dioneia sp.: As plantas conhecidas como dioneia são predadoras. Elas fazem fotossíntese, mas como vivem em solos pobres em nitrogênio, complementam sua nutrição através das proteínas obtidas na digestão de insetos que pousam nela.

Foto 6: Mata-pau ou gameleira sobre coqueiro: Quando a semente do mata-pau (*Ficus* sp.) germina no chão, ela cresce como uma forma de vida livre, fazendo fotossíntese e crescendo com seus próprios fotossintatos. Entretanto, quando uma semente é depositada por uma ave – ou outro animal dispersor – em algum ponto do tronco de outra árvore e ela germina, o mata-pau assume uma condição de parasita com suas raízes infiltrando-se na planta hospedeira e circulando-a até ela morrer. O interessante é que o cerne da árvore não existe mais, pois ela fica oca, mas o tronco ainda permanece em pé, servindo de abrigo para uma gama de animais.

Foto 7: Galinha, galinha-d'angola e pato se alimentando: Aqui temos um caso de Competição Interspecífica. As aves entram em luta direta pelos grãos fornecidos, os quais não estão em quantidade suficiente para todos. Essa interação ocorre quando as espécies envolvidas têm o mesmo nicho (ou pelo menos o nicho trófico) em comum.



CAPÍTULO 2

INTERAÇÕES INTRAESPECÍFICAS

Carla Maria da Rocha e Silva

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-8561-0067>

Luan Sousa da Costa

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-9553-1396>

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8537-3871>

DOI: 10.52832/wed.122.754

APRESENTAÇÃO

O equilíbrio nos ecossistemas do planeta Terra é mantido por uma complexa rede de interações entre os seres vivos. Essas conexões entre espécies são responsáveis por moldar a dinâmica populacional, a reprodução e distribuição de recursos entre os organismos de uma população. Por esse motivo, é essencial conhecer as relações ecológicas que os organismos desenvolvem entre si, o que pode auxiliar no entendimento da dinâmica de populações.

Dentro das interações intraespecíficas, que ocorrem dentro das populações, entre seus indivíduos, podemos distinguir também as interações harmônicas e desarmônicas. As relações harmônicas são caracterizadas por beneficiar todos os indivíduos envolvidos, sem causar prejuízo a qualquer um. Por outro lado, as relações desarmônicas promovem prejuízo para pelo menos um dos envolvidos. Tendo em vista isso, neste capítulo, abordaremos as interações intraespecíficas harmônicas, que incluem a colônia e a sociedade, bem como as desarmônicas, representadas pela competição e o canibalismo.

INTERAÇÕES INTRAESPECÍFICAS

Vamos começar pelas relações harmônicas, que, como mencionado, incluem as dinâmicas de colônia e sociedade. Compreender essas estruturas sociais nos ajuda a compreender melhor a ecologia de uma espécie, através da sua dinâmica populacional.

A relação do tipo **colônia** acontece quando os indivíduos de uma mesma espécie estão fisicamente unidos ao longo da vida. Isso significa que cada indivíduo se torna interdependente, incapaz de sobreviver isoladamente. Ao mesmo tempo, a separação de indivíduos do grupo pode resultar na morte da colônia, já que cada membro é essencial para a sobrevivência coletiva (Blackstone, 2021).

Ao contrário das espécies individuais que conhecemos, como cachorros, onças ou tubarões, os animais que vivem em colônias têm sido menos estudados nas pesquisas em Biologia. Ao serem inicialmente investigados, animais coloniais como os corais e a caravela portuguesa foram erroneamente associados a plantas devido à semelhança quanto à aparência. Por um período considerável, foram agrupados sob o termo zoófito (*zoo*: animal; *phyton*: planta), ressaltando a incerteza sobre sua relação com o reino vegetal (Hiebert; Simpson; Tiozzo, 2021).

Nas colônias em que os indivíduos possuem morfologia semelhante, dá-se o nome de colônia isomorfa. No entanto, ao longo do processo evolutivo, certos indivíduos coloniais desenvolveram o que chamamos de polimorfismos. Isso significa que os membros da colônia podem assumir diferentes formas e desempenhar funções distintas, caracterizando-a como heteromorfa. Nas colônias heteromorfas, a divisão do trabalho possibilita uma ampla diversidade de funções, permitindo que o animal se torne mais eficiente e bem adaptado. Em contrapartida, nas colônias isomorfas, os indivíduos precisam gastar mais energia para ajustar sua fisiologia diante de mudanças no ambiente (Simpson, 2011).

A caravela-portuguesa (*Physalia physalis*) é um exemplo famoso de colônia heteromorfa. Cada caravela-portuguesa é uma colônia de zooides especializados, cada um desempenhando funções específicas. Enquanto os gastrozooides são responsáveis pela alimentação, a reprodução fica a cargo das gonodendras (Munro *et al.*, 2019). Há ainda, os dactilozooides, grandes tentáculos urticantes responsáveis pela defesa do animal contra predadores, e que são capazes de causar lesões dolorosas em seres humanos (Barnes; Rupert; Fox, 2005).

Os recifes de corais são exemplos de colônias isomorfas. Os corais são compostos por vários pólipos que são interconectados ao longo do esqueleto do animal. Esses animais coloniais desempenham um papel crucial na estabilidade do ecossistema global, proporcionando um habitat diversificado e seguro para inúmeras espécies marinhas. No entanto, a sobrevivência desses recifes está ameaçada pelas mudanças climáticas, que elevam a temperatura dos oceanos, resultando no branqueamento dos corais devido à expulsão das algas simbióticas que neles habitam (Spalding; Brown, 2015).

A relação de espécies tipo colônia assegura uma grande adaptabilidade a variados ambientes. Para atender às demandas de sobrevivência, um animal em uma colônia heteromorfa pode modificar a quantidade de cada unidade funcional, aumentando as unidades de defesa se houver muitos predadores, por exemplo (Harvell, 1990). Certas colônias podem entrar em um estado de dormência em circunstâncias adversas, como os briozoários de água doce, que apresentam estruturas denominadas estatoblastos que têm a capacidade de resistir à dessecação (Hiebert; Simpson; Tiozzo, 2021).

As sociedades, assim como as colônias, representam uma forma de relação intraespecífica harmônica, onde indivíduos da mesma espécie colaboram juntos para sua sobrevivência. No entanto, essas duas relações diferem em aspectos fundamentais. Nas sociedades, a organização envolve a reunião de grandes grupos de organismos, que não estão fisicamente conectados entre si, mas que exibem uma hierarquia complexa e uma divisão de trabalho elaborada, onde cada membro desempenha um papel específico, seja na busca de alimento, na defesa do grupo, na reprodução ou em outras funções vitais.

Essa forma de organização, observada em espécies como formigas, abelhas, cupins e alguns mamíferos, evoluiu para operar como um superorganismo, aumentando a sobrevivência da espécie em questão. Isso significa que a cooperação e a especialização dos indivíduos são tão integradas que o grupo inteiro age como uma única entidade.

Quando discutimos sobre socialidade, é comum limitarmos nossos pensamentos aos invertebrados, como formigas, abelhas e cupins. Nesses insetos, além da divisão hierárquica, as castas operárias têm sua reprodução suprimida. No entanto, resumir o conceito de sociedade a isso mantém nossa visão limitada, uma vez que o termo abrange significados mais amplos. Nesse caso, um entendimento mais aprofundado é necessário para evitar generalizações (Tizo-Pedroso; Del Claro, 2011). É reconhecido que além desses insetos outros grupos de vertebrados também podem formar sociedades, como é o caso dos lobos, suricatos e gorilas, e não necessariamente há indivíduos estéreis.

Estudiosos como William D. Hamilton (1936-2000) defendem a teoria de seleção por parentesco, que diz que quanto próximos geneticamente dois indivíduos são, maior será o compartilhamento de material genético, e conseqüentemente maior a possibilidade de que ajam de forma altruísta entre si.

Desse modo, é possível concluir que, para que uma associação de indivíduos da mesma espécie seja considerada uma sociedade, deve haver o mínimo de comportamento altruísta e cooperativo (Queller; Strassmann, 2009). Em insetos considerados eussociais, que exibem um nível avançado de organização social, alguns pré-requisitos precisam ser seguidos: cuidado cooperativo com a ninhada, divisão reprodutiva do trabalho e sobreposição de duas ou mais gerações (Resh; Cardé, 2009).

Por exemplo, em colmeias de *Apis mellifera* há divisão em casta reprodutiva ocupada pela rainha e zangões e uma casta operária, lotada por fêmeas estéreis responsáveis pelo cuidado e nutrição da prole, forrageamento, além da manutenção das condições ambientais dentro do ninho. A supressão reprodutiva das operárias pode ser vista como uma cooperação altruísta que garante a homeostase fisiológica do ninho e sobrevivência das futuras gerações (Campana; de Souza; Hartfelder, 2023).

Em pulgões das subfamílias Hormaphidinae e Eriosomatinae, a sociabilidade se manifesta principalmente através do trabalho, pois estes se concentram somente na defesa da colônia. No ciclo de vida dos pulgões, uma fêmea partenogenética dá origem a ninfas, que em algum momento tornam-se soldados estéreis. Esses soldados são encarregados de defenderem seus parentes contra parasitas e predadores (Abbot; Tooker; Lawson, 2018; Mikhailova; Rinke; Harrison, 2023).

Esse comportamento de defesa também é encontrado em algumas espécies de tripes australianos que induzem a formação de galhas, insetos pertencentes à ordem Thysanoptera. Esses exemplos mostram que a socialidade em insetos não se restringe apenas à reprodução e alimentação, mas também se estende para a defesa do grupo. Além disso, é possível perceber como a evolução pode levar diferentes formas de organização social para melhorar a sobrevivência das espécies.

Em insetos sociais, a estrutura do grupo é frequentemente regulada por sinais químicos chamados feromônios, que coordenam as atividades importantes para o bem-estar do grupo. Assim, a organização é mantida por meio de compostos produzidos por todos os membros da colônia e regulados por contextos sociais. Nos cupins, por exemplo, glândulas exócrinas secretam uma variedade de feromônios, dentre os quais os feromônios de trilha e feromônios sexuais são os mais bem descritos (Sant'ana; da Cruz; dos Santos, 2016).

O feromônio de trilha funciona como um alerta, estimulando a excitação e o recrutamento de indivíduos dentro do ninho (Stuart, 1969). Composto por várias substâncias, como o dodecatrienol, neocembreno, dodecanol e dodecadieno, esse feromônio é formado por uma substância comum a várias espécies e compostos secundários que determinam a especificidade entre espécies (Arab *et al.*, 2004; Saran; Millar; Rust, 2007).

O feromônio sexual é responsável por atrair parceiros, que nos cupins ocorre por meio de voos nupciais. Durante esses eventos, fêmeas e machos alados deixam a colônia-mãe em busca de um local para fundar uma nova colônia, em um fenômeno conhecido como revoada. Alguns feromônios sexuais compartilham a mesma composição com os feromônios de trilha produzido pelos operários, mas sua liberação em diferentes concentrações atua como um atrativo específico para reprodução (Bordereau; Pasteels, 2011).

Em sociedades de abelhas, já foi descrita a presença de vários feromônios que ajudam a comunicação da colônia. Aqui destacamos três presentes na espécie *Apis mellifera*. Para a defesa,

existe o feromônio de alarme, composto principalmente por acetato de etila, secretado pela glândula do ferrão. Essa substância, juntamente com outros 24 compostos, desencadeia uma reação de ataque coordenado em prol da proteção do grupo. No ato da picada, uma operária libera essa mistura de substâncias e recruta outras.

O feromônio nasanov é responsável pela enxameação, um comportamento de migração em massa de abelhas. Esse feromônio é inicialmente liberado pelas operárias e intensificado pela presença da rainha. Por último, o feromônio da comitiva atrai as operárias na presença da rainha. Quando a rainha libera essa substância, ela provoca as operárias a lambê-la. Além disso, essa substância contém componentes essenciais para o feromônio sexual, atraindo zangões para acasalar com a rainha (Mumoki; Crewe, 2021; Slessor; Winston; Le Conte, 2005).

Como exemplo de socialidade em mamíferos podemos citar os ratos-toupeira africanos, as espécies *Cryptomys damarensis* e *Heterocephalus glaber* também adotam sistemas de reprodução cooperativa, com a função reprodutiva restrita apenas a uma fêmea, chamada de rainha, e alguns poucos machos, que podem copular com elas a longo prazo. Além disso, os primeiros descendentes são filopátricos, ou seja, atrasam sua dispersão e priorizam suas relações parentais por mais tempo na colônia, ajudando direta ou indiretamente a rainha com as futuras proles (Buffenstein; Park; Holmes, 2021; O’Riain; Faulkes, 2008).

Como visto no capítulo anterior, a **competição** interespecífica é uma disputa por recursos limitados como água, alimento, território e parceiros reprodutivos entre espécies diferentes com necessidades de sobrevivência semelhantes. Tendo em vista isso, fica mais fácil compreender que dentro de uma mesma população também há concorrência pelo que seja necessário à permanência e sobrevivência. Os indivíduos de uma mesma espécie têm as mesmas necessidades para o sucesso de crescimento e reprodução e, por consequência, quando os recursos são limitados, eles entram em competição. Essa é a essência da competição intraespecífica.

Aves limícolas, que habitam ambientes aquáticos, por exemplo, se organizam em bandos para garantir segurança, contudo o alto número de aves de uma mesma espécie tende a ocasionar falta de alimento, aumentando a competição. Sendo assim, a solução para esse problema parece ser a formação de bandos heteroespecíficos, isto é, grupos com aves de espécies diferentes que, por terem nichos distintos, conseguem conviver em equilíbrio e diminuir a competição intraespecífica (Cestari; Silva; Melo, 2020).

A competição intraespecífica também desempenha um papel significativo na ampliação da variação individual entre os organismos de uma população. Na falta do recurso alimentar principal, os animais ampliam sua dieta para minimizar os efeitos da competição (Bolnick, 2001). O jeju ou traíra-anã (*Hoplerythrinus unitaeniatus*) é um peixe encontrado no Brasil que quando presente em populações densas tendem a se especializar em recursos secundários.

Essa especialização é uma estratégia adotada para aliviar os impactos da competição intraespecífica. À medida que a população cresce, a disputa por alimento se intensifica e os recursos tornam-se escassos, esses peixes então buscam dietas alternativas e desenvolvem uma notável especialização alimentar (Mendes *et al.*, 2019).

Entre os lobos (*Canis lupus*) a competição também pode ser particularmente intensa. Esses mamíferos são territoriais e defendem seus territórios formando matilhas. Uma matilha simples é formada por um casal reprodutor e seus filhotes, enquanto uma matilha complexa inclui o casal reprodutor com várias gerações de descendentes ou até mesmo indivíduos não aparentados. Dentro dessa estrutura familiar a competição é uma realidade.

Nas matilhas complexas, a presença de indivíduos mais experientes pode ser vantajosa na caça e no fornecimento de comida. No entanto, essa mesma presença também intensifica a competição intraespecífica, à medida que os membros disputam recursos e posições dentro da hierarquia do grupo (Stahler; Smith; Guernsey, 2006).

A hierarquia da alcateia é composta pelo casal alfa e seus subordinados, e a dinâmica da matilha é influenciada por exibições de dominância e submissão, onde o macho alfa orienta os movimentos do grupo. Nesse cenário, conflitos ocasionais surgem como uma forma de competição pela posição social, especialmente quando subordinados discordam das decisões do líder.

Para resolver esses conflitos, os lobos demonstram comportamentos de reconciliação. Um estudo realizado com lobos mostrou que, após conflitos, tanto agressores quanto vítimas iniciam o contato pós-conflito e se envolvem em comportamentos conciliatórios, como contatos afetuosos, que ajudam a restaurar o equilíbrio do grupo (Cordoni; Palagi, 2008).

A competição intraespecífica também ocorre em espécies que disputam espaço e locais de alojamento. Os pinguins imperadores (*Aptenodytes forsteri*) competem durante a temporada de reprodução por locais de nidificação protegidos e acesso a parceiros reprodutivos. Os pinguins que não conseguem garantir um bom local de nidificação podem ter menor sucesso reprodutivo devido à exposição a predadores ou condições ambientais adversas.

Tendo em vista a importância do gelo marinho para a reprodução da espécie, as mudanças climáticas têm preocupado cientistas, pois prejudicam a extensão, dinâmica e qualidade do gelo utilizado pela espécie para se reproduzir, as projeções indicam a possibilidade de extinção da espécie até 2100, caso medidas de conservação e contenção do aquecimento global não sejam tomadas urgentemente (Labrousse *et al.*, 2023).

Nos esquilos, a temporada de acasalamento aumenta a competição dentro da espécie. Os machos competem para localizar as fêmeas dispersas no habitat, e, nesse contexto, a habilidade de localização se mostra mais importante do que a força física e a agressividade. Essa competição pode ser descrita como uma busca desenfreada, onde a capacidade de lembrar e visitar locais previamente ocupados por fêmeas é uma vantagem adaptativa. A eficiência na busca por fêmeas, guiada pela memória espacial, permite que os machos maximizem suas chances de acasalamento antes dos concorrentes (Schwagmeyer, 1994).

O **canibalismo** representa mais uma forma de interação intraespecífica desarmônica, ocorrendo quando um organismo mata e consome indivíduos da mesma espécie. Essa prática pode ocorrer por uma variedade de razões que incluem escassez de alimentos, competição por recursos, territorialidade, reprodução, e até mesmo por comportamento patológico em alguns casos (Lima, 2022).

Exemplos de canibalismo são encontrados no grupo dos cefalópodes, que inclui polvos, lulas, chocos e náutilos. Neles, a prática está relacionada ao aumento da população e à consequente

diminuição de território e alimento disponíveis, portanto, o canibalismo é uma estratégia de controle populacional que ajuda a regular o tamanho da população e a conservar recursos para garantir a sobrevivência do grupo (Ibáñez; Keyl, 2010).

O canibalismo em cefalópodes ainda pode estar associado à reprodução. As fêmeas do polvo *Octopus cyanea* durante a cópula tentam matar e se alimentar do macho (Hanlon; Forsythe, 2008). A espécie de polvo *Sepia officinalis* também apresenta canibalismo durante a reprodução devido a brigas durante o acasalamento (Sel; Blanc; Daguzan, 2000).

Outros casos de canibalismo sexual são muito famosos e encontrados como exemplos em sites da internet e livros didáticos, como os que ocorrem entre os louva-a-deus e as aranhas viúvas-negras. Em algumas espécies de louva-a-deus, é comum que a fêmea devore o macho durante a cópula.

Estudos demonstram que o consumo do macho pelas fêmeas canibais aumenta a produção de ovos em comparação com fêmeas não canibais. Isso ocorre porque os louva-a-deus machos são maiores do que as típicas presas da espécie, e, portanto, contribuem com o ganho de peso das fêmeas para produzir mais ovos (O'Hara; Brown, 2021).

Na reprodução das viúvas-negras, a fêmea geralmente mata o macho durante o acasalamento ao perfurá-lo com suas quelíceras. Esse comportamento é comum entre as aranhas e levou os machos a desenvolverem estratégias para evitar serem atacados pelas fêmeas. Alguns machos optam por copular rapidamente e ejacular em questão de segundos (Assis; Foellmer, 2019).

Um exemplo fascinante desse comportamento é observado na espécie *Nephilengys malabarensis*, onde os machos se automutilam, cortando seu próprio órgão reprodutor. Esse órgão continua a transferir espermatozoides mesmo após a separação, permitindo que o macho fuja para uma distância segura enquanto ainda contribui para a fertilização dos ovos da fêmea (Li *et al.*, 2012).

Uma pesquisa realizada com a espécie sul-americana de viúva-negra *Latrodectus mirabilis* revelou que, mesmo após a cópula e a subsequente morte do macho, as fêmeas continuavam a acasalar com outros parceiros, sugerindo que o macho que foi canibalizado pode não ser o pai dos futuros filhotes (Baruffaldi; Andrade, 2021). Essa dinâmica implica que não há vantagem evolutiva para o macho que foi sacrificado, já que ele pode perder a paternidade para outros machos, resultando em um cenário onde sua contribuição genética não é perpetuada.

O canibalismo entre adultos que se alimentam de juvenis é outra forma pela qual essa relação ecológica pode ocorrer, sendo chamado de filial. O canibalismo entre pais e filhos é um fenômeno comum em muitas espécies, apesar de parecer contrário aos interesses reprodutivos dos pais. Diversos motivos podem levar a esse comportamento, dentre eles estão uma alta densidade da ninhada, remoção de filhotes com baixa chance de sobrevivência, estresse parental, diminuição do tempo de cuidado parental ou incerteza de paternidade (Bose, 2022).

O macho do Goby de areia (*Pomatoschistus minutus*) é um peixe que apresenta cuidado parental. Os indivíduos dessa espécie podem melhorar sua condição corporal se alimentando dos próprios ovos para recuperar energia, permitindo com que o macho tenha condição física ideal para escolher os melhores recursos para a construção do seu ninho (Lehtonen; Wong, 2020).

Nos mamíferos, o canibalismo é um comportamento bem documentado em diversas ordens, incluindo Insectivora, Chiroptera, Primata, Lagomorpha, Rodentia, Carnivora e Artiodactyla. Na ordem Lagomorpha, que abrange coelhos, lebres e ootonídeos, as fêmeas podem praticar o canibalismo em relação aos seus próprios filhotes. A morte de juvenis por membros da mesma espécie também é observada nas outras ordens e pode estar relacionada a diversos fatores, como altas densidades populacionais, estresse ambiental, comportamento territorial ou estratégias reprodutivas.

Dentro da ordem Carnivora existem fortes evidências da ocorrência de canibalismo nas famílias Felidae e Canidae. Nos canídeos, o canibalismo de juvenis ocorre provavelmente como uma forma de controle populacional. Em contraste, nos felídeos, o canibalismo de filhotes é realizado pelos machos e serve como uma estratégia reprodutiva (Polis; Myers; Hess, 1984; Sherman, 1981).

Nos leões, o infanticídio como estratégia reprodutiva é comum e ocorre quando novos machos tomam o controle de um grupo de fêmeas, geralmente após derrotar ou expulsar os machos residentes. Assim, quando matam os filhotes existentes, os machos interrompem a lactação das fêmeas induzindo que elas entrem no cio. Isso permite que os machos recém-chegados acasalem e transmitam seus próprios genes (Natoli, 1990).

O canibalismo materno em gatos domésticos, embora perturbador para muitos, é um fenômeno relativamente comum que pode ser explicado como uma estratégia adaptativa na natureza. A mãe gata pode matar e comer um filhote doente para impedir a disseminação de patógenos entre os filhotes saudáveis, garantindo assim a sobrevivência da ninhada restante.

Esse comportamento pode ser desencadeado por sinais de doença no filhote, como hipertermia e inatividade, ou mesmo por perturbações não infecciosas, como novos odores, ruídos ou vibrações. Além disso, o canibalismo pode ocorrer quando a mãe detecta deformidades congênicas em um filhote, conservando recursos para os filhotes normais (Hart; Hart, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste capítulo, exploramos as formas de relações intraespecíficas, fundamentais para a dinâmica e a estrutura das populações, influenciando desde a organização social até a sobrevivência e o sucesso reprodutivo dos organismos. Observamos como alguns organismos vivem em colônias, nas quais os indivíduos estão fisicamente unidos e há divisão de funções. As colônias exemplificam uma forma extrema de cooperação, onde o trabalho em conjunto maximiza a eficiência e a sobrevivência do grupo, com exemplos notáveis como os corais e as caravelas portuguesas.

Analizamos também as sociedades, onde indivíduos vivem juntos de forma organizada, dividindo tarefas e responsabilidades, e com independência física. As sociedades são vistas em espécies como formigas, abelhas e pulgões, onde a divisão do trabalho e a comunicação são a principal chave para o funcionamento do grupo. Discutimos a competição intraespecífica, um fenômeno que ocorre quando os recursos são limitados. A competição pode ocorrer por alimento, espaço, parceiros reprodutivos ou outros recursos essenciais. Embora a competição possa levar a conflitos e à exclusão

de alguns indivíduos, também é um mecanismo importante para a seleção natural, promovendo a adaptação e a evolução das espécies.

Finalmente, examinamos o canibalismo, uma forma extrema de interação onde um indivíduo consome outro da mesma espécie. Mesmo que possa parecer um comportamento monstruoso, o canibalismo pode ocorrer em situações de escassez de recursos, alta densidade populacional ou para eliminar concorrentes. Este comportamento tem implicações para a dinâmica populacional e a estrutura social das espécies envolvidas.

Esperamos que este capítulo tenha fornecido uma compreensão abrangente e integrada das interações intraespecíficas. Com este conhecimento, você estará mais preparado para estudar outros aspectos das relações ecológicas e para apreciar a complexidade das interações biológicas que sustentam a vida na Terra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa Científica do estado do Piauí – FAPEPI, pela concessão de bolsa de iniciação científica à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ABBOT, P.; TOOKER, J.; LAWSON, S.P. Chemical ecology and sociality in aphids: Opportunities and directions. **Journal of Chemical Ecology**, v. 44, p. 770–784, 2018.
- STUART, A.M. Social behavior and communication. *In*: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M.(Eds). **Biology of térmites**. New York, USA: Academic Press, 1969
- ARAB, A *et al.* Trail-pheromone specificity of two sympatric termites (Rhinotermitidae) from Southeastern Brazil. **Sociobiology**, v. 43, n. 2, p. 377–388, 2004.
- ASSIS, B.A.; FOELLMER, M.W. Optimal ultra-short copulation duration in a sexually cannibalistic spider. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 73, p. 1–8, 2019.
- BARNES, R.; RUPERT, E.; FOX, R. S. **Zoologia dos Invertebrados: Uma Abordagem Funcional-Evolutiva**. São Paulo: ROCA, 2005. p. 1083–1118.
- BARUFFALDI, L; ANDRADE, M.C. B. Female control of a novel form of cannibalism during copulation in a South American widow spider. **Behavioural Processes**. v. 188, 04406, 2021.
- BLACKSTONE, N.W. Evolutionary conflict and coloniality in animals. **Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution**. v. 336, n. 3, p. 212–220, 2021.
- BOLNICK, D.I. Intraspecific competition favours niche width expansion in *Drosophila melanogaster*. **Nature**. v. 410, n. 6827, p. 463–466, 2001.
- BORDEREAU, C.; PASTEELS, J.M. Pheromones and chemical ecology of dispersal and foraging in termites.*In*: BIGNELL, D.E; ROISIN, Y.; LO, N. (Eds). **Biology of termites: a Modern Synthesis**. New York, USA: Springer, 2011.p. 279-320.
- BOSE, A.P.H. Parent–offspring cannibalism throughout the animal kingdom: a review of adaptive hypotheses. **Biological Reviews**, v. 97, n. 5, p. 1868–1885, 2022.
- BUFFENSTEIN, R.; PARK, T.J.; HOLMES, M.M. **The Extraordinary Biology of the Naked Mole-Rat**. New York, USA: Springer, 2021.
- CAMPANA, L.; SOUZA, L.R; HARTFELDER, K. A genética da organização social das abelhas. **Genética na Escola**, v. 18, n. 2, p. 90–99, 2023.
- CESTARI, C.; SILVA, C.; MELO, C. Keeping safe and fed: large heterospecific shorebird flocks to decrease intraspecific competition. **Journal of Avian Biology**, v. 51, n. 1, p. jav.02316, 2020.
- CORDONI, G.; PALAGI, E. Reconciliation in wolves (*Canis lupus*): new evidence for a comparative perspective. **Ethology**, v. 114, n. 3, p. 298–308, 2008.
- HANLON, R.T.; FORSYTHE, J.W. Sexual cannibalism by *Octopus cyanea* on a Pacific coral reef. **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, v. 41, n. 1, p. 19–28, 2008.

- HART, B.L.; HART, L.A. Normal and problematic reproductive behaviour in the domestic cat. *In: TURNER, D.C; BATESON, P.P.G (Eds). The domestic cat: the biology of its behaviour.* Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014. p. 27-31
- HARVELL, C. D. The ecology and evolution of inducible defenses. **The Quarterly Review of Biology**, v. 65, n. 3, p. 323–340, 1990.
- HIEBERT, L.S.; SIMPSON, C.; TIOZZO, S. Coloniality, clonality, and modularity in animals: The elephant in the room. **Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution**, v. 336, n. 3, p. 198–211, 2021.
- IBÁÑEZ, C.M.; KEYL, F. Cannibalism in cephalopods. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 20, n. 1, p. 123–136, 2010.
- LABROUSSE, S. *et al.* Where to live? Landfast sea ice shapes emperor penguin habitat around Antarctica. **Science Advances**, v. 9, n. 39, eadg8340, 2023.
- LEHTONEN, T.K.; WONG, B.B.M. Context-dependent resource choice in a nest-building fish. **Animal Behaviour**, v. 166, p. 297–303, 2020.
- LI, D. *et al.* Remote copulation: male adaptation to female cannibalism. **Biology Letters**, v. 8, n. 4, p. 512–515, 2012.
- LIMA, N. **Tipos de Canibalismo: ecologia, evolução e sociedades.** 1. ed. Piracanjuba, GO: Editora Conhecimento Livre, 2022.
- MENDES, A. *et al.* Intra and not interspecific competition drives intra-population variation in resource use by a neotropical fish species. **Environmental Biology of Fishes**, v. 102, n. 8, p. 1097–1105, 2019.
- MIKHAILOVA, A.A.; RINKE, S.; HARRISON, M.C. Genomic signatures of eusocial evolution in insects. **Current Opinion in Insect Science**, v.61, p. 101136, 2023.
- MUMOKI, F.N.; CREWE, R.M. Comunicação de feromônios em abelhas melíferas (*Apis mellifera*). *In: BLOMQUIST, G.J.; VOGT, R.G. (Org.). Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology.* London: Academic Press, 2021. p. 183–204.
- MUNRO, C. *et al.* Morphology and development of the Portuguese man of war, *Physalia physalis*. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2019.
- NATOLI, E. Estratégias de acasalamento em gatos: uma comparação entre o papel e a importância do infanticídio em gatos domésticos, *Felis catus* L., e leões, *Panthera leo* L. **Animal Behaviour**, v. 40, n. 1, p. 183–186, 1990.
- O'HARA, M.K.; BROWN, W.D. Sexual Cannibalism Increases Female Egg Production in the Chinese Praying Mantid (*Tenodera sinensis*). **Journal of Insect Behavior**, v. 34, n. 3, p. 127–135, 2021.
- O'RIAIN, M.J.; FAULKES, C.G. African mole-rats: eusociality, relatedness and ecological constraints. *In: KORB, J.; HEINZE, J. (Eds) Ecology of Social Evolution.* New York, USA: Springer, 2008. p. 207–223.

POLIS, G.A.; MYERS, C.A.; HESS, W.R. A survey of intraspecific predation within the class Mammalia. **Mammal Review**, v. 14, n. 4, p. 187–198, 1984.

QUELLER, D.C.; STRASSMANN, J.E. Beyond society: the evolution of organismality. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1533, p. 3143–3155, 2009.

SANT'ANA, L.P.; CRUZ, C.C.; SANTOS, C.A. Local de produção e composição dos feromônios de trilha e sexual em cupins (Blattodea: Isoptera): uma revisão. **Revista Unimontes Científica**, v. 18, n. 1, p. 82–91, 2016.

SARAN, R.K.; MILLAR, J.G.; RUST, M.K. Role of (3 Z, 6 Z, 8 E) -Dodecatrien-1-ol in trail following, feeding, and mating behavior of *Reticulitermes hesperus*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 33, p. 369–389, 2007.

SCHWAGMEYER, P. L. Competitive mate searching in thirteen-lined ground squirrels (Mammalia, Sciuridae): potential roles of spatial memory. **Ethology**, v. 98, n. 3–4, p. 265–276, 1994.

SEL, P.G.; BLANC, A.; DAGUZAN, J. The diet of the cuttlefish *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda) during its life cycle in the Northern Bay of Biscay (France). **Aquatic Sciences**, v. 62, p. 167–178, 2000.

Sherman PW Reproductive competition and infanticide in belding's ground squirrels and other organisms. In: Alexander R.D.; Tinkle D.W. (eds) **Natural selection and social behavior: Recent research and new theory**. New York, USA: Chiron, 1981.p 311–331.

SIMPSON, Carl. The evolutionary history of division of labour. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1726, p. 116–121, 2011.

SLESSOR, K.N.; WINSTON, M.L.; LE CONTE, Y. Pheromone Communication in the Honeybee (*Apis mellifera*. L). **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 11, p. 2731–2745, 2005.

SPALDING, M.D.; BROWN, B.E. Warm-water coral reefs and climate change. **Science**, v. 350, n. 6262, p. 769–771, 2015.

STAHLER, D.R.; SMITH, D.W.; GUERNSEY, D.S. Foraging and Feeding Ecology of the Gray Wolf (*Canis lupus*): Lessons from Yellowstone National Park, Wyoming, USA. **The Journal of Nutrition**, v. 136, n. 7, p. 1923S-1926S, 2006.

TIZO-PEDROSO, E.; DEL CLARO, K. Caminhos evolutivos das sociedades complexas em artrópodes. Uberlândia, 2011. **Anais...** Encontro Anual de Etologia, XXIX. Uberlândia: UFU, 2011. p. 105-109.



CAPÍTULO 3

**INTERAÇÕES ECOLÓGICAS NA ORDEM
LEPIDOPTERA: RELAÇÕES E ADAPTAÇÕES**

Carla Maria da Rocha e Silva

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-8561-0067>

Ianá Jeanne Batista de Sousa

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5166-1974>

Luan Sousa da Costa

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-9553-1396>

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8537-3871>

DOI: 10.52832/wed.122.755

APRESENTAÇÃO

A ordem Lepidoptera, composta por borboletas e mariposas, é uma das mais reconhecidas e diversificadas ordens entre os artrópodes, sendo a segunda maior ordem de insetos e inclui importantes polinizadores e pragas agrícolas (Ravenscraft *et al.*, 2019). Existem cerca de 160.000 espécies descritas, sendo um dos maiores grupos de animais existentes (Mitter; Davis; Cummings, 2017). No Brasil, há 13.126 espécies catalogadas, das quais 199 são endêmicas do país (Carneiro; Duarte, 2015).

Esse grupo tem como característica mais distintiva a presença de asas cobertas por escamas pigmentadas, conferindo-lhes uma ampla gama de padrões e cores (Barnes; Rupert; Fox, 2005). Ao longo do seu desenvolvimento holometabólico – caracterizado pela metamorfose completa – os lepidópteros ocupam diferentes nichos alimentares e consomem diferentes recursos: suas larvas, conhecidas como lagartas, são predominantemente herbívoras, enquanto os adultos comem pouco ou não se alimentam (Shao; Mason; Felton, 2024). O principal alimento dos adultos é o néctar fornecido pelas flores, contudo, algumas espécies são exclusivamente frugívoras, enquanto outras se alimentam das excretas de outros animais (Gullan; Cranston, 2017)

As borboletas e mariposas são encontradas em uma ampla variedade de habitats. Por outro lado, os lepidópteros são animais extremamente sensíveis às mudanças ambientais. Eles reagem rapidamente aos impactos na composição botânica e à fragmentação da paisagem, sendo, portanto, úteis em estudos para avaliar os efeitos da perturbação antrópica no ambiente (Luque *et al.*, 2007).

A ordem Lepidoptera tem grande importância econômica, por causa dos danos às culturas agrícolas, como as da bananeira, café e mandioca (Vila-Verde; Santos; Bomfim, 2021). Em contrapartida, esses indivíduos são ecologicamente relevantes por participarem do processo de polinização e da ciclagem de nutrientes (Carneiro *et al.*, 2012).

Tendo em vista a importância ecológica dessa ordem de seres vivos, este capítulo terá foco nas diversas interações ecológicas em que as borboletas e mariposas estão envolvidas com outros organismos. Veremos que, além da sua beleza, esses animais desempenham um papel crucial na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas.

EVOLUÇÃO ARMADA: PLANTAS, LEPIDÓPTEROS E TOXINAS

Os organismos da ordem Lepidoptera participam de diversas interações ecológicas com outros seres vivos. Sendo assim, ao longo de sua história evolutiva, os lepidópteros desenvolveram muitas adaptações desencadeadas pelas pressões seletivas resultantes de relações coevolutivas com outras espécies, em especial as plantas. Nesse contexto, é importante destacar que certos vegetais também evoluíram para deter a **herbivoria** causada por lepidópteros, utilizando-se de estruturas mecânicas como espinhos e tricomas, além de látex pegajoso e compostos químicos secundários tóxicos.

Nos manguezais brasileiros já foram relatados casos de desfoliação severa causada por larvas de lepidópteros, especialmente a espécie invasora *Hyblaea puera*. França *et al.* (2020) registraram que espécimes de flora do mangue apresentaram aumento da espessura de tecidos fotossintéticos,

uma estratégia defensiva que consiste em enrijecer os tecidos foliares contra os danos causados pela espécie predadora. No entanto, apesar do esforço adaptativo das plantas, algumas espécies de borboletas e mariposas evoluíram para superar seus mecanismos defensivos e, em alguns casos, até mesmo se beneficiar deles.

As plantas produzem metabólitos secundários tóxicos para deter a herbivoria. Entretanto, na família Papilionidae, grupo de voo ágil e com preferência por ambientes florestais, há indivíduos capazes de burlar as defesas químicas das plantas com as quais se alimentam. As lagartas adquirem toxinas de suas plantas hospedeiras e exibem coloração aposemática, uma coloração de advertência para escaparem da **predação** (Di Mare; Corseuil; Schwartz, 2004; Nishida, 2002).



Foto 1: Borboleta borda de ouro. A) Indivíduo adulto. B) Lagarta. Autor: Costa, LS

A coloração aposemática serve como um aviso visual aos predadores, indicando que são tóxicas ou desagradáveis, o que diminui os ataques. Como ocorre com a borboleta borda-de-ouro (*Battus polydamas*) (Foto 1), cujas lagartas se alimentam de plantas da família Aristolochiaceae. Essas plantas acumulam ácido aristolóquico, uma substância usada tanto pelas lagartas quanto pelos adultos para tornarem-se intragáveis aos predadores (Priestap *et al.*, 2012).

Caso análogo ocorre ainda nesse grupo com a lagarta da borboleta caixão-de-defunto (*Heraclides thoas*) encontrada comumente alimentando-se de plantas das famílias Piperaceae, Rutaceae e Araceae (Graça; Nunes-Gutjahr, 2014). Ela se alimenta de jaborandi-manso (*Piper divaricatum* G. Mey), mesmo diante da presença do safrol, substância tóxica encontrada na planta que é utilizada até mesmo como inseticida (Ramos; Barbosa, 2014).

As lagartas dessa espécie mimetizam esterco de pássaro e apresentam osmetério (Foto 2), uma estrutura defensiva que secreta repelentes químicos (Chattopadhyay, 2011). O fluido liberado por essa glândula é uma mistura de hidrocarbonetos, terpenóides, ácidos alifáticos ou ésteres produzidos pela lagarta. No entanto, além das substâncias químicas produzidas pela própria lagarta, ela também pode absorver substâncias tóxicas das plantas que são sequestradas durante a alimentação. (Ômura; Honda; Feeny, 2006).



Foto 2: Lagarta de *Heraclides thoas*. A seta aponta para o osmetério. Autor: Costa, LS

O sequestro de substâncias químicas é também encontrado na família Lycaenidae. Esta família de borboletas tem uma preferência especial por se alimentar das plantas cicadáceas, um grupo de gimnospermas tropicais tóxicas para a maioria dos animais (Whitaker; Salzman, 2020). Entretanto, as larvas de muitas mariposas e borboletas desenvolveram imunidade, elas exibem cores chamativas resultantes da presença de toxinas defensivas adquiridas da planta, como forma de afastar predadores (Salzman *et al.*, 2020).

Dentro da família Lycaenidae, encontram-se as espécies do gênero *Eumaeus*, borboletas neotropicais distribuídas do Peru ao Caribe. As seis espécies do gênero são herbívoras obrigatórias de cicadáceas dos gêneros *Zamia*, *Dioon* e *Ceratozomia* (Koi; Daniels, 2017; Ramírez-Restrepo; Koi; MacGregor-Fors, 2017). Estudos em *Eumaeus atala* encontraram quantidades elevadas de cicasina, uma substância tóxica produzida por cicadáceas.

Nas larvas, pupas e adultos, a concentração dessa substância é maior em comparação com a própria planta (Rothschild; Nash; Bell, 1986). Por isso, o gênero *Eumaeus* apresenta aposematismo em todos os estágios de vida e difere de outros licenídeos por não apresentar associação com formigas (Atsatt, 1981) (ver mais adiante o tópico sobre mirmecofilia).

O gênero complexo *Heliconius*, família Nymphalidae (Foto 3) é um exemplo adicional de organismos quimicamente protegidos contra predadores por meio do sequestro de compostos químicos de plantas. Tanto os adultos quanto as lagartas são capazes de sintetizar glicosídeos cianogênicos a partir de aminoácidos adquiridos por suas larvas, que forrageiam videiras do gênero *Passiflora*. Durante a fase adulta, o hábito de se alimentar de pólen permite a quantidade de aminoácidos necessários para a biossíntese de compostos como laminarina e lotaustralina (Castro *et al.*, 2018).



Foto 3: Representante do gênero *Heliconius*, a Borboleta crista-de-galo (*Heliconius herato*). Autor: Costa, LS

Em mariposas da família Sphingidae, ocorre algo semelhante com relação às lagartas da mariposa-gluttonosa (*Pseudosphinx tetrio*), ao se alimentarem de plantas da família Apocynaceae: incorporam em seu organismo os componentes fitotóxicos alcalóides presentes no látex dessas plantas. Assim, além de apresentarem coloração aposemática e exibirem atividade gregária (ver tópico sobre gregarismo à frente) como mecanismos de defesa, tornam-se tóxicas e impalatáveis aos seus predadores (Matignon, 2023).

Além do sequestro de substâncias, os membros da ordem Lepidoptera empregam outros mecanismos para contornar os sistemas defensivos das plantas. Dillon, Lowrie e McKey (1983) investigaram a interação herbívora entre a lagarta mandaró-da-mandioca (*Erinnyis ello*) e a planta cansanção (*Jatropha urens* L).

Pertencente à família Euphorbiaceae, esta espécie se destaca por seu tegumento coberto de tricomas. Estes tricomas atuam como agulhas hipodérmicas que secretam um veneno bastante doloroso em contato com a pele. Além disso, a presença do látex pegajoso é uma característica defensiva notável do cansanção, contribuindo para sua proteção contra herbívoros.

Os autores notaram que, ao contrário de outros insetos herbívoros, a lagarta contorna o mecanismo de defesa da planta de maneira única: ela poda os tricomas — os pelos urticantes — à sua frente para criar um caminho. Em seguida, ela contrai os vasos do pecíolo, a cerca de 1 a 2 cm da base da folha, reduzindo assim o fluxo de látex pegajoso para o limbo foliar, o que lhe permite alimentar-se sem enfrentar obstáculos (Foto 4). Esse comportamento também foi observado em outras plantas leitosas pertencentes às famílias Caricaceae e Moraceae, conforme documentado por Dussourd (1997).



Foto 4: A) Lagarta mandarová-da-mandioca e a planta cansaço. B) A seta aponta para a contração do pecíolo feita pela lagarta. Autor: Costa, LS

Durante décadas, a coevolução entre insetos e plantas tem sido um foco de interesse entre estudiosos. Em um estudo recente, McCoy *et al.* (2023) relataram a descoberta de folhas do Eoceno que possuem canais de látex intactos e apresentam danos característicos do comportamento de “sabotagem de látex”. Essas folhas servem como evidência fóssil de que, já no Eoceno, os insetos haviam desenvolvido adaptações especializadas para se alimentar de plantas que se defendem com látex.

Assim como vimos até aqui, a relação entre lepidópteros e plantas desencadeou a existência de adaptações engenhosas, desde a imunidade às toxinas e sequestro de substâncias até a manipulação de estruturas de defesas dos vegetais. O estudo dessas relações permite entender a trajetória evolutiva desses seres e mostra a interessante relação entre as diversidades de vida na terra.

ALÉM DA BELEZA: O PAPEL DE MARIPOSAS NA POLINIZAÇÃO DAS PLANTAS

A polinização é um processo biológico fundamental para a reprodução das plantas com flores e consiste na transferência de grãos de pólen, que contém os gametas masculinos das plantas, para o órgão reprodutor feminino da flor receptiva. Esta transferência pode ocorrer por meio de agentes bióticos, como insetos, pássaros e mamíferos, ou abióticos, como vento e água.

Aproximadamente 85% das angiospermas dependem de polinização animal e os insetos desempenham a maior parte desse trabalho (Ollerton; Winfree; Tarrant, 2011). No entanto, a intervenção humana nos ecossistemas tem provocado alterações ambientais que resultam no declínio dos polinizadores, impactando adversamente este importante serviço ecossistêmico (Potts *et al.*, 2010).

Entre os agentes bióticos, as abelhas são as mais lembradas quando se fala de polinização, mas os lepidópteros também desempenham um papel importante nesse processo. Com uma série de adaptações morfológicas, comportamentais e fisiológicas, esses seres contribuem para a polinização de diversas espécies de plantas. A ordem Lepidoptera agrupa polinizadores valiosos por três razões principais: apresentam hábitos diurnos, crepusculares e noturnos, são capazes de transportar pólen

por distâncias curtas a longas e é um grupo extremamente diversificado em espécies, oferecendo um grande potencial como polinizadores (Travers *et al.*, 2011).

As síndromes de polinização envolvendo lepidópteros estão divididas em psicofilia e falenofilia. A psicofilia ocorre quando a polinização é realizada por borboletas e, geralmente, ocorre em flores diurnas com cores como amarelo, laranja, vermelho, azul, branco, roxo e rosa. O recurso floral procurado pelas borboletas é quase exclusivamente o néctar. Por outro lado, a falenofilia é a polinização por mariposas noturnas e inclui a esfingofilia, que é a polinização por esfingídeos (Sphingidae). Essa polinização ocorre em flores noturnas de cor branca ou creme. O néctar é o único recurso presente nessas flores, e ele é pouco concentrado, com um odor forte, adocicado e até mesmo narcótico (Rech; Ávila-Jr; Schlindwein, 2014).

Como já abordado, as borboletas exploram as flores em busca de néctar, fonte de carboidratos e aminoácidos, que fornecem energia e nutrientes essenciais, além de saciar suas necessidades de hidratação (Reddi; Bai, 1984). A polinização feita pela borboleta *Heliconius* acontece quando, ao se alimentar de néctar, elas carregam pólen em partes do corpo e o depositam no ovário (Ghazanfar *et al.*, 2016).

O processo de polinização realizado por essa borboleta foi observado na orquídea (*Habenaria pleiophylla* Hoehne & Schltr) e envolve a formação de uma massa de grãos de pólen, conhecida como polínia. Estas polínias são fixadas entre os olhos compostos da borboleta e transferidas para o estigma de outras flores durante suas visitas subsequentes (Moreira; Correa; Mugrabi-Oliveira, 1996).

A esfingofilia, uma das síndromes de polinização mais significativas e delicadas, surge de um processo evolutivo estreito com a família Sphingidae. Membros dessa família, também conhecidos como esfingídeos, compreendem as mariposas-falcão, que estão entre as maiores espécies de mariposas presentes na ordem Lepidoptera (Rafael *et al.*, 2024).

Embora os padrões de polinização geralmente não sejam exclusivos de uma espécie específica, as flores esfingófilas diferem das demais flores que podem ser polinizadas por besouros, abelhas e outras mariposas. Elas tendem a florescer durante a noite, exibindo corolas alongadas e delicadas, além de liberarem um forte odor (Rech; Ávila-Jr; Schlindwein, 2014).

Essas características estão em harmonia com o nicho e a morfologia das mariposas da família Sphingidae, que são criaturas noturnas com espirotromba longa e corpos aerodinâmicos de formato fusiforme, com asas estreitas e alongadas, facilitando suas viagens de longa distância enquanto detectam o aroma das flores (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2012). Desse modo, ao visitarem uma ampla variedade de plantas, realizam o deslocamento de pólen entre populações isoladas por longas distâncias, além de contribuírem para a polinização de espécies autoincompatíveis, aquelas com polinização obrigatória por esfingídeos (Wolowski *et al.*, 2016; Amorim *et al.*, 2014).

A polinização é imprescindível para o equilíbrio dos ecossistemas brasileiros. De acordo com Camargo *et al.* (2018) o bioma Cerrado, por exemplo, apresenta redes de polinização muito complexas quando comparado a outros biomas com os mesmos níveis de diversidade, e ressalta a importância da polinização por esfingídeos ao citar que eles são responsáveis por polinizar espécies de cerca de 12 famílias distintas. Entre elas, temos as famílias Rubiaceae, Fabaceae, Apocynaceae e Malvaceae como principais fontes nutritivas para essas mariposas.

Investigar e preservar esse tipo de relacionamento é necessário, pois o bioma concentra uma variedade de fitofisionomias que favorece uma alta riqueza de espécies animais e vegetais, além de intensificar o grau de endemismo. Essas qualidades estão em constante ameaça com avanço da fronteira agrícola, o que torna o bioma um *hotspot* de biodiversidade com grande prioridade para conservação.

Outro exemplo de polinização é a **protocooperação** entre a planta yucca e as mariposas da yucca. As yuccas, pertencentes à família botânica Agavaceae, são nativas da América do Norte. As mariposas, dos gêneros *Parategeticula* e *Tegeticula*, também são encontradas na mesma região. Nessa associação, as plantas dependem das mariposas adultas para a polinização, enquanto as larvas das mariposas se alimentam das sementes da planta para completar seu desenvolvimento (Pellmyr, 2003).

Para finalizar esse tópico é preciso destacar a importância da conservação e preservação dos polinizadores nos ecossistemas. Os impactos humanos sobre a biodiversidade têm exercido uma influência direta sobre o habitat e os agentes envolvidos nesse processo. O estudo da polinização, com especial destaque para os exemplos apresentados aqui na ordem Lepidoptera, é um convite para a reflexão sobre a relação homem e ambiente e nos convoca a assumir responsabilidades claras e urgentes na proteção e preservação da natureza, reconhecendo que o bem-estar de nossa própria espécie está intrinsecamente ligado à saúde e à vitalidade dos ecossistemas que compartilhamos com todas as formas de vida.

LEPIDÓPTEROS E OUTROS ANIMAIS: INTERAÇÕES E ESTRATÉGIAS

Como vimos até aqui, os lepidópteros desempenham diversas relações ecológicas com plantas, desde o sequestro de substâncias até a polinização, envolvendo uma gama de estratégias para garantir o sucesso da interação. Contudo, a ordem Lepidoptera também participa de interações variadas com animais. Essas interações possibilitaram o aparecimento de relações mutualísticas e a evolução de mecanismos como a camuflagem e o mimetismo, que são essenciais para escaparem da predação. A seguir, serão apresentados exemplos de como essas relações podem ser observadas neste grupo na natureza.

Um exemplo interessante de relação ecológica acontece entre algumas espécies de borboletas da família Lycaenidae e formigas. Segundo Pierce *et al.* (2002) as associações entre esses grupos são **mutualísticas**, variando desde o cuidado ocasional das formigas com as larvas das borboletas até casos em que as larvas dependem totalmente das formigas para crescerem. Os formicídeos são um potente grupo de predadores entre os artrópodes e exercem uma forte pressão seletiva sobre as larvas de borboletas. Por isso, a mirmecofilia, ou convivência pacífica com formigas, é uma estratégia comum no clado das borboletas.

Essa relação também é encontrada em mariposas das famílias Tineidae, Psychidae e Cyclotornidae. No entanto, nestas famílias poucas espécies se associam com formigas e a maioria das larvas não estabelece esse tipo de interação. Isso torna a família Lycaenidae diferente, já que muitas de suas espécies têm associações com formigas e suas larvas possuem órgãos especiais para essas interações. Isso destaca a complexidade única desse grupo (Fiedler, 1991).

O experimento de Fiedler e Maschwitz (1988) buscou evidências de que as larvas da borboleta-azul (*Lysandra coridon*) poderiam ter uma relação harmônica com formigas, chamada **mutualismo trofobiótico** - onde a larva oferece comida para as formigas. Em outro trabalho, o mesmo autor Fiedler (1991) cita que o principal motivo para as larvas de borboletas se associarem com formigas é a presença de órgãos especiais chamados órgãos mirmecófilos - os mais conhecidos são os poros de cópula, os órgãos nectários dorsais e os órgãos-tentáculos.

Os órgãos mirmecófilos estimulam as formigas de diferentes maneiras, sendo a liberação de líquidos nutritivos para atraí-las a principal delas. Observações mostram que os tentáculos podem produzir cheiros que imitam os feromônios das formigas, fazendo com que elas se reúnam em torno das larvas e as protejam de predadores. Como resultado, mais larvas sobrevivem, a população aumenta e a pressão de seleção diminui (Fiedler, 1991; Casacci *et al.*, 2019; Mizuno; Hagiwara; Akino, 2019).

Ademais, interações com os animais ocorrem em outros clados. É sabido, que as borboletas neotropicais são as mais diversas do mundo, e essa diversidade é refletida também nas suas preferências alimentares. Elas possuem dietas variadas que vão desde néctar, como já mencionado, frutos em decomposição, até urina e outros fluidos corporais. Espécies dos gêneros *Catagramma* e *Calyptra* são capazes de perfurar a pele humana e sugar o sangue (Plotkin; Goddard, 2013). Enquanto isso, borboletas do gênero *Mechanitis* foram frequentemente observadas se alimentando de excrementos de aves da família *Thamnophilidae* (Krenn, 2008).

Plotkin e Goddard (2013) chamam atenção para o **comensalismo** em certas espécies de insetos, chamadas lacrifagos, que se alimentam de lágrimas e são encontradas em diferentes famílias de borboletas e mariposas. Para isso, elas utilizam vários animais como jacarés, tartarugas, pássaros e muitos mamíferos, incluindo humanos. Curiosamente, quase todas as mariposas observadas se alimentando de lágrimas são machos. Provavelmente, os machos absorvem sódio desses fluidos e o transferem para as fêmeas durante o acasalamento, auxiliando na reprodução.

A espécie *Lobocraspis griseifusa* é conhecida por se alimentar exclusivamente de lágrimas e possui uma morfologia adaptada para isso: uma probóscide curta e asas que se dobram quando em repouso. Outra adaptação para uma dieta baseada em lágrimas são enzimas específicas, exclusivas desta espécie, que quebram algumas proteínas presentes nas lágrimas, permitindo que o inseto aproveite outros nutrientes além do sódio.

Os únicos efeitos negativos conhecidos da alimentação de borboletas e mariposas em mamíferos são irritação e inflamação localizadas, que ocorrem apenas quando o inseto perfura a pele ou entra nos olhos do hospedeiro. Não há registros de efeitos adversos quando se alimentam do suor ao lambar a umidade da pele dos mamíferos (Plotkin; Goddard, 2013).

Em interações de **predação** é importante mencionar mecanismos adaptativos que os lepidópteros desenvolveram ao longo de sua evolução como o mimetismo, a camuflagem, gregarismo e padrões de coloração que emitem alertas. No tópico sobre sequestro de substâncias, discutimos o aposematismo, um mecanismo de defesa usado por alguns lepidópteros para advertir predadores de sua toxicidade ou desagradabilidade.

No entanto, muitos insetos utilizam o mimetismo para se disfarçar de outros animais, seja para defesa contra predadores ou para facilitar a captura de suas presas. As mariposas e borboletas são exemplos de organismos que utilizam essa estratégia adaptativa, sendo mais comum neste grupo o mimetismo do tipo batesiano, que ocorre quando uma espécie que não apresenta perigo imita um organismo-modelo nocivo evitando assim a predação.

Por exemplo, as mariposas do gênero *Aellopos* são conhecidas pelo seu disfarce impressionante de beija-flores (Foto 5). Elas imitam características desses pássaros não apenas na aparência, mas também no comportamento. Esteticamente, elas apresentam um tufo de escamas proeminentes no final do abdômen, imitando a cauda com penas de um beija-flor, além de uma faixa branca dorsal, comum à plumagem dos beija-flores do gênero *Lophornis* (Amorim, 2020).



Foto 5: Mariposa do gênero *Aellopos*. faixa branca dorsal e tufo de escamas proeminentes no final do abdômen. Autor: Costa, LS

Em termos de comportamento, observa-se uma sobreposição de nicho, onde as mariposas podem forragear néctar nas mesmas espécies de plantas visitadas por beija-flores de bico curto, como *Lophornis chalybeus* e *Chionomesa fimbriata*. Além disso, o hábito diurno contrasta com o comportamento noturno de muitos outros membros da família Sphingidae, à qual o gênero *Aellopos* pertence. O voo rápido e semelhante ao dos beija-flores torna essas mariposas mais acrobáticas e diminui suas chances de serem predadas, tanto por outros insetos quanto por aves, que tendem a evitar beija-flores devido ao seu comportamento territorialista (Amorim, 2020).

Ainda tratando de mimetismos, espécies de traças da subfamília Arctiinae, integrante dos Erebidae, mimetizam com maestria vários gêneros de vespídeos (Foto 6). A mariposa-vespa (*Myrmecopsis strigosa*) e a vespa *Parachartergus apicalis*, por exemplo, compartilham estrutura de abdômen, pecíolo, coloração escura e asas pretas com pontas brancas, entre outras características (Foto 6B) (Boppré; Vane-Wright; Wickler, 2017).

Algumas espécies como *Trichura cerberus* (Foto 6C), apresentam um tufo de escamas estreito e saliente ao final do abdômen, onde alguns autores sugerem que possa imitar o ferrão de uma vespa (Przybyłowicz; Ochse, 2016; Weller *et al.*, 2000). A imitação nessas mariposas pode chegar à complexidade multimodal, reproduzindo além da morfologia, trajetória e som de voo similares à espécie imitada (Volponi *et al.*, 2021).

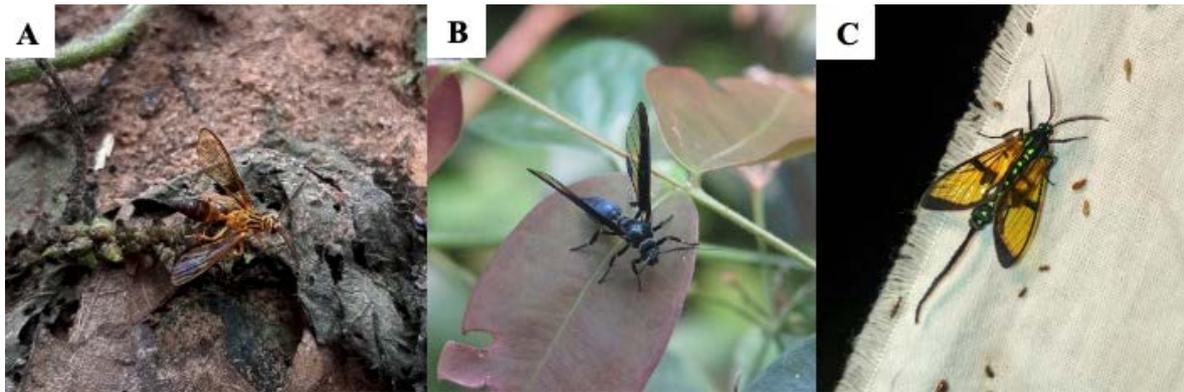


Foto 6: Mariposas adultas dos gêneros *Pseudosphex* (A), *Myrmecopsis* (B) e *Trichura* (C), conhecidas por mimetizarem vespídeos. Nas imagens A e B, observa-se que os indivíduos apresentam um abdômen com pecíolo, uma característica típica de vespas e marimbondos. Na imagem C, o filamento de escamas assemelha-se ao ovipositor de vespas das famílias *Braconidae* e *Ichneumonidae*. Apesar dessas semelhanças, a identificação como mariposas é confirmada pela presença de características como o aparelho bucal sugador, as escamas e as antenas pectinadas, especialmente evidentes em *Pseudosphex*. Autores: Pires, ENS; Costa, LS.

Muitas lagartas, tanto de mariposas quanto de borboletas, apresentam ocelos e colorações que imitam o padrão de coloração de serpentes. Neste caso as manchas oclares geralmente se encontram na região anterior do corpo. Quando molestadas, essas lagartas podem retrair a cabeça e inflar a região onde os falsos olhos se encontram, além de realizarem movimentos erráticos, tornando o disfarce ainda mais convincente (Hossie; Sherratt, 2014).

Espécies como *Madoryx plutonius*, *Eumorpha labruscae*, *Archaeoprepona demophon* e *Xylophanes tersa* são exemplos que, na fase imatura, utilizam essa artimanha (Schreiber, 2012; Muyschondt, 1976). Em alguns casos, como o da borboleta crepuscular *Dynastor darius*, o mimetismo de serpente ocorre na fase de crisálida (Vaughan *et al.*, 2019) (Foto 7).

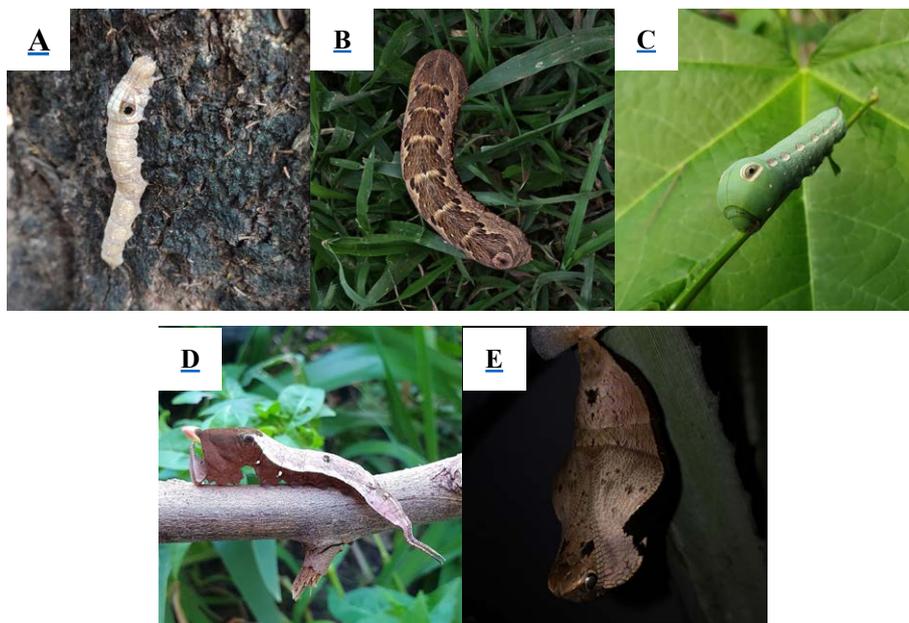


Foto 7: A) *Madoryx plutonius*, B) *Eumorpha labruscae*. C) *Xylophanes tersa* D) *Archaeoprepona demophon*. E) crisálida de *Dynastor darius*. Autores: Costa, LS; Bó, S; Leite, PA.

Além de ajudar a mimetizar serpentes, as manchas ocelares conseguem mimetizar olhos de outros predadores, como corujas. De acordo com Stevens (2005), as borboletas do gênero *Caligo*, família Nymphalidae, provavelmente possuem os ocelos mais convincentes entre os lepidópteros (Foto 8A).

Eles consistem de um centro escuro, similar a uma pupila dentro de um ponto circundado por um anel dourado, simulando juntos a íris de uma coruja. A cor das asas dessas borboletas, em tons de marrom escuro, mescla-se muito bem ao ambiente onde vivem, tornando-as quase imperceptíveis nas rugas e dobras das cascas das árvores.

Quando em repouso, as manchas ocelares dessas borboletas, localizadas na parte ventral das asas, ficam visíveis. Essa semelhança com olhos de coruja protegem as borboletas *Caligo* de aves insetívoras, pois para esses predadores, os ocelos pareceriam olhos estáticos, semelhantes aos de outras aves. Além disso, nos machos desse gênero, os ocelos podem desempenhar um papel importante na seleção das fêmeas para o acasalamento (Crees, 2020).

Em comparação com outras espécies da família Nymphalidae, Crees (2020) encontrou evidências de que os ocelos da lagarta-desfolhadora-das-palmeiras (*Opsiphanes invirae*) (Foto 8B) são menores, localizados mais às margens das asas e compostos por anéis internos e externos com padrões ondulados. Os achados do autor indicam juntamente que, diferente das manchas dos machos da espécie *Caligo*, as manchas nos machos de *Opsiphanes* não são determinantes para intercursos sexuais, já que são eles que buscam pelas fêmeas.



Foto 8: Manchas ocelares. A) *Caligo*. B) *Opsiphanes*. Autor: Costa, LS.

Ademais, as manchas ocelares são importantes no quesito defesa deimática. Por exemplo, mariposas do gênero *Automeris* possuem asas anteriores com coloração amarronzada assemelhando-se a folhas secas, permitindo que elas se camuflem no ambiente. No entanto, quando são perturbadas, essas mariposas revelam asas posteriores com manchas oculares coloridas e visíveis.

Esse comportamento deimático é diferente do aposematismo, pois essas características servem para assustar e confundir o predador, criando uma distração momentânea, facilitando a fuga da mariposa (Skojec; Godfrey; Kawahara, 2024). Além do gênero *Automeris*, esse tipo de característica também pode ser observado em outros gêneros da subfamília Hemileucinae, como *Pseudautomeris*, *Gamelia* e *Leucanella* (Foto 9) (Skojec; Godfrey; Kawahara, 2024; Morais; Otero; Freitas, 2017).



Foto 9: Mariposas dos gêneros *Leucanella* (A), *Gamelia* (B) e *Automeris* (C) exibindo suas manchas ocelares. Autor: Autor: Costa, LS.

A camuflagem é outra estratégia utilizada pelos lepidópteros para escapar de predadores. Diferente do mimetismo, que se baseia em parecer-se com outro animal, a camuflagem permite que o organismo se misture com o ambiente para evitar ser detectado e aumentar suas chances de sobrevivência. Isso pode ocorrer por mudanças de coloração e estrutura do animal.

Entre os lepidópteros, parecer-se com folhas é uma estratégia amplamente difundida. As mariposas do gênero *Enyo* possuem um aspecto de folha seca, o que as confunde facilmente com o ambiente. Essa característica é a razão pela qual são popularmente conhecidas como esfingestristes. Da mesma forma, a mariposa imperial (*Eacles imperialis*) apresenta indivíduos adultos com coloração amarelada que assemelham-se a folhas de mangueiras (Foto 10).

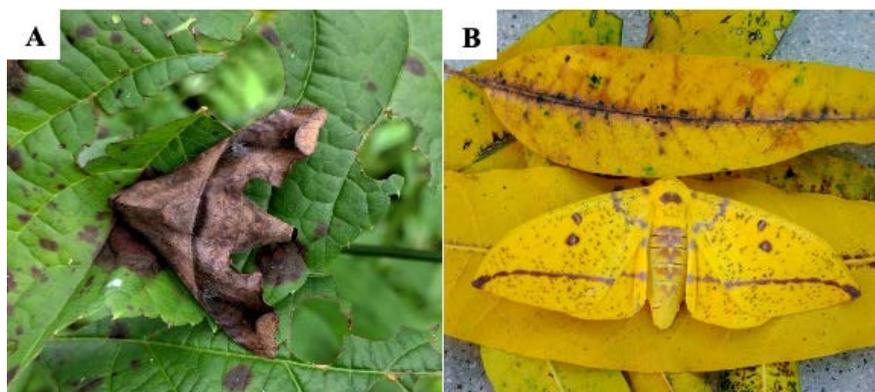


Foto 10: A) Mariposa do gênero *Enyo*. B) Mariposa imperial. Autor: Costa, LS; Silva, AB

Segundo Costello *et al.* (2020) é comum que muitas espécies que se camuflam em folhas apresentam marcas irregulares, como buracos que parecem ser danos causados por decomposição ou insetos. Essas características aumentam a semelhança com folhas reais. No estudo, os autores demonstraram empiricamente que a presença de buracos e manchas escuras diminui a mortalidade dos indivíduos, tornando-os ainda mais imperceptíveis aos olhos dos predadores.

Além desses exemplos, o gênero *Morpho*, família Nymphalidae, abrange muitas espécies, algumas possuindo asas azuis iridescentes famosas entre os humanos pela beleza. Os machos do gênero *Morpho* são ótimos ilustrativos dessa característica física. Penz e Mohammadi (2013) explicam que as cores brilhantes no topo das asas azuis têm um papel importante nas interações entre machos e nas interações entre machos e fêmeas.

Na parte de baixo das asas, a coloração é escura e torna-se visível quando as borboletas estão descansando, permitindo assim a camuflagem no ambiente onde vivem. Isso provavelmente ajuda a proteger ambos os sexos dos predadores quando não estão voando. Um caso semelhante é observado nas espécies do gênero *Bicyclus*, onde o padrão das asas no topo é adaptado para interações dentro da mesma espécie, enquanto o padrão na parte de baixo ajuda na camuflagem (Penz; Mohammadi, 2013).

Como visto até aqui, a coloração de uma espécie tem papel essencial na camuflagem. Nesse sentido, a eficácia desse mecanismo depende primordialmente da habilidade do animal em assimilar a cor, luminosidade e padrão do fundo em que vive (Stevens; Merilaita, 2008). Por exemplo na borboleta borda-de-ouro (*Battus polydamas*), a crisálida tem aparência de folha e seu padrão de coloração pode variar de acordo com o local em que ela está presente (Foto 11).



Foto 11: Padrão de coloração da crisálida da borboleta borda-de-ouro em diferentes ambientes. Autor: Costa, LS

Em adição aos comportamentos de proteção contra predadores, certos lepidópteros exibem gregarismo. Esse fenômeno refere-se à agregação de animais em grandes números em determinada localidade e tempo. No caso do gregarismo alimentar, é bastante frequente em pragas, como na mariposa da lagarta-da-floresta (*Malacosoma disstria*) e na lagarta-militar (*Hyphantria cunea*). Embora o gregarismo possa envolver mais de duas espécies, para larvas de lepidópteros este comportamento é sempre intraespecífico e está atrelado a alguns benefícios (Qian *et al.*, 2024).

Os autores supracitados listam, primeiramente, a facilidade na alimentação, pois, sozinhas, larvas da borboleta asa-de-tigre (*Mechanitis menapis*) enfrentam muitas dificuldades para consumir a planta *Solanum acerifolium* Dunal. Em grupo, as larvas conseguem sobressair às barreiras dos tricomas glandulares da planta e, com isso, aumentam a disponibilidade de comida.

Outro benefício estudado por esses autores é a melhoria nas possibilidades de termorregulação, já que a maioria das larvas de lepidópteros são heliotérmicas (dependem do sol para absorver calor), em comportamento gregário, grupos com muitos indivíduos possuem melhor regulação da temperatura dada sua relativa baixa exposição de superfície corporal - que reduz a convecção de calor.

No caso de espécimes da lagarta-militar (*H. cunea*) reunidos, as redes de seda construídas funcionam como armadilhas de calor. Essas condições positivas promovem um terceiro benefício: defesa contra inimigos naturais pela redução do tempo em que as larvas estão vulneráveis a predadores e parasitas, - além do efeito de diluição diminuir as chances de uma larva individual ser predada

quando próxima de outros similares. Larvas de *Doratifera casta* (Limaodidae), fazem movimentos defensivos em sincronia, levantando a cabeça e movimentando-a lado a lado de forma unificada ao detectar possíveis ameaças. Esses comportamentos são considerados perturbadores e antipredatórios (Chenyu *et al.*, 2024).

No entanto, algumas desvantagens estão atreladas a comportamentos gregários. Segundo Chenyu *et al.* (2024), movimentos amplificados aumentam o risco de exposição e a concentração de secreções é elevada em grupos e aumentam as chances de predação (ocorre, por exemplo, em *Chilecomadia valdiviana*, Cossidae). Outrossim, em casos como da mariposa da lagarta-da-floresta (*Malacosoma disstria*), a alta densidade de indivíduos induz **competição intraespecífica**, mesmo que em quantidades adequadas de alimento. Para arrematar, o gregarismo permite eficiente contaminação horizontal, inclusive sendo um mecanismo interessante para disseminação de pesticidas e transmissão de entomopatógenos, ainda que este campo de estudos seja incipiente.

Neste tópico, vimos que a diversidade de mecanismos adaptativos observados em mariposas e borboletas mostra a impressionante plasticidade desses insetos em responder aos desafios ambientais. Desde interações mutualísticas, como a mimercofilia, até estratégias de alimentação especializadas como a lacrifagia, e habilidades como o mimetismo e a camuflagem. A prática do gregarismo destaca ainda mais a capacidade desses insetos de maximizar suas chances de sobrevivência através do comportamento social.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, observamos como borboletas e mariposas participam de uma infinidade de interações ecológicas que são essenciais para sua sobrevivência e sucesso evolutivo. O sequestro de substâncias químicas das plantas hospedeiras foi discutido como uma estratégia vital para a defesa contra predadores.

Além disso, conhecemos o papel dos lepidópteros na polinização. Este serviço ecológico não só contribui para a reprodução das plantas, mas também sustenta a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas. Os lepidópteros são polinizadores eficientes, e suas interações com as flores são muitas vezes específicas e mostram como a coevolução entre plantas e insetos moldou a estrutura desses seres.

Também abordamos diversas estratégias adaptativas que garantem a sobrevivência dos lepidópteros na natureza. Desde a mirmecofilia, que envolve interações de mutualismo com formigas, até os lacrífagos, que se alimentam de lágrimas de diferentes. O mimetismo e a camuflagem foram discutidos como táticas de defesa para evitar a predação, enquanto o gregarismo foi destacado como uma estratégia social que oferece proteção e outros benefícios adaptativos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa Científica do estado do Piauí – FAPEPI, pela concessão de bolsa de iniciação científica à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, F.W.; WYATT, G.E.; SAZIMA, M. Low abundance of long-tongued pollinators leads to pollen limitation in four specialized hawkmoth-pollinated plants in the Atlantic Rain forest, Brazil. *Naturwissenschaften*, v. 101, p. 893–905, 2014.
- ATSATT, P.R. Lycaenid butterflies and ants: selection for enemy-free space. *The American Naturalist*, v. 118, n. 5, p. 638–654, 1981.
- BARNES, R.; RUPERT, E.; FOX, R. S. **Zoologia dos Invertebrados: Uma Abordagem Funcional-Evolutiva**. São Paulo: ROCA, p. 1083–1118, 2005.
- BOPPRÉ, M.; VANE-WRIGHT, R.I.; WICKLER, W. A hypothesis to explain accuracy of wasp resemblances. *Ecology and Evolution*, v. 7, n. 1, p. 73–81, 2017.
- CAMARGO, A. J. A. *et al.* **Mariposas polinizadoras do cerrado: identificação, distribuição, importância e conservação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2018.
- CARNEIRO, E. *et al.* Lepidoptera. *In*: RAFAEL, J.S; MELO, G.A.R; CARVALHO, C.J.B; CASARI, S.A; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Manaus: Editora INPA, 2024. p.710–766.
- CARNEIRO, E; CASAGRANDE, MM; DUARTE, M. Lepidoptera. *In*: **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/84>>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- CASACCI, L.P *et al.* Multimodal signaling in myrmecophilous butterflies. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 7, p. 454, 2019.
- CHATTOPADHYAY, J. The structure and defensive efficacy of glandular secretion of the larval osmeterium in *Graphium agamemnon agamemnon* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Papilionidae). *Turkish Journal of Zoology*, v. 35, n. 2, p. 245–254, 2011.
- COSTELLO, L.M. *et al.* False holes as camouflage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 287, n. 1922, 20200126, 2020.
- CREES, L. **Hind wing eyespots of Brassolini butterflies (Lepidoptera, Nymphalidae): evolutionary diversification and functions in anti-predator defense and mating behavior 2020**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Iowa State University. 39f. Disponível em: <https://scholarworks.uno.edu/td/2804/>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- CASTRO, É.C. P. *et al.* The arms race between heliconiine butterflies and *Passiflora* plants – new insights on an ancient subject. *Biological Reviews*, v. 93, n. 1, p. 555–573, 2018.

DI MARE, R.A.; CORSEUIL, E.; SCHWARTZ, G. Morfometria de Papilioninae (Lepidoptera, Papilionidae) ocorrentes em quatro localidades do Rio Grande do Sul, Brasil. I. Comparações com a massa corporal. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, p. 535–545, 2004.

DILLON, P.M.; LOWRIE, S.; MCKEY, D. Disarming the "Evil Woman": petiole constriction by a sphingid larva circumvents mechanical defenses of its host plant, *Cnidoscopus urens* (Euphorbiaceae). **Biotropica**, v.15, n.2, p. 112–116, 1983.

DUSSOURD, D.E. Plant exudates trigger leaf-trenching by cabbage loopers, *Trichoplusia ni* (Noctuidae). **Oecologia**, v. 112, p. 362–369, 1997.

FIEDLER, K. **Systematic, evolutionary, and ecological implications of myrmecophily within the Lycaenidae (Insecta: Lepidoptera: Papilionoidea)**. 1991. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências). Bayreuth University. 210f. Disponível em: <https://eref.uni-bayreuth.de/30964/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

FIEDLER, K.; MASCHWITZ, U. Functional analysis of the myrmecophilous relationships between ants (Hymenoptera: Formicidae) and lycaenids (Lepidoptera: Lycaenidae) II. Lycaenid larvae as trophobiotic partners of ants—a quantitative approach. **Oecologia**, v. 75, p. 204–206, 1988.

FRANÇA, B. S. *et al.* Padrão temporal de herbivoria e defesas antiherbivoria em população natural de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) em manguezal predado maciçamente por *Hyblaea puera* (Lepidoptera). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 13, p. 3151–3158, 2020.

GHAZANFAR, M. *et al.* Butterflies and their contribution in ecosystem: A review. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 4, n. 2, p. 115–118, 2016.

GRAÇA, M.B; NUNES-GUTJAHR, A.L. Immature stages of *Heraclides thoas thoas* (Linnaeus, 1771) (Lepidoptera: Papilionidae): biology and morphology. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 9, n. 3, p. 519–531, 2014.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Insetos: fundamentos da entomologia**. Rio de Janeiro: Gen/ Editora Roca, 2017.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L *et al.* **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: EDUSP, 2012.

KOI, S.; DANIELS, J. Life history variations and seasonal polyphenism in *Eumaeus atala* (Lepidoptera: Lycaenidae). **Florida Entomologist**, v. 100, n. 2, p. 219–229, 2017.

KRENN, H.W. Feeding behaviours of neotropical butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea). **Denisia, zugleich Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen Neue Serie**, v. 88, p. 295–304, 2008.

LUQUE, C. *et al.* Analysis of forestry impacts and biodiversity in two Pyrenean forests through a comparison of moth communities (Lepidoptera, Heterocera). **Insect Science**, v. 14, n. 4, p. 323–338, 2007.

- MATIGNON, L. *et al.* Phytochemical and biological study of trophic interaction between *Pseudosphinx tetrio* L. larvae and *Allamanda cathartica* L. **Plants**, v. 12, n. 3, p. 520, 2023.
- MCCOY, V.E. *et al.* Oldest fossil evidence of latex sabotaging behavior by herbivorous insects. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 300, 104631, 2022.
- MITTER, C.; DAVIS, D.R.; CUMMINGS, M.P. Phylogeny and evolution of Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v. 62, p. 265–283, 2017.
- MIZUNO, T.; HAGIWARA, Y.; AKINO, T. Varied effects of tending ant species on the development of facultatively myrmecophilous lycaenid butterfly larvae. **Insects**, v. 10, n. 8, p. 234, 2019.
- MOREIRA, G.R.P.; CORREA, C.A.; MUGRABI-OLIVEIRA, E. Pollination of *Habenaria pleiophylla* Hoehne & Schltr (Orchidaceae) by *Heliconius erato phyllis* Fabricius (Lepidoptera, Nymphalidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 13, p. 791–798, 1996.
- MORAES, S. S.; OTERO, L. S.; FREITAS, A. V. L. Natural history and comparative morphology of immatures of *Gamelia anableps* (C.Felder & R. Felder) (Lepidoptera: Saturniidae, Hemileucinae). **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 397-408, 2017.
- NISHIDA, R. Sequestration of defensive substances from plants by Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v. 47, n. 1, p. 57–92, 2002.
- OLLERTON, J; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321–326, 2011.
- ÔMURA, H.; HONDA, K.; FEENY, P. From terpenoids to aliphatic acids: further evidence for late-instar switch in osmeterial defense as a characteristic trait of swallowtail butterflies in the tribe Papilionini. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, p. 1999–2012, 2006.
- PELLMYR, O. Yuccas, yucca moths, and coevolution: a review. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 90, n. 90, p. 35–55, 2003.
- PENZ, C.M; MOHAMMADI, N. Wing pattern diversity in *Brassolini butterflies* (Nymphalidae, Satyrinae). **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p. 154–180, 2013.
- PIERCE, N. E. *et al.* The ecology and evolution of ant association in the Lycaenidae (Lepidoptera). **Annual Review of Entomology**, v. 47, n. 1, p. 733–771, 2002.
- PLOTKIN, D; GODDARD, J. Blood, sweat, and tears: a review of the hematophagous, sudophagous, and lachryphagous Lepidoptera. **Journal of Vector Ecology**, v. 38, n. 2, p. 289–294, 2013.
- POTTS, S.G. *et al.* Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010.

PRIESTAP, H.A. *et al.* Secondary metabolite uptake by the *Aristolochia*-feeding papilionoid butterfly *Battus polydamas*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 40, p. 126–137, 2012.

QIAN, C. *et al.* Gregariousness in lepidopteran larvae. *In*: KANG, L. (Ed). **Insect Science**. New Jersey, USA: John Willey & Sons, 2024.

RAFAEL, J.A. *et al.* **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. São Paulo, BR: Editora INPA, 2024.

RAMÍREZ-RESTREPO, L; KOI, S; MACGREGOR-FORS, I. Tales of urban conservation: Eumaeus butterflies and their threatened cycad hostplants. **Urban Ecosystems**, v. 20, p. 375–378, 2017.

RAVENSCRAFT, A. *et al.* Structure and function of the bacterial and fungal gut microbiota of Neotropical butterflies. **Ecological Monographs**, v. 89, n. 2, p. e01346, 2019.

RECH, A.R; AVILA, R.S; SCHLINDWEIN, C. Síndromes de polinização: especialização e generalização. *In*: RECH, A.R. *et. al* (Orgs). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro, BR: Projeto Cultural, 2014. p. 171–181.

REDDI, C.S.; BAI, G.M. Butterflies and pollination biology. **Proceedings: Animal Sciences**, v. 93, n. 4, p. 391–396, 1984.

ROTHSCHILD, M.; NASH, R.J.; BELL, E.A. Cycasin in the endangered butterfly *Eumaeus atala* florida. **Phytochemistry**, v. 25, n. 8, p. 1853–1854, 1986.

SALZMAN, S. *et al.* An ancient push-pull pollination mechanism in cycads. **Science Advances**, v. 6, n. 24, eaay6169, 2020.

SHAO, Y.; MASON, C.J.; FELTON, G.W. Toward an Integrated Understanding of the Lepidoptera Microbiome. **Annual Review of Entomology**, v. 69, p. 117–137, 2024.

SKOJEC, C; GODFREY, R.K; KAWAHARA, A.Y. Long read genome assembly of *Automeris io* (Lepidoptera: Saturniidae) an emerging model for the evolution of deimatic displays. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, v. 14, n. 3, jkad292, 2024.

STEVENS, M. The role of eyespots as anti-predator mechanisms, principally demonstrated in the Lepidoptera. **Biological Reviews**, v. 80, n. 4, p. 573–588, 2005.

STEVENS, M.; MERILAITA, S. Animal camouflage: current issues and new perspectives. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1516, p. 423–427, 2008.

SCHREIBER, H. **Dispersal centres of Sphingidae (Lepidoptera) in the neotropical region**. Berlin, DEU: Springer Science & Business Media, 2012.

TRAVERS, S.E. *et al.* The hidden benefits of pollinator diversity for the rangelands of the Great Plains: Western prairie fringed orchids as a case study. **Rangelands**, v. 33, n. 3, p. 20–26, 2011.

VILA-VERDE, G.; SANTOS, C.; BOMFIM, G.S. Insetos (Insecta: Hymenoptera, Lepidoptera e Odonata) e as mudanças climáticas. **Terrae Didatica**, v. 17, e021054, 2021.

VOLPONI, M.S. *et al.* Southeast Asian clearwing moths buzz like their model bees. **Frontiers in Zoology**, v. 18, n. 1, p. 35, 2021.

WHITAKER, M.L.; SALZMAN, S. Ecology and evolution of cycad-feeding Lepidoptera. **Ecology Letters**, v. 23, n. 12, p. 1862–1877, 2020.

WOLOWSKI, M. *et al.* Interações planta-polinizador em vegetação de altitude na Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, p. 07–23, 2016.



CAPÍTULO 4

**ARANHA *Diplura* sp EM UM CASO
DE APROPRIAÇÃO INDÉBITA DO
FORMIGUEIRO DE *Dinoponera gigantea*
(PERTY, 1833)**

Edison Fernandes da Silva

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8696-6831>

Fabrcia Maria Sousa de Lima

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9059-2940>

Matheus da Silva Oliveira

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4946-0038>

Ricardo Rodrigues dos Santos

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2635-4849>

DOI: 10.52832/wed.122.756

RAs interações das formigas com outros animais são consideradas ecologicamente muito complexas, principalmente com outros artrópodes como lacraias, escorpiões e aranhas. Estas interações são mais comuns com formigas que constroem ninhos estruturalmente estáveis e duradouros nos solos (Kronauer; Pierce, 2011) e podem ocorrer desde a ocupação temporária, como *Strumigenys perparva* e *Pseudomyrmex pallidus* nos ninhos de *Dinoponera gigantea* (Moreira *et al.*, 2020), até o compartilhamento simultâneo e permanente dos espaços internos dos ninhos como em formigas *Pheidole* com *Dinoponera quadriceps* (Vasconcelos *et al.*, 2004); Isopoda e diplópodes com *Ectatomma vizottoi* (Vieira *et al.*, 2007); além de formigas do gênero *Neoponera* com Gastropoda (Mollusca), Haplotaxida (Annelida: Oligochaeta), Acari, Araneae, Opiliones, Pseudoscorpionida (Arachnida), Scolopendromorpha (Chilopoda), Entomobryomorpha, Poduromorpha (Collembola), Hemiptera, Psocoptera, Hymenoptera, Coleoptera e Diptera (Hexapoda) (Araújo *et al.*, 2019).

Nessas condições, outros insetos, além de moluscos, anelídeos, centopéias, escorpiões, pseudoescorpiões e aranhas podem assumir a condição de inquilinos utilizando simultaneamente as câmaras e as galerias dos ninhos das formigas. Em alguns casos, foram documentadas ocorrências de parasitismo social opcional ou, em casos raros, obrigatório (Delabie *et al.*, 2015).

Nessas situações, as espécies que invadem os ninhos das formigas se tornam inquilinos residentes e podem depender dos recursos tróficos disponíveis nesses ninhos para sua sobrevivência. Os animais que compartilham os ninhos com as formigas dessa forma, utilizam os restos alimentares da formiga hospedeira como recursos tróficos e auxiliam na limpeza dos ninhos ao esvaziar as câmaras de lixo dos formigueiros.

Associações simbióticas têm sido observadas entre diferentes espécies, como por exemplo: o **comensalismo** existente entre as aranhas da espécie *Masoncus pogonophilus* com formigas colhedoras da Flórida *Pogonomyrmex badius* (Cushing, 1995). Associações **parasitárias** também ocorrem entre formigas Ponerinae e entre *Myrmecolax incautus* (Bekker *et al.*, 2018) e *Apocephalus paraponerae* parasitando formigas mortas da espécie *Paraponera clavata* (Brown e Feener, 1991).

Associações de **mutualismo**, onde ambas as espécies são beneficiadas, foram descritas entre formigas e Hemiptera (Mouratidis *et al.*, 2021), além de formigas e trofobiontes (Freitas; Rossi, 2015) e entre Isopodas e Acari (ácaros e carraptos) na câmara de detritos da formiga *Ectatomma brunneum* (Lapola *et al.*, 2003).

No entanto, até o momento, a desapropriação total dos ninhos das formigas por inquilinos temporários ou permanentes ainda não havia sido documentada. Descreveremos um caso específico em que todas as formigas de um formigueiro da espécie *D. gigantea* (Foto 1) foram expulsas por uma aranha tarântula (Araneae: Mygalomorphae – Foto 1B).



Foto 01. A) Formiga da espécie *Dinoponera gigantea*. e B) – Aranha do gênero *Diplura* sp. Fonte: Os autores.

As formigas do gênero *Dinoponera* são consideradas as maiores formigas do mundo (Fourcassié *et al.*, 1999) e, na maioria das espécies, as operárias podem ultrapassar 3 cm de comprimento total do corpo (Lenhart *et al.*, 2013). Essas formigas sul-americanas são chamadas de formigas amazônicas gigantes ou tocandiras. São predadoras com dieta generalista, alimentando-se de pequenos artrópodes e itens vegetais (Fourcassié; Oliveira, 2002).

Além de serem forrageiras solitárias e sem recrutamento entre as operárias, têm como principal meio de orientação para as rotas de forrageamento as pistas visuais obtidas da paisagem do ambiente (Fourcassié *et al.*, 1999). As incursões dessas formigas fora dos ninhos são fortemente reguladas pela temperatura ambiente.

A temperatura é um fator ecológico que afeta negativamente a atividade de *D. gigantea* fora do ninho (Fourcassié; Oliveira, 2002). A forte cor preta dessa formiga e as dimensões corporais avantajadas provavelmente comprometem a termorregulação dessas formigas nas horas mais quentes do dia, e por isso são encontradas em atividades fora dos ninhos nos períodos do dia em que as temperaturas são mais baixas, como pela noite, nas primeiras horas do dia e ao entardecer (Silva *et al.*, 2017).

Essas formigas constroem ninhos associados à base de palmeiras ou cipós grossos, geralmente com 8 entradas de 3-8 cm de diâmetro, com quantidade variada de câmaras, e registros de ninhos polidômicos (Fourcassié, 2002). Os ninhos polidômicos são formados por um complexo de ninhos que comporta o ninho principal e ninhos acessórios localizados a uma pequena distância do ninho principal. É muito comum o registro de ninhos polidômicos para *D. gigantea*, mas isso não é uma regra geral para a espécie, como ocorre no ninho observado nesse estudo.

Os ninhos de *D. gigantea* podem ser coabitados por diferentes artrópodes, como outros insetos e aracnídeos. Geralmente os aracnídeos mais frequentemente encontrados nesses ninhos são pequenas aranhas e opiliões, sendo ausente, até então, o registro de aranhas maiores, como a tarântula do gênero *Diplura*.

Diplura são aranhas megalomorfas da família Dipluridae com distribuição neotropical que vai do sul do Panamá ao norte da Argentina (Pedroso *et al.*, 2016) e que engloba espécies com variadas cores e tamanhos (World Spider Catalog, 2023). Podem incluir em sua alimentação besouros (Coleoptera), grilos (Orthoptera), formigas (Hymenoptera), milípedes (Diplopoda) e restos de outros animais, como sapos (Vollrath, 1978).

Nesse episódio de observação registrou-se o processo de desapropriação de um ninho de *D. gigantea* por *Diplura sp.*, no qual aranha usou uma das entradas do formigueiro para construir sua teia tubular (Fotos 2 e 3) e a primeira câmara do ninho com abrigo para refúgio. O início do processo de desapropriação do ninho ocorreu a partir de 2 de abril de 2019, às 7h20. O ninho está localizado no Cerrado norte brasileiro, no nordeste do estado do Maranhão (cidade de Chapadinha: 3°44'01.1"S, 43°19'12.0"W). A aranha ocupou o ninho juntamente com as formigas por 13 dias consecutivos. Nesse período, a aranha se comportou como inquilina, pois as formigas acessavam livremente o formigueiro pelas demais entradas (Foto 2).



Foto 2. Aranha do gênero *Diplura*, ocupando uma das entradas do ninho de *Dinoponera gigantea* em uma área de Cerrado do Nordeste do Brasil. Fonte: os autores.

O processo de expropriação do ninho de *D. gigantea* é descrito em uma linha do tempo, conforme descrito abaixo:

Primeiro dia: A aranha ocupou uma das entradas do ninho de *D. gigantea*, permanecendo imóvel neste local, enquanto as formigas acessavam livremente o ninho, forrageando ao redor sem interferência da aranha.

Segundo ao quinto dia: A aranha permaneceu na entrada do ninho, fazendo pequenos movimentos, entrando e saindo do ninho, deixando apenas a parte do cefalotórax e o primeiro par de pernas para fora.

Sexto dia: A aranha não foi vista na entrada do ninho de *D. gigantea*.

Do sétimo ao oitavo dia: A aranha retornou à entrada do ninho, porém com movimentos mais ativos, muitas vezes saindo da abertura de entrada, afastando-se cerca de 5 cm do ninho, mas retornando rapidamente.

Nono dia: O ritmo de atividade das operárias de *D. gigantea*, entrando e saindo do ninho, diminuiu em relação aos dias anteriores. A aranha permaneceu na entrada do ninho e começou a construir uma teia em torno dessa entrada.

Décimo e décimo primeiro dia: a atividade das formigas caiu drasticamente, com apenas duas operárias entrando e saindo do ninho nesse período. A teia construída pela aranha ocupava todo o entorno da entrada do ninho (Foto 3) e, nesta fase, a aranha mostrou-se mais agressiva em relação aos dias anteriores.



Foto 3: Complexo de teias construído pela aranha do gênero *Diplura* em uma das entradas do ninho de *Dinoponera gigantea* em uma área do Cerrado no Nordeste do Brasil. Fonte: Os autores.

Décimo segundo e décimo terceiro dias: No dia 12 foi possível registrar uma operária de *D. gigantea* presa na teia e isso atraiu a aranha em direção à formiga. A formiga conseguiu se desprender da teia rapidamente, afastando-se da aranha que voltou para a entrada do ninho ocupado. A aranha permaneceu na entrada do ninho que ainda estava densamente coberto de teias. Durante este período, nenhuma atividade de *D. gigantea* foi observada na entrada do ninho ocupado pela aranha. Entretanto, na segunda entrada do ninho registrou-se intensa movimentação de operárias que iniciaram a construção de um novo ninho a 2,5 m (Foto 4). Nesses dois dias, as formigas participaram ativamente da construção do novo ninho, formando fileiras e transportando galhos e pedaços de barro até o novo formigueiro.

Décimo quarto ao décimo sexto dia: o ninho foi ocupado apenas pela aranha e a partir desses dias, as formigas só foram observadas ativas no novo formigueiro.



Foto 4. Ninho construído por formigas *Dinoponera gigantea* após desapropriação do ninho principal por uma aranha do gênero *Diplura* sp, em uma área de Cerrado a Nordeste do Brasil. Fonte: Os autores.

Diferentes interações de formigas com outros artrópodes, inclusive aranhas, sugerem uma tendência desses animais em usar formigueiros como abrigos. Fourcassie *et al.* (1999), por exemplo, relataram a presença de pequenas aranhas e outros artrópodes em ninhos de *D. gigantea*. Moreira *et al.* (2020) também encontraram forte presença de ácaros e aranhas em ninhos de *D. gigantea*, *D. lucida* e *Paraponera clavata*.

A aranha mirmecofílica *Gamasomorpha maschwitzi*, que é encontrada no interior dos ninhos da espécie *Leptogenys distinguenda*, se alimenta dos insetos capturados por estas formigas e causa, mesmo que pouco significativo, um impacto negativo na alimentação dessas formigas (Witte *et al.*, 1999; Witte *et al.*, 2008). Mendonça (2017), analisando a mirmecofilia e mirmecofagia de aranhas do gênero *Attacobius* em colônias de formigas *Solenopsis saevissima*, observou que as aranhas predavam ovos, larvas e pupas dessas formigas. No entanto, em ninhos de *Dinoponera lucida*, Peixoto *et al.* (2010) verificaram a presença harmoniosa de aranhas dentro da colônia.

A dieta generalista da formiga *D. gigantea*, que utiliza como alimento recursos tróficos de origem animal ou vegetal, associada ao comportamento predatório (Forucassié *et al.*, 1999) pode ter promovido algum grau de competição alimentar da formiga com a aranha *Diplura* sp. e isso pode ter contribuído para gerar um efeito de exclusão competitiva, onde a aranha prevaleceu. Outra hipótese é que a formação de uma barreira física, através da construção de uma teia em forma de tubo na entrada do formigueiro, pode ter interferido na rotina de atividades diárias das formigas.

Um ano após a remoção das formigas, o ninho foi examinado e constatou-se que as câmaras e galerias mais profundas estavam soterradas, restando apenas a área ocupada pela aranha, que

era uma das entradas e a primeira câmara do ninho. Essa câmara mais superficial encontrava-se a uma profundidade de aproximadamente 10cm e permanecia intacta. O soterramento ocorreu, possivelmente, porque as formigas não estavam mais no ninho, e, portanto, não podia ser feito o serviço de manutenção e limpeza das galerias e câmaras que foram abandonadas.

A convivência entre aranhas e formigas, seja compartilhando recursos, de forma arrendatária, ou mesmo disputando território, demonstra a enorme diversidade de relações ecológicas entre esses grupos que ainda precisam ser investigadas. É preciso seguir investigando essas interações ecológicas para entender por que as formigas amazônicas gigantes não coexistem com *Diplura* sp.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Rogério Bertani do Laboratório de Ecologia e Evolução do Instituto Butantã, Brasil, que identificou o gênero da aranha *Diplura* sp.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E.S.; KOCHB, E.B.A; DELABIE, J.H.C.; ZEPPELINIE, D.; Da ROCHA, W.D., CASTAÑO-MENESES, G.; MARIANO, C.S.F. Diversity of commensals within nests of ants of the genus *Neoponera* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) in Bahia, Brazil. **International Journal of Entomology**, v.55, n.4, p.291-299, 2019.
- BROWN, B.V.; FEENER JR, D.H. Behavior and host location cues of *Apocephalus paraponerae* (Diptera: Phoridae), a parasitoid of the giant tropical ant, *Paraponera clavata* (Hymenoptera: Formicidae). **Biotropica**, v.23, n.2, p. 182-187, 1991.
- CUSHING, P.E. Description of the spider *Masoncus pogonophilus* (Araneae, Linyphiidae), a harvester ant myrmecophile. **The Journal of Arachnology**, v.23, n.2, p.55-59, 1995.
- BEKKER, C.; WILL, I.; DAS, B.; ADAMS, M.M.R. The ants (Hymenoptera: Formicidae) and their parasites: effects of parasitic manipulations and host responses on ant behavioral ecology. **Myrmecological News**, v. 28, p.1-24, 2018.
- FREITAS, J. D; ROSSI, M. N. Interaction between trophobiont insects and ants: the effect of mutualism on the associated arthropod community. **Journal of Insect Conservation**, v.19, p.627-638, 2015.
- DELABIE, J. H.; FEITOSA, R. M.; SERRÃO, J. E.; MARIANO, C. D. S. F.; MAJER, J. D. (Eds.). **As formigas poneromorfas do Brasil**. Ilhéus-BA: Editus-Editora da UESC, 2015. 477p.
- FOURCASSIÉ, V.; HENRIQUES, A.; FONTELLA, C. Route fidelity and spatial orientation in the ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera: Formicidae) in a primary forest: a preliminary study. **Sociobiology**, v. 34, n. 3, p. 505-524, 1999.
- FOURCASSIÉ, V; OLIVEIRA, P.S. Foraging ecology of the giant Amazonian ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae): activity schedule, diet and spatial foraging patterns. **Journal of Natural History**, v. 36, n. 18, p. 2211-2227, 2002.
- KRONAUER, D.J.C; PIERCE, N.E. Myrmecophiles. **Current Biology**, v. 21, n. 6, p. R208-R209, 2011.
- LAPOLA, D. M.; ANTONIALLI JÚNIOR, W. F.; GIANNOTTI, E. Arquitetura de ninhos da formiga neotropical *Ectatomma brunneum* F. Smith, 1858 (Formicidae, Ponerinae) em ambientes alterados. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.177-188, 2003.
- LENHART, P.A.; DASH, S.T.; MACKAY, W.P. A revision of the giant Amazonian ants of the genus *Dinoponera* (Hymenoptera, Formicidae). **Journal of Hymenopteran Research**, v. 31, p.119–164, 2013.
- MENDONÇA, C.A.F.; PESQUERO, M.A.; CARVALHO, R.D.S.D.; DE ARRUDA, F.V. Myrmecophily and Myrmecophagy of *Attacobius lavape* (Araneae: Corinnidae) on *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Myrmicinae). **Sociobiology**, v.66, n.4, p.545-550, 2019.

MOREIRA, I. de J. S.; CRUZ, C.D.F.; FERNANDES, A.K.C.; DELABIEL, J.H.C.; CASTAÑO-MENESES, G.; MARIANO, C.S.F. Estudo comparativo da fauna de comensais nos formigueiros de três espécies de grande tamanho da mirmecofauna brasileira (Hymenoptera: Formicidae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v.15, p.377-391, 2020.

MOURATIDIS, A.; VACAS, H.; HERRERO, J.; NAVARRO-LIOPIS, V.; DICKE, M.; TENA, A. Vespas parasitas evitam hospedeiros hemípteros protegidos por formigas por meio da detecção de hidrocarbonetos cuticulares de formigas. **The Royal Society**, p.10, 2021.

PEDROSO, D.R.; CASTANHEIRA, P.S.; BAPTISTA, RLC. Redescription and synonymies of *Diplura macrura* (CL Koch, 1841) and *D. lineata* (Lucas, 1857), with notes on the genus (Araneae, Dipluridae). **European Journal of Taxonomy**, n. 210, 2016.

PEIXOTO, A.V.; CAMPIOLO, S.; DELABIE, J.H.C. Basic ecological information about the threatened ant, *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae), aiming its effective long-term conservation. In: TEPPER G.H. (Ed.). **Species Diversity and Extinction**. New York: Nova Science Publishers, 2010. p.183-213.

VASCONCELLOS, A.; SANTANA, G. G.; SOUZA, A. K. Nest spacing and architecture, and swarming of males of *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera, Formicidae) in a remnant of the Atlantic Forest in northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, p.357-362, 2004.

VIEIRA, A.S.; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F.; FERNANDES, W.D. Modelo arquitetônico de ninhos da formiga *Ectatomma vizottoi* Almeida (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, p.489-493, 2007.

VOLLRATH, F. A close relationship between two spiders (Arachnida, Araneidae): *Curimagua bayano* synecious on a *Diplura* species. **Psyche**, v. 85, n. 4, p. 347-353, 1978.

WITTE, V.; LEINGARTNER, A.; SABAB, L.; HASHIM, R.; FOITZIK, S. Symbiont microcosm in an ant society and the diversity of interspecific interactions. **Animal Behaviour**, v. 76, n. 5, p. 1477-1486, 2008.

WITTE, V.; WEISSFLOG, A.; HASHIM, R.; HANEL, H. Social integration of the myrmecophilic spider *Gamasomorpha maschwitzii* (Araneae: Oonopidae) in colonies of the South East Asian army ant, *Leptogenys distinguenda* (Formicidae: Ponerinae). **Sociobiology**, v.34, n.1, p.145-159, 1999.

WORLD SPIDER CATALOG (2023). **World Spider Catalog**. Version 24. Natural History Museum Bern, online acessado em {01 de Junho de 2023. Disponível em: <https://wsc.nmbe.ch/>



CAPÍTULO 5

**COMPETIÇÃO INTRA E
INTERESPECÍFICA DE *Cordia
oncocalyx* ALLEMÃO**

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8537-3871>

DOI: 10.52832/wed.122.757

As plantas podem competir tanto dentro da população quanto com indivíduos de outras espécies (Li *et al.*, 2020; Huangfu; Zhang; Hui, 2021). A competição se dá por recursos e por espaço. Entre os recursos, as plantas competem por acesso à radiação solar (Liu *et al.*, 2021), água (Manoli *et al.*, 2017) e nutrientes (Pan *et al.*, 2024). Uma floresta, com alta densidade de árvores, certamente promoverá competição por espaço e nutrientes entre os indivíduos que nela habitam.

Nesse sentido é comum haver redução na biomassa da parte aérea das plantas, o que pode indicar competição por luz, mas não é universal que haja também competição por água, uma vez que pode haver complementaridade de nicho (ou seja, apesar de o sistema radicular das plantas estarem se sobrepondo, as raízes podem estar captando água em diferentes profundidades, não competindo necessariamente por água) (Wu *et al.*, 2022), ou, ainda, é possível que haja um processo chamado redistribuição hidráulica (onde as plantas com raízes mais profundas, captam água numa região mais profunda e liberam-na em solo mais superficial, beneficiando outros indivíduos ou espécies próximos) (Mendes; Oliveira, 2014; Oliveira *et al.*, 2024).

Cordia oncocalyx Allemão (sinonímia *Auxemma oncocalyx* [Allemão] Taub.), Boraginaceae, popularmente chamada de pau-branco, é uma espécie de porte arbóreo, endêmica da Caatinga e nativa no estado do Ceará. A Figura 1 mostra os locais em que a espécie já foi registrada no Brasil. Nela é possível ver uma grande quantidade de registros no estado do Ceará. Todavia, ela também aparece em outros estados brasileiros, em especial na região Nordeste.

As árvores de *C. oncocalyx* são caducifólias e alcançam até 10 m de altura. Emitem folhas e florescem logo no início do período chuvoso (janeiro/fevereiro). A frutificação inicia-se em seguida (março) e os frutos perduram até o início da estação seca (julho/agosto), quando as plantas perdem as folhas (Souza *et al.*, 2014).

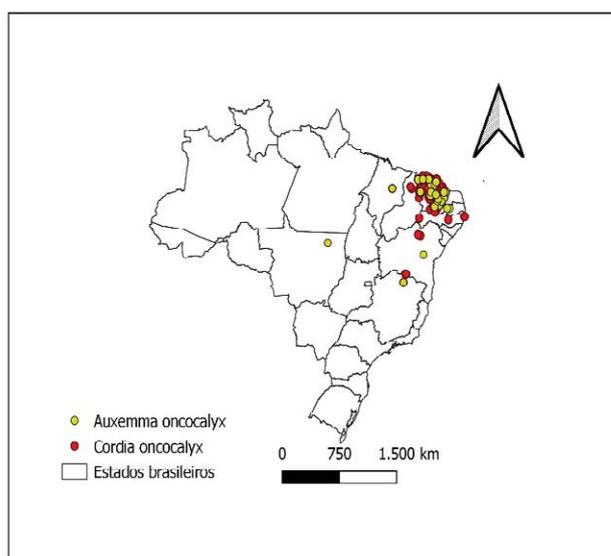


Figura 1. Distribuição de *Cordia oncocalyx* Allemão (sinonímia *Auxemma oncocalyx* [Allemão] Taub.) no Brasil. Dados de ocorrência baixados da plataforma SpeciesLink (www.specieslink.net). A pesquisa foi feita utilizando as duas nomenclaturas (a anterior e a vigente) para que nenhum registro da espécie fosse excluído). Autoria: Ivanov, MMM.

O pau-branco tem preferência por áreas de baixa altitude, sendo a maioria de seus registros feitos para altitudes de até 200m, sendo raramente encontrada em altitudes superiores a 600m (Figura 2). Quanto ao clima, observa-se que a espécie tem preferência por áreas com temperatura média elevada, ocorrendo predominantemente em temperaturas em torno de 26°C; quanto à precipitação, embora seja encontrada numa ampla faixa de valores (700 a 2.000mm), ela ocorre preferencialmente em áreas com precipitação de até 1.000mm (Figura 3).

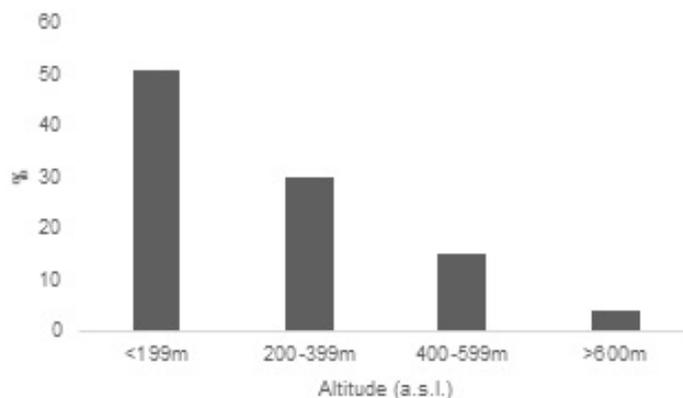


Figura 2. Ocorrência de *Cordia oncocalyx* Allemão em função da altitude (a.s.l. = ao nível do mar). Autoria: Ivanov, MMM.

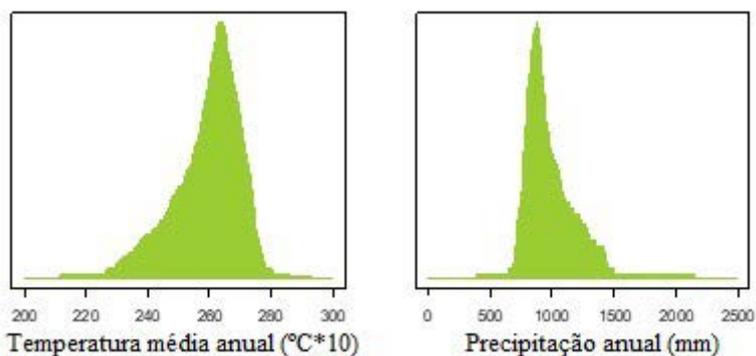


Figura 3. Distribuição de *Cordia oncocalyx* Allemão em função da temperatura do ar e da precipitação anual dos locais onde a espécie foi registrada. Autoria: Martins, M.J.

Pesquisas já foram desenvolvidas com o pau-branco descrevendo sua fisiologia. Como a de Mendes *et al.* (2013), que registrou o efeito da densidade de indivíduos em duas áreas (uma floresta e um sistema agroflorestal – sistema que combina cultivo agrícola com a permanência de espécies de porte arbóreo), revelando que áreas com menor densidade de indivíduos – no caso o sistema agroflorestal

– promoveram maior teor de clorofila nas folhas dos indivíduos de pau-branco analisados, maior acúmulo de massa seca das folhas e maiores taxas de fotossíntese.

Visualmente, é possível diferenciar morfologicamente as plantas de pau-branco vivendo sob diferentes densidades. A Figura 4 mostra diferenças no pau-branco se desenvolvendo em um sistema agroflorestal (à esquerda), com poucas árvores ao seu entorno, e em uma mata nativa (à direita), com uma grande densidade de árvores.

Podemos ver que o pau-branco na agrofloresta apresenta maior espessura do caule, emite ramos até próximo do nível do chão, apresenta folhas mais grossas e com um verde mais intenso, enquanto na mata os indivíduos apresentam caule fino, poucos ramos nas partes mais próximas ao solo, folhas mais finas com verde mais claro. Essas diferenças devem-se à questão da densidade que levou a uma competição mais acirrada na mata.

Nesse ambiente, onde pouca luminosidade ultrapassa o dossel (copa das árvores) e chega ao chão, as plantas são induzidas a alterar sua fisiologia e até anatomia e morfologia para poder sobreviver. Nesse sentido, na mata, as plantas são mais altas, alocando mais energia para crescimento em altura do que em largura, e mais finas, pois a necessidade é de fazer o possível para colocar os ramos na parte mais superior da mata e alcançar mais radiação solar.



Figura 4. Fotos do pau-branco registradas em um sistema agroflorestal (à esquerda) e em uma mata nativa de Caatinga (à direita). Autoria: Ivanov, MMM.

Na mata, por outro lado, devido à densidade de árvores, o solo retém mais umidade (Ivanov; Lacerda; Oliveira, 2017), por isso as árvores alocam menos energia para o sistema radicular, podendo direcionar essa energia para o crescimento. Isso pode ser mensurado pela altura das plantas, as quais, em média, chegam a 9m no sistema agroflorestal e a 11m na floresta, como pode ser percebido no esquema da Figura 5.

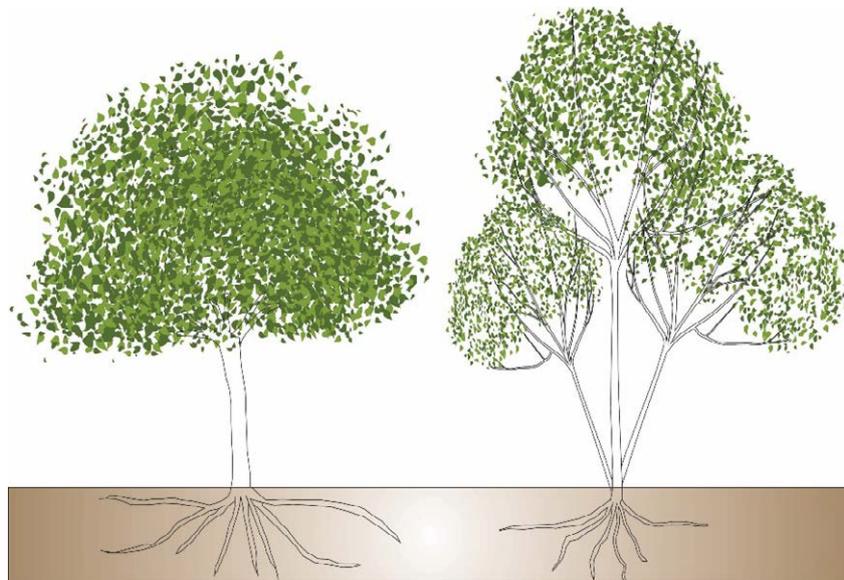


Figura 5. Esquema da morfologia das árvores de pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão) vivendo em um sistema agroflorestal (à esquerda) e em uma mata nativa (à direita), chamando a atenção para as raízes, espessura do caule e ramificação. Autoria: Ivanov, MMM.

Inferimos até aqui as relações intraespecíficas do pau-branco. Por outro lado, observações também foram feitas considerando a competição de milho (*Zea mays* L.) cultivado no sistema agroflorestal, onde o pau-branco predomina como espécie arbórea. Nesse sistema, o milho foi cultivado em quatro distâncias a partir do caule de pau-branco. A Figura 6 esquematiza a distribuição das plantas de milho em relação a um indivíduo de pau-branco.

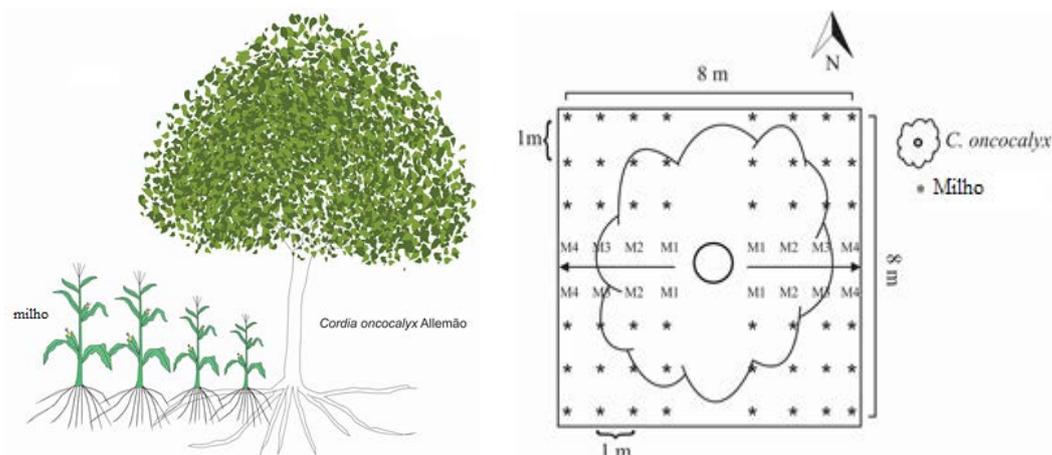


Figura 6. Esquema das distâncias de plantio do milho em relação ao pau-branco (*C. oncocalyx*) em um sistema agroflorestal: vista superior (à direita) e frontal (à esquerda). Autoria: Ivanov, MMM.

Os resultados deste experimento estão publicados em Mendes *et al.* (2013) e mostram que as plantas sob influência direta (sombreadas) da copa das árvores captaram menos radiação solar,

enquanto as plantas que estavam a três metros de distância do caule interceptaram quantidade intermediária de radiação solar e as que estavam a quatro metros de distância estavam a pleno sol, sem influência do sombreamento, obtiveram a maior incidência de radiação.

Isso influenciou no desenvolvimento das plantas, de forma que aquelas que estavam mais próximas da árvore apresentaram menor fotossíntese do que as que estavam mais distantes, e tiveram seu desenvolvimento prejudicado pela presença da árvore, uma vez que o milho (com rota fotossintética C4) precisa de muita exposição ao sol pra poder se desenvolver bem. Sob tais circunstâncias, o milho não consegue competir com o pau-branco, sendo ele a espécie prejudicada.

Pesquisa envolvendo análise de isótopos estáveis de oxigênio da água extraída das raízes de pau-branco revelou que as raízes deste absorvem água em profundidades maiores que 40cm no sistema agroflorestal (valor isotópico de -4‰) (Ivanov; Lacerda; Oliveira, 2017). Já a profundidade de absorção de água pelas raízes do milho variou em função da distância que ele estava do pau-branco nesse sistema.

À medida que se distanciavam do pau-branco, as plantas de milho se desenvolviam mais, suas raízes também se aprofundavam mais, captando água mais profundamente (Figura 7). Entretanto, para as plantas a um metro de distância do caule, os valores isotópicos para ambas as espécies foram muito semelhantes (-4‰), indicando que ambas estavam explorando água na mesma profundidade, ou seja, maior que 40cm.

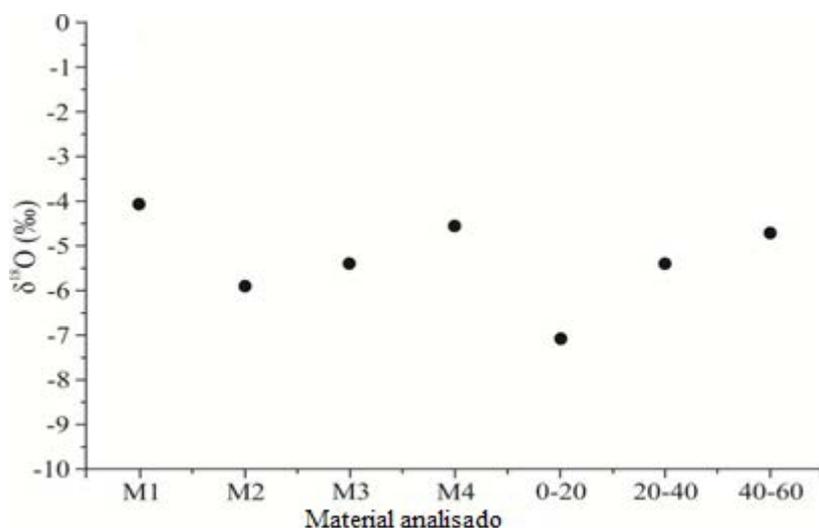


Figura 7. Constituição isotópica de oxigênio da água extraída do solo e das raízes do milho a diferentes distâncias do caule do pau-branco. M1 – a um metro; M2 – a dois metros; M3 – a três metros; M4 – a quatro metros de distância do caule. 0-20, 20-40 e 20-60cm representam as profundidades do solo coletado para extração da água e análise de isótopos estáveis. Pelos dados, as plantas M2 captam água em solo mais raso, M3 em profundidade intermediária e M4 em solo mais profundo, dentro do esperado, uma vez que as raízes vão gradativamente se desenvolvendo. Entretanto, as plantas M1 também buscaram água em solo profundo, coincidindo com a zona de absorção do pau-branco. Por estar longe do caule – e possivelmente das raízes – é de se esperar que não haja competição entre M4 e pau-branco, ainda que a profundidade de exploração da água seja a mesma para as duas espécies. Autoria: Ivanov, MMM.

Entende-se que o milho precisou investir boa parte de sua pouca energia armazenada (lembrar que ele estava sombreado) para aprofundar suas raízes e conseguir pelo menos água pra se manter, entretanto, a zona de absorção de água das duas espécies se sobrepôs, prejudicando ainda mais o desenvolvimento do milho.

CONCLUSÃO

O pau-branco, uma espécie arbórea típica de Caatinga, comporta-se de maneira diferente a depender do ambiente em que vive, com relação à densidade de árvores. Em sistema agroflorestal, onde se cultiva anualmente milho e tem-se menor densidade de árvores, ele não tem outros indivíduos arbóreos competindo com ele, logo, consegue se desenvolver melhor do que em uma mata nativa de Caatinga que tem maior densidade de árvores, onde a competição por luz induz a alterações fisiológicas e morfológicas. Quando as relações interespecíficas são analisadas, no caso pau-branco com milho, o milho é prejudicado na competição com o pau-branco por luz. Porém, quanto ao recurso água, essa competição não existe pois as raízes de ambas as espécies não sobrepõem suas zonas de captação de água, a menos que as plantas estejam muito próxima do caule (ex. 1m de distância); nesse caso, haverá tanto competição por água quanto por luz, inviabilizando o desenvolvimento do milho.

REFERÊNCIAS

- HUANGFU, C.; ZHANG, L.; HUI, D. Density-dependent plant-soil feedbacks of two plant species affected by plant competition. **Science of The Total Environment**, v.807, p2, 150908, 2022.
- IVANOV, M.M.M.; LACERDA, C.F.; OLIVEIRA, T.S. Trees lose their leaves later in agroforestry systems. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v.2, n.2, p.855-863, 2017.
- LI, X.; HAN, Y.; WANG, G.; FENG, L.; WANG, X.; YANG, B.; DU, W.; LEI, Y.; XIONG, S.; ZHI, X.; XING, F.; FAN, Z.; XIN, M.; LI, Y. Response of cotton fruit growth, intraspecific competition and yield to plant density. **European Journal of Agronomy**, v.114, 125991, 2020.
- LIU, Y-P.; WANG, S-Y.; LI, M-L.; ZHANG, F.; WANG, R-W. The emergence of adaptive diversification from plant's light competition. **Chaos, Solitons & Fractals**, v.152, 111366, 2021.
- MANOLI, G.; HUANG, C-W.; BONETTI, S.; DOMEQ, J-C.; MARANI, M.; KATUL, G. Competition for light and water in a coupled soil-plant system. **Advances in Water Resources**, v.108, p.216-230, 2017.
- MENDES, M.M.S.; LACERDA, C.F.; FERNANDO, F.E.P.; CAVALCANTE, A.C.R. OLIVEIRA, T.S. Ecophysiology of deciduous plants grown at different densities in the semiarid region of Brazil. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v.25, n.2, p.94-105, 2013.
- MENDES, M.M.S.; OLIVEIRA, T.S. Hydraulic redistribution. **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**, v.3, n.12, p.394-399, 2014.
- OLIVEIRA, B.A.; LÓPEZ, I.F.; CRANSTON, L.M.; KEMP, P.D.; DONAGHY, D.J.; DÖRNER, J.; LÓPEZ-VILLALOBOS, N.; GARCÍA-FAVRE, J.; ORDÓÑEZ, I.P.; VAN HALE, R. ¹⁸O isotopic labelling and soil water content fluctuations validate the hydraulic lift phenomena for C₃ grass species in drought conditions. **Plant Stress**, v.11, 100414, 2024.
- PAN, Y.; FAN, Y.; CHEN, C.; LIN, H. Does soil nutrient heterogeneity affect the competition and adaptation of *Vernicia montana*? **Forest Ecology and Management**, v.561, 121877, 2024.
- SOUZA, D.N.N.; CAMACHO, R.G.V.; MELO, J.I.M.; ROCHA, L.N.G.; SILVA, N.F. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biotemas**, v.27, n.2, p.31-42, 2014.
- WU, J.; ZENG, H.; ZHAO, F.; CHEN, C.; SINGH, A.K.; JIANG, X.; YANG, B.; LIU, W. Plant hydrological niches become narrow but stable as the complexity of interspecific competition increases. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.320, 108953, 2022.



CAPÍTULO 6

COMPETIÇÃO ENTRE MILHO (*Zea mays* L.) E PAU-BRANCO (*Cordia oncocalyx* Allemão)

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8537-3871>

DOI: 10.52832/wed.122.758

RESUMO

Em sistemas agroflorestais a coexistência de árvores e culturas favorece a conservação do meio ambiente, mas pode levar à competição entre plantas. Nesse sentido, objetivou-se, avaliar parâmetros fisiológicos e de desenvolvimento do pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão) e do milho (*Zea mays* L.) em dois níveis de irrigação, cultivados em associação e isoladamente em vasos. Variáveis fisiológicas e de desenvolvimento foram registradas em duas coletas. Os processos fisiológicos foram alterados pelo nível de irrigação, com os piores resultados registrados para aquelas desenvolvidas a 50% da capacidade de campo, tanto para o pau-branco quanto para o milho. O pau-branco e o milho tiveram fortes reduções na taxa de crescimento absoluto, fotossíntese, condutância estomática e transpiração relacionadas ao nível de umidade do solo e/ou à associação. Assim, a reduzida umidade do solo e a associação tiveram efeito negativo sobre o desenvolvimento das plantas, como reflexo da competição, tanto a 100% quanto a 50% da capacidade de campo, o que representa perda de produtividade em sistemas agroflorestais, quanto à cultura de interesse.

Palavras-chave: fotossíntese, capacidade de campo, taxa de crescimento absoluto, trocas gasosas.

INTRODUÇÃO

O milho, que está entre os três cereais mais cultivados no mundo, constitui-se como fonte básica de alimento para muitas populações (CIB, 2006). Muitos estudos sobre o cultivo de milho têm sido feitos visando identificar as condições ideais para uma elevada produtividade de grãos e, com isso, o uso de métodos de produção alternativos ao monocultivo tem sido estudado (Gao *et al.*, 2009, Heineman *et al.*, 1997, Makumba *et al.*, 2006).

Tais pesquisas mostram que associar milho com outras espécies pode ser benéfico. A associação, por exemplo, com leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (JACQ.) Kunt ex Walp.), pode proporcionar ao milho maior rendimento em decorrência da rápida decomposição das folhas dessas duas espécies arbóreas (Costa *et al.*, 2004, Heineman *et al.*, 1997), o que promove aumento na disponibilidade de nutrientes do solo. Pesquisas desenvolvidas por Gao *et al.* (2009) mostram que o rendimento do milho em consórcio com trigo aumenta em até 98% se contrastado com o monocultivo.

Sistemas agroflorestais (SAFs), os quais preveem a coexistência de árvores e culturas e/ou pecuária, podem promover associações benéficas, uma vez que características físicas do ambiente são mantidas, possibilitando menores perdas de água e de solo por erosão (Aguiar *et al.*, 2006), bem como menor resistência à penetração de raízes (Silva *et al.*, 2011), em comparação a áreas de cultivo tradicional.

O milho é uma espécie comercial comumente cultivada nos sistemas agroflorestais brasileiros, mas pouco se sabe sobre os efeitos da associação entre espécies arbóreas e o milho quanto a aspectos fisiológicos, como trocas gasosas e uso da água, por exemplo, quando em situação de déficit hídrico,

como é possível acontecer em regiões semiáridas. Assim, a ocorrência de competição entre o cultivo e a espécie arbórea associada em SAFs deve ser considerada quando os recursos, tais como água, forem limitantes, o que culminaria em quedas no rendimento da espécie cultivada em comparação ao monocultivo (Mcintyre *et al.*, 1997).

Mendes *et al.* (2013) observaram redução na produção de biomassa do milho que se desenvolveu sob a copa de árvores em sistema agrossilvipastoril, o que foi atribuído à competição por luz. Assim, adicionalmente, seria possível haver competição por água entre milho e uma espécie arbórea desenvolvendo-se em associação? De acordo com Cannel *et al.* (1996), benefícios no rendimento físico das plantas em sistemas agroflorestais acontecem somente quando há complementaridade na captura de recursos por árvores e cultivos. Entretanto, experimentos de campo para responder a essa questão não são facilmente manipuláveis, sendo necessários testes em vaso, onde se torna possível isolar o fator a ser testado.

A redução no rendimento das espécies cultivadas em decorrência do déficit hídrico é reflexo de alterações fisiológicas como fechamento estomático, para evitar perda de água por transpiração, e as limitações nos processos ligados à fotossíntese. Estudos que revelem o comportamento fisiológico e o desenvolvimento do milho em diferentes situações (sob estresse hídrico ou não, com ou sem associação com outras espécies vegetais) podem contribuir para o conhecimento de como são as relações hídricas no milho em tais situações, norteadas as formas de manejo do sistema de cultivo.

O pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão) é uma espécie arbórea comum no semiárido brasileiro e por sua ampla ocorrência em experimento de longa duração com SAFs no estado do Ceará (Aguiar *et al.*, 2006; Mendes *et al.*, 2013) faz-se necessária a análise de sua interferência sobre as plantas cultivadas nesses sistemas.

Partindo da hipótese que o milho e o pau-branco em associação competem por água apenas quando se desenvolvem em nível reduzido de umidade, objetivou-se avaliar parâmetros fisiológicos e de desenvolvimento das duas espécies em dois níveis de irrigação (50% e 100% de umidade do solo em relação à capacidade de campo), cultivadas em associação e isoladamente em vasos.

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos de pau-branco caídos foram coletados e as sementes extraídas para produção das mudas. Logo após a extração, as sementes foram esterilizadas com hipoclorito de sódio a 5% e colocadas em placa de *petri* contendo papel Germitest[®]. Posteriormente, as placas com as sementes foram depositadas em câmaras de germinação, com fotoperíodo de 12 horas e temperatura alternando entre 30 e 25°C (dia/noite), por cinco a 10 dias para emissão das radículas, e em seguida semeadas em sacos de polietileno contendo substrato constituído pela mistura de areia e húmus na proporção de 2:1, onde permaneceram por cinco dias.

As plântulas foram, então, repicadas para vasos contendo seis quilos do substrato descrito anteriormente ao qual foram adicionados 4,0 g de calcário dolomítico e 4,0 g de FTE BR-12, equivalente a 1,05 t ha⁻¹. Um mês após o plantio do pau-branco, foi adicionada, em cada vaso, uma

solução contendo 5,0 g de NPK para 200 ml de água, correspondendo a 1,3 t ha⁻¹. Uma segunda adubação com a mesma quantidade de NPK (10:10:10) foi realizada antes de semear o milho (*Zea mays* L. var. catingueiro), a fim de evitar competição por nutrientes.

As plantas de pau-branco cresceram nos vasos por um período de cinco meses até atingirem a altura média de 40cm, quando as plantas já estavam bem estabelecidas, e então, fez-se o plantio do milho. Foram semeadas três sementes de milho por vaso, na profundidade de três centímetros, a uma distância de 10 cm do caule das plantas de pau-branco, para os tratamentos nos quais as espécies estariam em associação, e em posição central nos vasos destinados ao cultivo isolado. A retirada de duas plantas de milho foi feita uma semana após a germinação, a fim de evitar competição intraespecífica.

Os tratamentos foram denominados tendo como referência a presença ou ausência de associação entre as duas espécies e os dois níveis de umidade utilizados, conforme Figura 1.

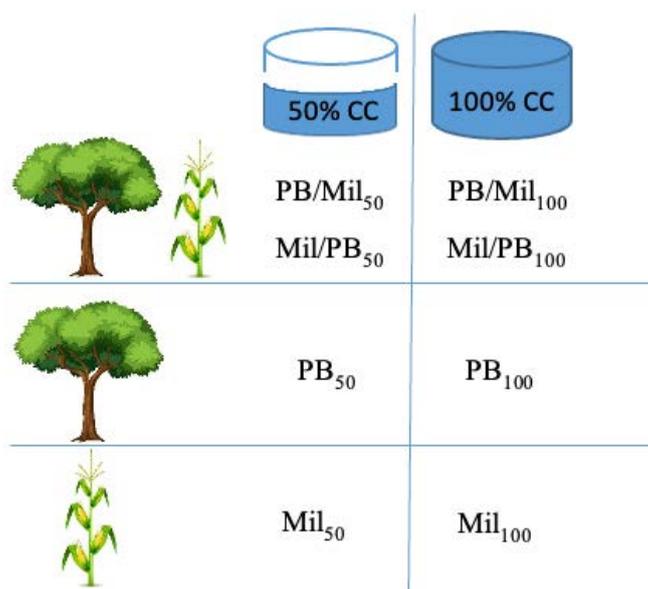


Figura 1. Designação dos tratamentos do pau-branco (PB) e do milho (Mil) desenvolvendo-se em associação ou isoladamente sob 50% ou 100% da capacidade de campo (CC).

A capacidade de campo (CC) foi considerada como a quantidade de água retida no solo após o excesso ter sido drenado e a taxa de movimento descendente ter decrescido acentuadamente. A CC foi determinada gravimetricamente após umedecimento dos vasos até a saturação do solo e drenagem livre até cessar o escoamento da água, do qual se obteve o valor de 20%.

Esse percentual e 10% foram considerados, respectivamente, como a umidade do solo nos tratamentos 100% e 50% da CC, controlada durante a condução do experimento por meio de sensores de umidade (ECH₂O, Decagon Devices, WA, USA) instalados nos vasos, após calibração. A água evapotranspirada foi reposta em dias alternados, visando manter a umidade do solo de acordo com os tratamentos definidos. O início dos tratamentos quanto à umidade aconteceu sete dias após a germinação do milho, quando se deu início à contagem dos dias do experimento.

As avaliações de fotossíntese (*A*), condutância estomática (*gs*) e transpiração (*E*) foram realizadas 15 dias (C1) e 30 dias (C2) após o início dos tratamentos quanto ao nível de umidade,

nos horários de 10 às 11h, em junho, e entre 11 e 12h em julho. Para estas avaliações utilizou-se um analisador de gás infravermelho (IRGA) (LI-6400, LI-COR Biosciences, USA), sob condições de temperaturas e umidade do ambiente. Radiação artificial de $1.600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi utilizada para evitar diferenças momentâneas entre os tratamentos. A eficiência no uso da água (EUA) foi calculada pela razão entre fotossíntese e transpiração.

Para obtenção da massa fresca, os exemplares de milho e pau-branco foram coletados após os registros fisiológicos, pesados, separando-se raízes, caule/colmo e folhas. Logo após a coleta, as folhas foram medidas para obtenção da área foliar (LI-3100, LI-COR Biosciences, USA). O material vegetal foi, então, seco em estufa com circulação de ar a 65°C até peso constante, obtendo-se, assim, a massa seca. As taxas de crescimento absoluto (TCA) foram calculadas pela equação: $TCA = (Wt_2 - Wt_1)/(t_2 - t_1)$, onde Wt_2 e Wt_1 são as massas secas totais de duas amostras sucessivas e $t_2 - t_1$ os dias decorridos entre as duas observações.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições em cada coleta, adotando-se o esquema fatorial completo $2 \times 2 \times 2$ (espécies \times associação \times níveis de irrigação). Os dados de massa seca, área foliar e taxas de crescimento foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey com 5% de probabilidade. Os dados fisiológicos são apresentados por meio de estatística descritiva (média \pm erro padrão), em gráficos de barras construídos com o software Microcal Origin™.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pau-branco apresentou maiores condutância estomática (gs), transpiração (E) e fotossíntese (A) quando isolado ou associado com maior teor de umidade (PB_{100} e PB/Mil_{100}), tanto na primeira quanto na segunda coleta (Figura 2 A, C e E). O milho apresentou comportamento semelhante, com exceção do tratamento Mil/PB_{100} na C1, cuja gs e A foram semelhantes aos tratamentos a 50% da CC (Figura 2 B, D e F).

Esses dados acenam para o entendimento de que a associação promove competição apenas quando o nível de umidade do solo é baixo. Em campo, Lott *et al.* (2003) observaram que árvores jovens de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. apresentavam maior perda de água por transpiração quando se desenvolviam isoladamente do que em SAF envolvendo grevilea e milho.

Dessa forma, a associação pode até mesmo auxiliar na manutenção do equilíbrio hídrico das espécies associadas, o que também é evidenciado pelos menores valores em gs , A e E observados em Mil_{50} na C2 (Figura 2 B, D e F). Nesse sentido, é possível que a maior cobertura do solo com as duas plantas diminua a evaporação da água do solo. Por outro lado, uma proximidade grande das duas plantas pode levar à competição, tanto por água, uma vez que as raízes se sobrepõem, quanto por luz, uma vez que as folhas estão próximas (Mugi-Ngenga *et al.*, 2023).

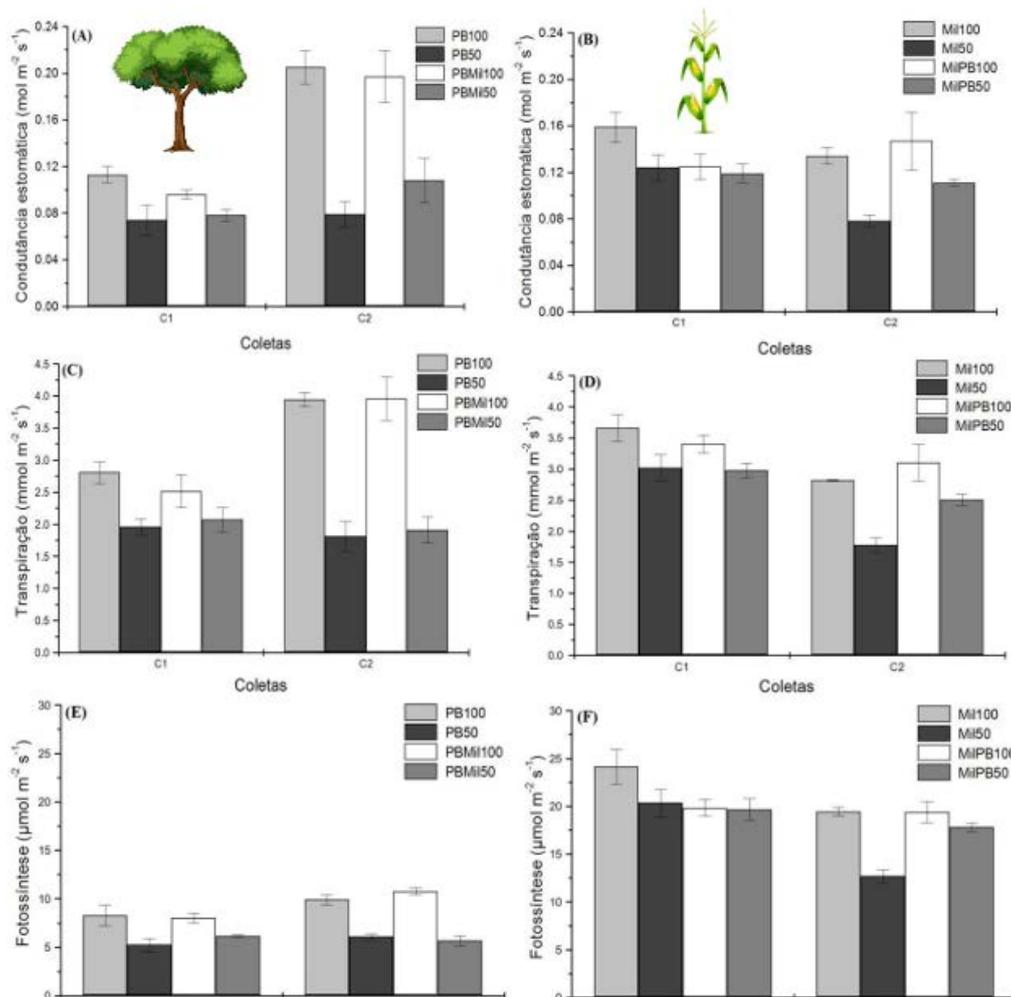


Figura 2. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese líquida em folhas de pau-branco (*Cordia oncocalyx*) (A, C, E) e de milho (*Zea mays*) (B, D, F), isolados (PB; Mil) e associados (PB/Mil; Mil/PB), sob dois níveis de umidade: 100% e 50% da capacidade de campo. As barras representam o erro padrão.

O pau-branco apresentou elevadas taxas de transpiração para baixas taxas de fotossíntese, o que fez com que a espécie apresentasse eficiência no uso da água (EUA) reduzida em comparação com o milho (Figuras 2 C, 3 A). Essas diferenças estão associadas ao tipo de ciclo de fixação de carbono, que é distinto entre espécies denominadas C₃, como o pau-branco, e C₄, como o milho, em decorrência da presença de bainha vascular e ausência de fotorrespiração em plantas C₄. Plantas que apresentam ciclo C₄ mantêm altas taxas de assimilação de CO₂, o que lhes confere maior eficiência intrínseca no uso da água e uma tendência a ocupar ambientes mais secos do que as plantas com ciclo C₃ (Muthuri *et al.*, 2009).

A eficiência no uso da água diferiu entre os tratamentos a 100% e a 50% da CC na C2, sendo maior naqueles a 50% da CC, tanto para o pau-branco quanto para o milho (Figura 3 A, B). Plantas de milho desenvolvendo-se sob estresse hídrico podem apresentar maior eficiência no uso da água (Gao *et al.*, 2024), uma vez que a EUA comumente aumenta com o declínio do teor de água no solo (Muthuri *et al.*, 2009). A ausência de diferenças na EUA entre os tratamentos de milho na C1 indica que as plantas não entram em competição antes de decorridos 15 dias, indicando que o teor de água no solo é suficiente para suprir a demanda das plantas.

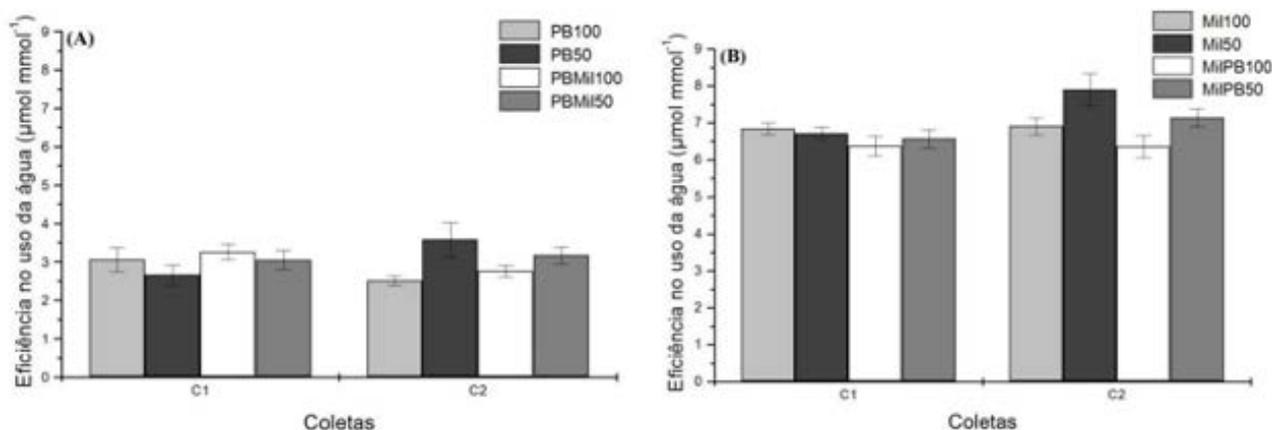


Figura 3. Eficiência no uso da água de A) pau-branco (*Cordia oncocalyx*) e B) milho (*Zea mays*), isolados (PB; Mil) e associados (PB/Mil; Mil/PB), sob dois níveis de umidade: 100% e 50% da capacidade de campo. As barras representam o erro padrão.

A massa seca total (MST) do pau-branco não aumentou da primeira pra segunda coleta nos tratamentos com umidade reduzida, mas aumentou nos tratamentos com umidade plena (Tabela 1), independente da associação, mostrando que o principal fator afetando esse parâmetro foi o teor de água. Já a área foliar para a espécie arbórea foi sensível tanto ao nível de umidade quanto à associação, de forma que o tratamento com as plantas associadas sob déficit hídrico apresentou o menor valor (889,3cm²).

Já o milho teve a massa seca e a área foliar afetadas tanto pela associação quanto pelo teor de água do solo, sendo os melhores resultados observados no tratamento associado com o PB na capacidade de vaso e os piores resultados quando estava associado e sob déficit hídrico (Tabela 1). Crescimento praticamente estagnado e acentuado declínio da biomassa total, além de perda de folhas, parada no crescimento e morte das plantas são consequências do estresse hídrico severo (Li *et al.*, 2011). Asch *et al.* (2005) também registraram que plantas em vasos com umidade mantida em 50% da capacidade de campo apresentaram massa seca total bem inferior à das plantas desenvolvidas na capacidade de campo.

A redução na área foliar, como aconteceu com o pau-branco nos tratamentos a 50% da capacidade de campo, em decorrência da abscisão de folhas maduras e da redução na expansão foliar, constitui-se como uma estratégia para manter o conteúdo relativo de água (Li *et al.* 2011).

Tabela 1. Massa seca total (MST) e área foliar (AF) do pau-branco (*Cordia oncocalyx*) e do milho (*Zea mays*), isolados e associados (PB/Mil; Mil/PB), em umidade do solo a 100% e a 50% da capacidade de campo.

Tratamento	Primeira coleta (C1)		Segunda coleta (C2)	
	MST (g)	AF (cm ²)	MST (g)	AF (cm ²)
Pau-branco				
PB ₁₀₀	24,51 ^{aB}	2.120,7 ^{aA}	35,46 ^{aA}	2.586,7 ^{aA}
PB ₅₀	20,96 ^{aA}	1.407,4 ^{bA}	21,85 ^{cA}	1.458,0 ^{bcA}
PB/Mil ₁₀₀	27,49 ^{aB}	2.302,2 ^{aA}	31,54 ^{bA}	1.781,6 ^{bA}
PB/Mil ₅₀	21,78 ^{aA}	1.474,7 ^{bA}	22,47 ^{cA}	889,3 ^{cB}

Milho				
Mil ₁₀₀	6,22 ^{ab}	1.476,9 ^{aB}	14,23 ^{aA}	2.187,2 ^{aA}
Mil ₅₀	5,65 ^{ab}	1.298,4 ^{aB}	9,86 ^{bA}	1.698,4 ^{bA}
Mil/Pb ₁₀₀	2,88 ^{bb}	678,3 ^{bb}	6,15 ^{cA}	1.334,7 ^{bcA}
Mil/PB ₅₀	2,30 ^{bb}	464,4 ^{bb}	4,08 ^{cA}	906,0 ^{cA}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre os tratamentos e de letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre coletas pelo teste de Tukey (p>0,05, n = 5).

A associação e o nível de umidade do solo afetaram a taxa de crescimento absoluto (TCA) do pau-branco e do milho, a qual representa o ganho de biomassa diário, e levaram os dois tratamentos com as plantas associadas a apresentarem baixo crescimento diário (Tabela 2). Porém, o efeito do nível de água afetou de maneira mais acentuada o ganho de biomassa, de forma que até mesmo o pau-branco isolado apresentou baixa TCA quando o nível de umidade foi de 50%.

O pau-branco e o milho associados em umidade do solo a 50% da capacidade de campo apresentaram TCA 93,7% e 77,7% menores do que isolados na capacidade de campo, respectivamente, mostrando que com a associação em nível reduzido de umidade o pau-branco é mais prejudicado que o milho. Esse resultado pode estar associado à fisiologia do pau-branco, o qual apresentou fotossíntese e eficiência no uso da água menores do que o milho.

Tabela 2. Taxa de crescimento absoluto (TCA) do pau-branco (*Cordia oncocalyx*) e do milho (*Zea mays*), isolados (PB; Mil) e associados (PB/Mil; Mil/PB), em umidade do solo a 100% e a 50% da capacidade de campo.

Tratamentos do Pau-Branco	
PB ₁₀₀	0,728 ^a
PB ₅₀	0,059 ^c
PB/Mil ₁₀₀	0,269 ^b
PB/Mil ₅₀	0,046 ^c
Tratamentos do Milho	
Mil ₁₀₀	0,534 ^a
Mil ₅₀	0,282 ^b
Mil/PB ₁₀₀	0,218 ^b
Mil/PB ₅₀	0,119 ^c

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre os tratamentos e de letras maiúsculas iguais não diferem entre coletas pelo teste de Tukey (p>0,05, n = 5).

CONCLUSÃO

Pau-branco e milho são afetados pela associação quando em umidade reduzida do solo, mostrando haver competição entre essas espécies. Assim, denota-se que, se em sistemas agroflorestais o milho for plantado próximo às árvores, este poderá ser prejudicado, inclusive, mais acentuadamente nos momentos que a umidade do solo esteja num nível que não supra a demanda dos processos fisiológicos da planta.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M.I.; MAIA, S.M.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO-FILHO, J.A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.3, p.270-278, 2006.
- ASCH, F.; DINGKUHN, M.; SOW, A.; AUDEBERT, A. Drought-induced changes in rooting patterns and assimilate partitioning between root and shoot in upland rice. **Field Crops Research**, v.93, n.2-3, p.223-236, 2005.
- CANNEL, M.G.R.; VAN NOORDWIJK, M.; ONG, C.K. The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire. **Agroforestry Systems**, v.34, p.27-31, 1996.
- CONSELHO DE INFORMAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS – CIB. **Guia do milho: tecnologia do campo à mesa**. 2006. Disponível em: <https://chilebio.cl/wp-content/uploads/2015/09/Guia-do-Milho-%E2%80%93-Tecnologia-do-Campo-%C3%A0-Mesa.pdf>. Acesso em 08 jul. 2024.
- COSTA, G.S.; FRANCO, A.A.; DAMASCENO, R.N.; FARIA, S.M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5, p.919-927, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.
- GAO, J.; NINGGANG, L.; WANG, X.; NIU, Z.; LIAO, Q.; DING, R.; DU, T.; KANG, S.; TONG, L. Maintaining grain number by reducing grain abortion is the key to improve water use efficiency of maize under deficit irrigation and salt stress. **Agricultural Water Management**, v.294, 108727, 2024.
- GAO, Y.; DUAN, A.; SUN, J.; LI, F.; LIU, Z.; LIU, H.; LIU, Z. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. **Field Crops Research**, v.111, n.1-2, p.65-73, 2009.
- HEINEMAN, A.M.; OTIENO, H.J.O.; MENGICH, E.K.; AMADALO, B.A. Growth and yield of eight agroforestry tree species in line plantings in Western Kenya and their effect on maize yields and soil properties. **Forest Ecology and Management**, v.91, n.1, p.103-135, 1997.
- LI, F.-L.; WEI-KAI, B.; NING, W. Morphological, anatomical and physiological responses of *Campylotropis polyantha* (Franch.) Schindl. seedlings to progressive water stress. **Scientia Horticulturae**, v.127, n.3, p.436-443, 2011.
- LOTT, J.E.; KHAN, A.A.H.; BLACK, C.R.; ONG, C.K. Water use in a *Grevillea robusta*–maize overstorey agroforestry system in semi-arid Kenya. **Forest Ecology and Management**, v.180, n.1-3, p.45-59, 2003.

MAKUMBA, M.; JANSSEN, B.; OENEMA, O.; AKINNIFESI, F.K.; MWETA, D.; KWESIGA, F. The long-term effects of a gliricidia–maize intercropping system in Southern Malawi, on gliricidia and maize yields, and soil properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.116, n.1-2, p.85-92, 2006.

MCINTYRE, B.D.; RIHA, S.J.; ONG, C.K. Competition for water in a hedge-intercrop system. **Field Crops Research**, v.52, n.1-2, p.151-160, 1997

MENDES, M.M.S.; LACERDA, C.F.; CAVALCANTE, A.C.R.; FERNANDES, F.E.P.; OLIVEIRA, T.S. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.10, p.1342-1350, 2013.

MUGI-NGENGA, E.; BASTIAANS, L.; ANTEN, N.P.R.; ZINGORE, S.; BAIJUKYA, F.; GILLER, K.E. The role of inter-specific competition for water in maize-legume intercropping systems in northern Tanzania. **Agricultural Systems**, v.207, 103619, 2023.

MUTHURI, C.W.; ONG, C.K.; CRAIGON, J.; MATI, B.M.; NGUMI, V.W.; BLACK, C.R. Gas exchange and water use efficiency of trees and maize in agroforestry systems in semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.129, n.4, p.497-507. 2009.

SILVA, G.L.; LIMA, H.V.; CAMPANHA, M.M.; GILKES, R.J.; OLIVEIRA, T.S. Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in Brazilian semi-arid region. **Geoderma**, v.167-168, p.61-70, 2011.

CAPÍTULO 7

INTERAÇÕES TRITRÓFICAS ENTRE FRUTOS HOSPEDEIROS, MOSCAS-DAS- FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) E PARASITOIDES EM UMA ÁREA DE TRANSIÇÃO CERRADO- CAATINGA, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS-PI

Luciana Barboza Silva

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7127-600X>.

Edineia da Silva Araújo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5552-3410>

Thayline Rodrigues de Oliveira

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4195-6995>

Ricardo Fialho De Jesus

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5074-9288>

Bruno Ettore Pavan

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6487-5135>

José Wellington Batista Lopes

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1340-9983>

Gleidyane Novais Lopes

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1455-3760>

DOI: 10.52832/wed.122.759

RESUMO

As moscas-das-frutas constituem o grupo de insetos de maior importância para a fruticultura, não só pelos danos diretos, no campo, em determinadas regiões, mas também em decorrência das barreiras quarentenárias impostas pelos países importadores da fruta *in natura*. Essa pesquisa foi conduzida para caracterizar a distribuição espacial e associações das moscas-das-frutas com seus parasitoides e plantas hospedeiras no município de Bom Jesus-PI. As moscas foram obtidas por meio de coletas de frutos maduros ou em fase de amadurecimento, aleatoriamente, em diferentes alturas no período de julho de 2018 a maio de 2019. Os materiais coletados foram levados para o laboratório de proteção de plantas da Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE) para posterior identificação das moscas-das-frutas, parasitoides e das plantas hospedeiras. Foram identificadas seis espécies de moscas-das-frutas: *Anastrepha obliqua*, *Anastrepha fraterculus*, *Anastrepha alveata*, *Anastrepha sororcula*, *Anastrepha zenilidae* e *Ceratitis capitata*. *A. obliqua* foi a espécie que apresentou uma maior distribuição em toda área de ecótono. *Ceratitis capitata* está distribuída apenas no perímetro urbano. Dentre os parasitoides, cinco espécies foram identificadas: *Asobara anastrephae*, *A. obliqua* e *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae), *Spalangia* sp. e *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae). Com relação às espécies vegetais, 29 foram levantadas, mas apenas 13 foram colonizadas por moscas-das-frutas. A relação tritrófica ocorreu entre *Asobara anastrephae* e *A. obliqua* associado a *Spondias mombin* e *S. tuberosa*. Enquanto *Opius* sp. esteve associado com *A. alveata* em *Ximenia americana*, *Spondias mombin* e *S. tuberosa*. A área de ecótono apresentou a maior riqueza de espécies, indicando que por ser uma área mais úmida pode fornecer mais recursos para a manutenção desses insetos. A associação de *A. anastrephae* foi restrita a *A. obliqua* coletada em plantas de cajá e umbu. *Ceratitis capitata* é registrada pela primeira vez no estado do Piauí em *Inga laurina*. Registra-se a primeira ocorrência de *Spalangia* sp. em *A. obliqua* no Piauí. As moscas-das-frutas estão associadas a frutíferas nativas (umbu, cajá, ciriguela, araçá, ingá, ameixa silvestre) e cultivadas (acerola, carambola, goiaba).

Palavras-chave: *Ceratitis capitata*. *Anastrepha*. Inventário faunístico. Sistema de informação geográfica.

INTRODUÇÃO

A distribuição espacial de espécies fornece uma base para definir estratégias no manejo de populações de táxons considerados pragas. Além disso, essas informações podem ajudar os produtores na tomada de decisões sobre o controle populacional de maneira mais sustentável (Nicácio *et al.*, 2019). A incorporação de estudos sobre a distribuição espacial em programas de controle populacional das moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) pode melhorar a eficácia das medidas de controle e reduzir os custos de gerenciamento para a produção de frutas e hortaliças.

Estudos sobre distribuição espacial podem fornecer informações aos produtores sobre quando espécies de insetos se encontram ativas e quando as intervenções (por exemplo, emprego de

inseticidas) podem ser necessárias (Arbab; Mirphakhar, 2016). As moscas-das-frutas estão entre os insetos mais prejudiciais às frutas comerciais, devido ao desenvolvimento de suas larvas dentro do fruto, favorecida pelas condições climáticas (Garcia *et al.*, 2017). Estudos sobre moscas-das-frutas e suas plantas hospedeiras são importantes, pois a distribuição geográfica das espécies de moscas-das-frutas está relacionada com a distribuição dos frutos hospedeiros. De acordo com Zucchi (2000), estudos sobre moscas-das-frutas no Brasil foram realizados principalmente através da utilização de armadilhas com atrativo alimentar.

O conhecimento do padrão de infestação por moscas-das-frutas numa região auxilia os produtores a definirem estratégias que priorizem surtos de infestação, pois as moscas-das-frutas são um grande problema na produção de frutas e hortaliças em todo o mundo (Nicácio *et al.*, 2019). Os gêneros que compreendem as espécies de maior importância econômica são *Anastrepha* Schiner, 1868 e *Ceratitis* MacLeay, 1829 (Leite *et al.*, 2017). As espécies destes grupos são conhecidas por sua capacidade de se alimentar de um grande número de plantas hospedeiras (Uchoa, 2012).

Estudos sobre análise espaço-temporal tem como objetivo monitorar mudanças na distribuição espacial de populações de moscas-das-frutas ao longo do tempo e fornece informações sobre a planta hospedeira e o local onde uma determinada espécie está incidindo (Midgarden *et al.*, 2014; Enkerlin *et al.*, 2015). É possível realizar diferentes tipos de análise espaço-temporal, incluindo tendências, pré e pós, sendo que as tendências indicam se a população está aumentando ou diminuindo ou a direção e padrão do movimento dos insetos; enquanto padrões pré e pós mostram condições antes e depois de um evento ou ação como uma aplicação de inseticida, por exemplo e tentar avaliar esse impacto (Garcia *et al.*, 2017).

Uma das principais formas de controle dos tefritídeos (moscas-das-frutas) é o uso de inseticidas, entretanto, para se estabelecer um sistema sustentável de manejo integrado de insetos, é fundamental conhecer os parasitoides himenópteros (como as vespas), considerados por muitos pesquisadores como os mais importantes inimigos naturais das moscas-das-frutas, em diversas partes do mundo (Aluja *et al.*, 2014). A composição das espécies de parasitoides de uma região pode variar consideravelmente, dependendo de uma série de fatores como: clima, diversidade de espécies de moscas-das-frutas, frutífera infestada, entre outros aspectos (Araujo *et al.*, 2015). As informações sobre a diversidade, a distribuição geográfica dos parasitoides e seus hospedeiros são escassas, necessitando de informações sobre a relação (fruto hospedeiro/moscas-das-frutas/parasitoides).

Diante do exposto o objetivo desta pesquisa foi avaliar a distribuição espacial e as associações das moscas-das-frutas com seus parasitoides em plantas hospedeiras no município de Bom Jesus-PI. A área do estudo é considerada um ecótono, devido à coexistência de espécies de plantas das fitofisionomias do Cerrado em interface com plantas das fitofisionomias da Caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Esta pesquisa foi conduzida no município de Bom Jesus-PI (09°04'28" S, 44°21'31" W; 277 m) (Figura 1), que integra a região do Semiárido Piauiense, no período de julho de 2018 a maio de 2019. O clima é quente e úmido, classificado como Aw, tropical chuvoso com estação seca no inverno, na classificação de Köppen, com precipitação média entre 900 a 1200 mm ano⁻¹ e temperatura média de 26,2 °C (Inmet, 2019).

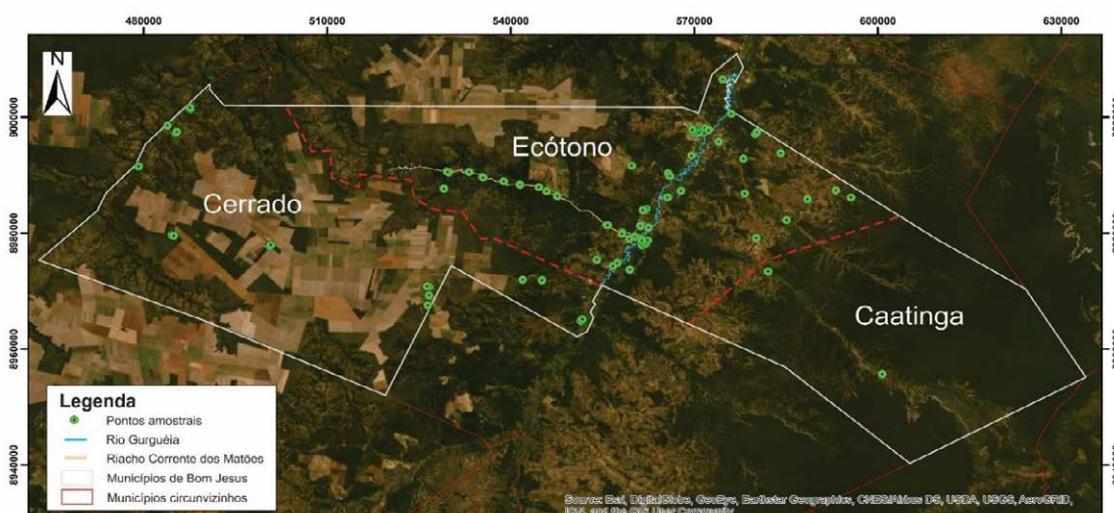


Figura 1. Área do inventário sobre moscas-das-frutas, mostrando a distribuição dos pontos de amostragem e os principais ambientes característicos da região no Município de Bom Jesus-PI. Fonte: Autoria própria (2023)

Nesta região, a elevada heterogeneidade espacial e ambiental se apresenta como um complexo mosaico de tipos vegetacionais, que vão desde os mais secos, como a caatinga, com vegetação de porte pequeno, árvores e arbustos espinhosos e algumas cactáceas, euforbiáceas, bromeliáceas e leguminosas, com plantas adaptadas para suportar a falta de água. Apresenta também áreas de cerrado, com grandes arbustos e árvores esparsas, de galhos retorcidos e raízes profundas (Souza *et al.*, 2017). Inclui ainda uma ampla faixa com vegetação de transição (ecótono) cerrado-caatinga e, devido à heterogeneidade ambiental, sua cobertura vegetal forma um complexo mosaico de tipos vegetacionais (Macedo *et al.*, 2019). Na área de ecótono está presente a microbacia riacho Corrente dos Matões, com presença de mata ciliar (Paula-Filho *et al.*, 2012), e a bacia do rio Gurgueia, com mata ciliar por todo o seu curso.

Coleta de frutos e moscas-das-frutas

As moscas foram obtidas por meio da coleta dos frutos maduros retirados da copa das árvores, em diferentes alturas, e do chão, desde que em boas condições de conservação e sem os orifícios de saída de larvas. As coletas foram realizadas semanalmente (de julho de 2018 a maio de 2019). Em cada coleta os frutos foram acondicionados em bandejas plásticas e transportados ao Laboratório de Proteção de Plantas da Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE), em seguida quantificados,

pesados individualmente, etiquetados e acondicionados em recipientes plásticos contendo areia autoclavada e fechados com tecido *voil*.

As bandejas foram mantidas em sala com temperatura ambiente. A triagem dos frutos e da areia foi realizada, entre 10 e 15 dias, e os pupários (insetos em fase larval) foram transferidos para copos transparentes de acrílico contendo areia esterilizada para emergência dos adultos, onde ficaram por 20 dias. Os insetos emergidos foram acondicionados em frascos de vidro, devidamente etiquetados, contendo etanol 70%, para posterior identificação.

Identificação das moscas-das-frutas, parasitoides e plantas hospedeiras

As moscas-das-frutas foram identificadas em nível de espécie com base nos caracteres morfológicos das fêmeas, principalmente, no exame ventral do acúleo, de acordo com Zucchi (2000).

Os parasitoides foram identificados ao nível de espécie por caracteres morfológicos, como coloração do ápice da antena, tibia e mandíbulas, pelo pesquisador Dr. Jorge Anderson Guimaraes, da Embrapa de Hortaliças - DF. Todos os espécimes estão depositados no Laboratório de Zoologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE).

Para a identificação das espécies vegetais, foram coletados ramos contendo estruturas reprodutivas (flores e frutos); o material foi conservado o mais completo possível e posteriormente herborizado, segundo técnicas habituais de montagem e preservação (Mori *et al.*, 1989; Judd *et al.*, 2009). A identificação foi realizada pelo Prof. Dr. Marcelo Sousa Lopes, da Universidade Federal do Piauí-UFPI/CPCE. A identificação dos indivíduos desconhecidos foi feita por meio de comparação com exemplares do acervo do Herbário Graziela Barroso (TEPB), bem como do site INCT (2019), sendo utilizadas chaves analíticas (Joly, 1975; Barroso, 1984; Luz *et al.*, 2019) e arquivo bibliográfico (IBPGR, 1986; Almeida *et al.*, 1998; BFG, 2015; Braga, 1953; Lorenzi, 2008; 2009; Souza; Lorenzi, 2008; Pereira *et al.*, 2014; Lorenzi *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2018).

O sistema de classificação adotado para as plantas foi o de APG IV (2016) e a abreviação dos nomes dos autores das espécies seguiu o mesmo empregado no site do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Projeto Flora do Brasil 2020). Após a devida identificação, os espécimes foram registrados no banco de táxons do SISGEN (Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado), bem como na coleção de exsicatas do herbário dos *Campi* da UFPI em Bom Jesus e Teresina.

Confecção dos mapas

Para verificar os padrões de distribuição espacial das espécies de moscas-das-frutas foram realizadas análises utilizando o método de Diagrama de Voronoi para delimitar as áreas representativas dos pontos de coletas (Feng; Murray, 2018). Para cada variável analisada foi gerado um mapa com as definições das áreas representativas de cada ponto amostral. Depois foram cruzados os mapas (somatório dos fatores) para determinação dos locais de ocorrência das moscas-das-frutas, parasitoide, planta hospedeira e a relação entre eles, utilizando-se o *software* ArcGis (Esri, 2022). Isso foi realizado

para se observar, ao longo do tempo, os padrões de dispersão das espécies de mosca-das-frutas em Bom Jesus-PI.

RESULTADOS

Distribuição Espacial

Neste estudo foi avaliada a distribuição de plantas potenciais hospedeiras das moscas-das-frutas com seus parasitoides associados no município de Bom Jesus, sendo registradas as interações tritróficas entre as respectivas espécies (Figura 2). Cada espécie vegetal, de um total de 29 amostradas, foi enumerada para facilitar a sua identificação espacial no mapa (Figura 2A).

A distribuição das espécies de moscas-das-frutas ficou restrita às margens do rio Gurgueia e nas proximidades da Serra das Confusões (região leste do município) (Figura 2B). As espécies obtidas foram: *Anastrepha alveata*, *A. obliqua*, *A. fraterculus*, *A. sororcula*, *A. zenildae* e *Ceratitis capitata*, sendo que *A. obliqua* apresentou ampla distribuição, infestando sete diferentes frutíferas: *Spondias mombin*, *S. tuberosa*, *S. purpúrea*, *Averrhoa carambola*, *Anacardium occidentale*, *Psidium guajava* e *Mangifera indica* (Figura 2B e 2A).

As demais espécies de moscas-das-frutas ocorreram em pontos restritos: *Anastrepha zenildae* - em área de Cerrado (infestando uma espécie vegetal ainda não identificada). *Anastrepha sororcula* - na bacia riacho Corrente do Matões, infestando araquá (*Psidium acutangulum*); *A. alveata* - em área de ecótono, infestando ameixa-silvestre (*Xinemia americana*). *Anastrepha fraterculus* infestou três espécies de frutíferas: *Mouriri pusa*, *S. purpurea* e *Psidium guajava*, todas na área de ecótono (Figura 2A e 2B).

Foram identificadas quatro espécies de parasitoides associados às moscas-das-frutas: *Asobara anastrephae*, *Opius* sp., *Pachycrepoideus vindemmia* e *Spalangia* sp. Dentre estas espécies: *Opius* sp., *A. anastrephae* e *Spalangia* sp. ocorreram na área de ecótono. As demais espécies estão distribuídas em pontos centrais (especificamente às margens do rio) (Figura 2C). *Pachycrepoideus vindemmia* ocorreu em duas áreas: ecótono e ambiente urbano. A ocorrência dos parasitoides foi mais restrita à região de ecótono, no entorno da bacia do rio Gurgueia e riacho Corrente dos Matões, localizados na região central do mapa (Figura 2C).

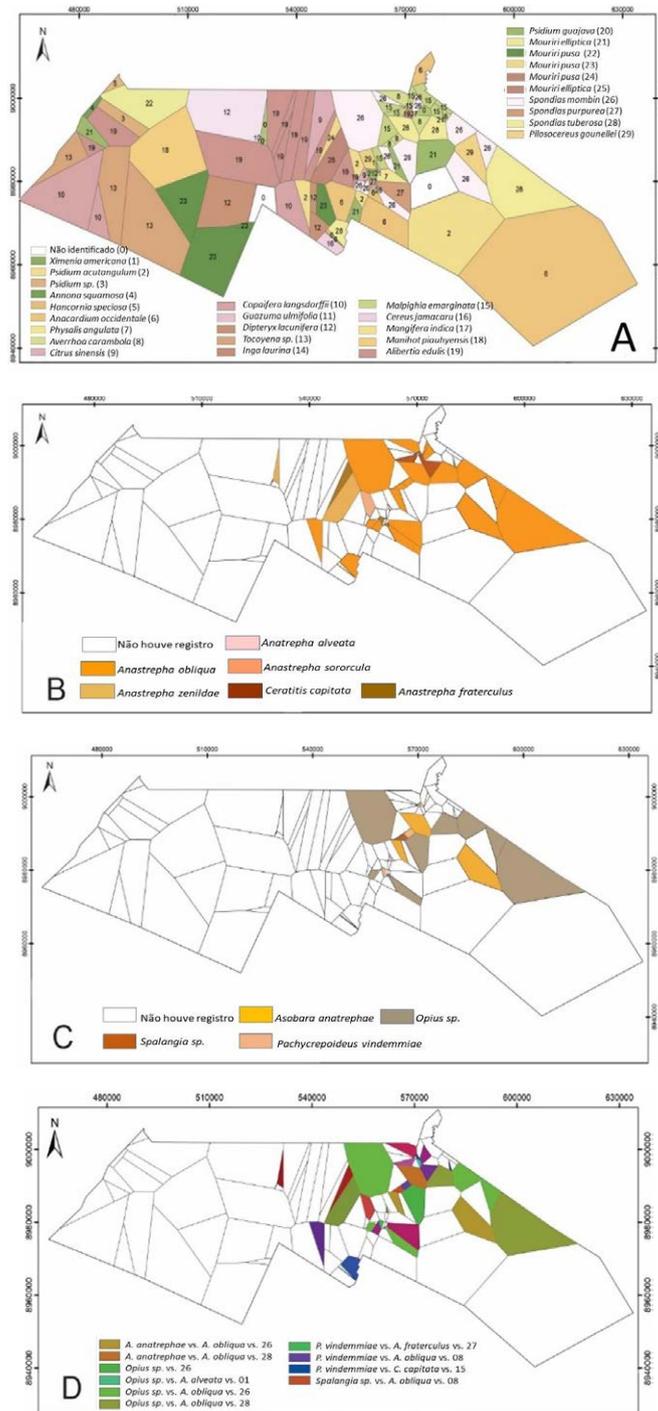


Figura 2. Distribuição espacial das plantas frutíferas (A), moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) (B), parasitoides (Hymenoptera) (C) e relação tritrófica em amostragem de frutos nativos e cultivados (D) no município de Bom Jesus-PI. Fonte: Autoria própria (2023)

Interações tritróficas: moscas-das-frutas, parasitoides e plantas hospedeiras

Das espécies de parasitoides, *A. anastrephae* é restrita a *A. obliqua* (mosca-da-fruta) coletada em plantas de *S. mombin* e *S. tuberosa*. *Opius* sp. ocorreu em *A. obliqua* em frutos de *S. mombin* e *S. tuberosa* e em *A. alveata* associado a *Ximenia americana*. *Spalangia* sp. ocorreu apenas em *A. obliqua* em frutos de *Averrhoa carambola*. *Pachycrepoideus videmmiai* atacou *C. capitata* (mosca da fruta), em frutos de *Malpighia emarginata*, e *A. obliqua* em *S. purpurea*. Das quatro espécies de parasitoides registradas, todas parasitaram *A. obliqua*, duas dessas espécies foram obtidas nas mesmas plantas hospedeiras: *A. anastrephae* e *Opius* sp. em *Spondias mombin* e *Spalangia* sp. e *P. videmmiai* em frutos de *A. carambola* (Quadro 1, Figura 2D).

Das 29 espécies de plantas frutíferas amostradas, somente 13 foram colonizadas por moscas-das-frutas. Dessas, nove foram infestadas exclusivamente pelas espécies de *Anastrepha* e cinco por *C. capitata*. *Mangifera indica*, *Malpighia emarginata* e *A. carambola* são plantas frutíferas exóticas, enquanto *Spondias purpurea* e *Inga laurina* são nativas. A família Anacardiaceae apresentou maior número de espécies com frutos infestados, seguida de Myrtaceae e Malpighiaceae (Quadro 1).

Quadro 1. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), parasitoides (Hymenoptera) e frutíferas hospedeiras (nativas e cultivadas) amostrados em diferentes ambientes do município de Bom Jesus-PI (julho de 2018 a maio 2019).

Famílias de Plantas	Espécies de Plantas	Espécies de moscas-das-frutas	Espécies de parasitoides	Ambientes de Ocorrência
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	<i>Anastrepha fraterculus</i> <i>Anastrepha obliqua</i>	-	Ecótono
	<i>Psidium acutangulum</i>	<i>Anastrepha sororcula</i>	-	Ecótono
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	<i>Anastrepha obliqua</i>	-	Ecótono
		<i>Anastrepha fraterculus</i>		Ecótono
		<i>Ceratitis capitata</i>		Urbano
	<i>Spondias tuberosa</i>	<i>Anastrepha obliqua</i>	<i>Asobara anastrephae</i> <i>Opius</i> sp.	Ecótono
<i>Spondias mombin</i>	<i>Anastrepha obliqua</i>	<i>Asobara anastrephae</i> <i>Opius</i> sp.	Ecótono Rio Gurguéia	
<i>Anacardium occidentale</i>	<i>Anastrepha obliqua</i>	-	Ecótono	
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i>	<i>Anastrepha alveata</i>	<i>Opius</i> sp.	Ecótono
Malpighiaceae	<i>Mangifera indica</i>	<i>Anastrepha obliqua</i>	-	Ecótono
		<i>Ceratitis capitata</i>		Urbano
	<i>Malpighia emarginata</i>	<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Pachycrepoideus videmmiai</i>	Urbano

Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i>	<i>Ceratitis capitata</i> <i>Anastrepha obliqua</i>	- <i>Pachycrepoideus vindemmiae</i> <i>Spalangia</i> sp.	Urbano Ecótono
Fabaceae	<i>Inga laurina</i>	<i>Ceratitis capitata</i>	-	Urbano
Não identificada*	Não identificada*	<i>Anastrepha zenildae</i>	-	Cerrado
Melastomataceae	<i>Mouriri pusa</i>	<i>Anastrepha fraterculus</i>	-	Ecótono

As interações tritróficas envolveram cinco espécies vegetais, três espécies de moscas-das-frutas e quatro espécies de parasitoides (Figura 3, Quadro 1). *Asobara anastrephae* e *Opius* sp. com *Anastrepha obliqua* em frutos de *Spondias mombin* (cajá) e *Spondias tuberosa* (umbu). *Opius* sp. também estava associado com *A. alveata* em frutos de *Ximenia americana* (ameixa-silvestre). *Pachycrepoideus vindemmiae* emergiu de três espécies de moscas-das-frutas: *C. capitata*, *A. obliqua* e *A. fraterculus*, associado com as frutíferas: *Malpighia emarginata* (acerola), *Averrhoa carambola* (carambola) e *Spondias purpurea* (seriguela). *Spalangia* sp. emergiu apenas de *A. obliqua* em fruto de *Averrhoa carambola* (Figura 3).

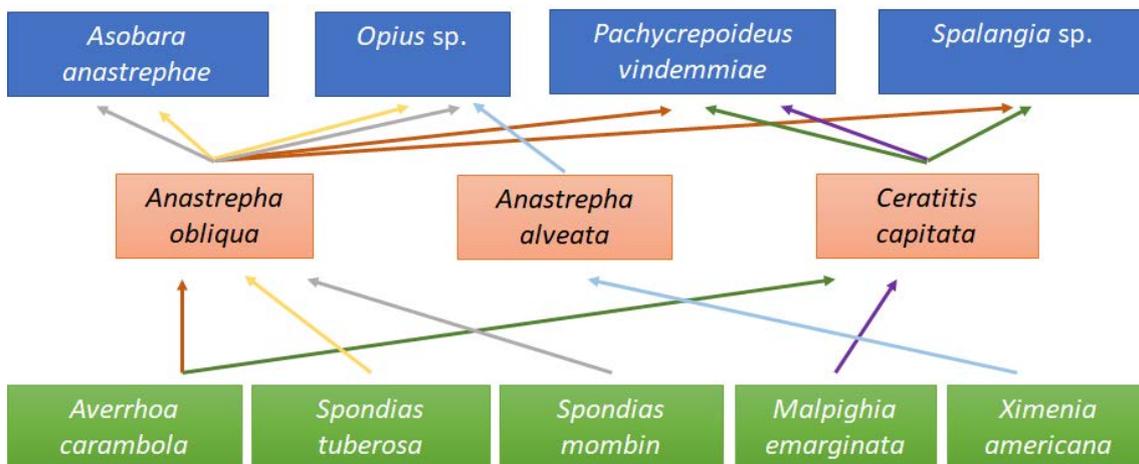


Figura 3. Interações tritróficas entre espécies vegetais frutíferas (verde), moscas-das-frutas (vermelho) e parasitoides (azul) no município de Bom Jesus – PI. Cada cadeia de interações está sequenciada por setas com a mesma coloração. Fonte: Autoria própria (2024).

Durante os dez meses de amostragens, foram identificados frutos infestados de agosto de 2018 a abril de 2019. O maior número de indivíduos de moscas-das-frutas foi obtido dos frutos nos meses de agosto e setembro de 2018 e janeiro a abril de 2019. A espécie, *A. obliqua* ocorreu no mês de agosto de 2018 e nos meses de janeiro a abril de 2019, mas com maior densidade populacional no mês de março, quando houve um maior acúmulo de chuvas; as principais plantas hospedeiras desta espécie foram o cajá e o umbu. *Anastrepha zenildae*, em outubro, *A. sororcula*, em novembro, *A. alveata*, em dezembro. *Anastrepha fraterculus* ocorreu nos meses de novembro, janeiro e março e *C. capitata* em agosto, setembro e outubro de 2018 e janeiro de 2019, sendo que no mês de agosto obteve-se um maior número de indivíduos coletados em plantas de acerola e carambola.

Foram coletados 4.005 frutos, pertencentes a 29 espécies com biomassa de 73,128kg, no município de Bom Jesus, PI. Desses, emergiram 1.711 espécimes de moscas-das-frutas pertencentes a seis espécies. Das moscas-das-frutas amostradas, *A. obliqua* e *C. capitata* foram as mais representativas em relação, *A. fraterculus*, *A. alveata*, *A. sororcula* e *A. zenilidae*. As plantas frutíferas de maior preferência por estas moscas foram *Malpighia emarginata*, *Spondias mombin* e *S. tuberosa*.

Das espécies identificadas a mais abundante foi *A. obliqua*, com frequência de 45,7% e *Ceratitidis capitata* com 39,3%. As outras espécies apresentaram baixa porcentagem de ocorrência: *A. fraterculus* - 2,8%, *A. sororcula* - 1,5%, *A. alveata* - 1,1% e *A. zenilidae* - 0,5%.

Das espécies de parasitoides, as frequências relativas foram de 5,2% para *Opius* sp. e 2,6% para *Asobara anastrephae*. As demais espécies apresentaram baixa frequência, *Pachycrepoideus vindemmiae* - 0,6% e *Spalangia* sp. - 0,1%.

DISCUSSÃO

A distribuição das moscas-das-frutas ocorreu em quase toda a área avaliada, com altas e baixas densidades, e teve maiores concentrações na área de ecótono (Figuras 1 e 2B). Essa distribuição está relacionada à ocorrência de diferentes plantas frutíferas (silvestres e exóticas), algumas delas consideradas hospedeiras preferenciais dos tefritídeos frugívoros, como *Spondias mombin* (Vayssières *et al.*, 2005; Sousa *et al.*, 2017). A posição geográfica da área (região úmida devido à presença do rio Gurguéia e do riacho Corrente dos Matões, com maior disponibilidade de recursos) também pode ter influenciado para esse resultado. Os tefritídeos frugívoros ocorrem em diferentes frutíferas, desde plantas exóticas como a carambola (*Averrhoa carambola*), quanto nas nativas como o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), endêmica da Caatinga (Santos *et al.*, 2012).

A distribuição de *Ceratitidis capitata* (mosca-do-mediterrâneo ou *medfly*) se restringiu ao perímetro urbano, associada a cinco espécies frutíferas. Essa espécie é uma praga chave nas culturas de frutas em muitas áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Foi possível observar a infestação de *C. capitata* em frutos de *Malpighia emarginata* e *Averrhoa carambola*, mas também infestando frutos de espécies nativas (*Spondias purpurea* e *Inga laurina*). Isto mostra a alta capacidade adaptativa desta espécie, a qual está em constante expansão populacional, devido à invasão de novas áreas geográficas, infestando diferentes hospedeiros (Sciarretta *et al.*, 2011; 2014).

Ceratitidis capitata é uma espécie considerada cosmopolita e polífaga; infesta diferentes frutíferas (Zucchi; Moraes, 2012). No Piauí, há registro desta espécie em frutos de carambola (Feitosa *et al.*, 2007), cajá (Araújo *et al.*, 2014) e seriguela (Coelho *et al.*, 2020). Nesta pesquisa, *C. capitata* é registrada pela primeira vez em vagens de *I. laurina* para o estado do Piauí. A família Mimosaceae (à qual pertence *I. laurina*) encontra-se amplamente distribuída no Brasil, dos estados da Amazônia ao Paraná, bem como em outras partes da América do Sul, América Central e Ilhas do Caribe. *Inga laurina* é hospedeira de *A. distincta* em outros estados brasileiros (Uchoa *et al.*, 2002; Uchoa; Nicácio, 2010).

Na área urbana da região amostrada há várias espécies de frutíferas, utilizadas tanto na arborização da cidade como cultivada em fundo de quintais. Esses locais se tornam reservatórios

de *C. capitata*, favorecendo seu aumento populacional. De acordo com Alvarenga *et al.* (2010), em pomares urbanos, os frutos, amadurecendo em diferentes estações do ano, proporcionam excelentes condições de alimento para as moscas-das-frutas, propiciando a dispersão e exploração de diferentes nichos (Alvarenga *et al.*, 2010).

Nesta pesquisa, no perímetro urbano houve predominância de ocorrência para *Ceratitidis capitata*. A infestação dos frutos por *C. capitata* foi maior que as espécies de *Anastrepha*. Em estudos realizados em plantações de goiaba, Lopes *et al.* (2015) observaram que *C. capitata* não coexistiu com espécies de *Anastrepha*. O que chama atenção neste estudo é a ocorrência de *C. capitata* em frutíferas nativas, tanto em seriguela como em ingá. Isto mostra a agressividade e adaptação desta espécie em busca de novos hospedeiros. A presença de *C. capitata* em área urbana também pode estar relacionado a um outro fator que é a urbanização, uma vez que ocorre com maior frequência em frutos introduzidos (exóticos), favorecendo a presença desta espécie, que compete diretamente com as espécies de *Anastrepha* por recursos (Garcia *et al.*, 2017). Faz-se necessário o manejo correto das espécies vegetais nativas que servem como reservatórios naturais das moscas-das-frutas, as quais são fundamentais para evitar o deslocamento de suas populações para pomares comerciais.

Foi possível observar a distribuição geográfica das espécies de parasitoides na área de ecótono (Figura 2C). Houve uma maior associação dos parasitoides da família Braconidae com espécies de *Anastrepha* em frutos nativos (ameixa silvestre, cajá, umbu). Já os parasitoides da família Pteromalidae ocorreram na área urbana e no ecótono, associados a *A. obliqua* em frutos de carambola. *C. capitata* foi recuperada de frutos de acerola e ciriguela (Figura 2C). O parasitismo em larvas frugívoras dos tefritídeos é bastante variável em ambientes naturais (Nicácio *et al.*, 2019). Pode ser afetada por vários fatores, como ocorrência de larvas frugívoras hospedeiras, características das frutas hospedeiras, entre outros fatores.

De acordo com os resultados aqui apresentados, *Opius* sp. - uma espécie de parasitoide que predomina em áreas de vegetação nativa (Costa *et al.*, 2009) - parasita larvas em diferentes hospedeiros nativos e, conseqüentemente, tem potencial para reduzir as populações das moscas-das-frutas nessa região. Provavelmente, o que levou a um número maior de parasitoides nativos a parasitar espécies de *Anastrepha*, tenha sido o favorecimento das características das plantas hospedeiras (Anacardiaceae). *Asobara anastrephae*, *Opius* sp. e *A. obliqua* são espécies nativas e possuem ovipositor pequeno, o que favorece o sucesso em seu parasitismo em frutos menores, com polpas rasas (Sousa *et al.*, 2016; Canal; Zucchi, 2000).

Neste inventário, *Spalangia* sp. parasitou larvas de *A. obliqua*. Este é o primeiro relato de *Spalangia* parasitando larvas de *A. obliqua* no Piauí. Espécies de *Spalangia* têm sido relatadas como parasitoides pupais de espécies de *Anastrepha* em pesquisas realizadas em Yucatan, Mexico (Hernandez-Ortiz *et al.*, 2006). Com base na importância desses resultados, mais estudos devem ser realizados sobre a diversidade de espécies de parasitoides que atacam as moscas-das-frutas no sudoeste do Piauí; futuras pesquisas precisam ser focadas na biologia e ecologia desses parasitoides, promissores agentes de controle biológico das moscas-das-frutas.

Asobara anastrephae foi associado com *A. obliqua* em frutos de *S. tuberosa* e *S. mombin*. Esta espécie já foi relatada por outros autores parasitando espécies de tefritídeos no Brasil (Uchoa *et al.*, 2003), e na região do semiárido, em trabalho realizado por Sá *et al.* (2012), parasitando espécies de *Anastrepha* em frutos de *S. tuberosa*, corroborando com o que foi observado nesse estudo. *Asobara anastrephae* é considerada uma espécie adaptada à região Nordeste e a vários hospedeiros nativos, como o umbuzeiro, endêmico da Caatinga. Este parasitoide também foi observado atacando a mesma espécie (*A. obliqua*) na região amazônica, em frutos de *S. mombin* (Sousa *et al.*, 2016).

Estudos sobre as interações tritróficas entre os tefritídeos, suas plantas hospedeiras e parasitoides, são escassos em várias regiões. Os resultados aqui obtidos podem ser importantes para o entendimento das relações entre parasitoides nativos e as espécies de tefritídeos pragas autóctones. Os parasitoides são particularmente importantes por causa de interações por longos períodos de tempo com seus hospedeiros, podendo ser eficazes na redução de populações de pragas em pomares (Cancino *et al.*, 2009), mantendo os surtos de tefritídeos sob controle sem diminuir a biodiversidade local (Uchoa *et al.*, 2003).

As moscas-das-frutas possuem uma relação intimamente ligada aos hospedeiros de determinados táxons de plantas. Frutos de Anacardiaceae, por exemplo, têm sido reportados como hospedeiros preferenciais de *A. obliqua*. Espécies dessa família possuem frutos ricos em nutrientes, que provavelmente fornecem uma maior qualidade nutricional para as larvas de *A. obliqua*. O período de reprodução (frutos), por exemplo, da *S. mombin* ocorre entre os meses de fevereiro e junho (Souza *et al.*, 2006), isto pode explicar a maior abundância deste tefritídeo infestando tais hospedeiros nesta pesquisa devido ao seu longo período de frutificação, proporcionando o desenvolvimento do ciclo de vida dessas moscas.

O conhecimento das interações tritróficas (larvas/frutos/parasitoides) é fundamental, tanto para estudos de biologia e ecologia, como para o desenvolvimento de manejo integrado de pragas, pois, com o seu uso adequado, as práticas de controle permitem respostas positivas e efetivas na redução populacional desses insetos (Araujo *et al.*, 2015). Nos ambientes naturais também existem muitas espécies de *Anastrepha* que não causam danos à fruticultura, sendo importantes para a manutenção de inimigos naturais.

Espécies de frutíferas nativas como *Spondias tuberosa* e *S. mombin* são comumente usadas pela população local para consumo *in natura* e para a produção e comercialização de polpa; muito apreciada, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do País (Soares *et al.*, 2006; Sousa *et al.*, 2016).

Embora *A. obliqua* seja considerada uma espécie polífaga, explorando um grande número de espécies de frutos hospedeiros, possui uma estreita relação de preferência por frutos de Anacardiaceae, como *Spondias mombin* (Araujo *et al.*, 2005), o que justifica a maior abundância dessa espécie. Esta preferência de *A. obliqua* por frutíferas do gênero *Spondias* não está restrita ao estado do Piauí (Araújo *et al.*, 2014), também foi reportada em outros estados e regiões geográficas do Brasil, como o Rio de Janeiro (Leal *et al.*, 2009), Minas Gerais (Pirovani *et al.*, 2010), Bahia (Bittencourt *et al.*, 2012), Mato Grosso do Sul (Uchoa *et al.*, 2002) e Amapá (De Deus; Adaime, 2013).

A maior abundância de *A. obliqua* no sudoeste do Piauí pode estar relacionada ao período de maturação das suas principais plantas hospedeiras (Anacardiaceae). *S. mombin* tem longo período

de maturação dos frutos. Segundo Feitosa *et al.* (2008), a maturação de frutos do cajá, se estende de dezembro a maio. A disponibilidade de espécies hospedeiras pode influenciar na distribuição destes tefritídeos ao longo do tempo, como destacado por Souza *et al.* (2008).

A disponibilidade de hospedeiros geralmente é considerada mais importante que as variações climáticas para determinar a abundância e diversidade das moscas-das-frutas (Oliveira *et al.*, 2019). As chuvas e a temperatura, bem como as mudanças climáticas globais, estão diretamente relacionadas à localização geográfica e influenciam fortemente a densidade populacional das moscas-das-frutas (Aluja *et al.*, 2012).

A distribuição de uma espécie de mosca-da-fruta pode estar relacionada à distribuição das espécies de plantas hospedeiras, e a dinâmica populacional se modifica de uma região para outra. Como esta pesquisa foi realizada em uma região ecotonal, que possui uma heterogeneidade de microambientes, a cobertura vegetal apresenta uma mistura florística, onde coexistem espécies dos biomas Cerrado e Caatinga (Souza *et al.*, 2017). Portanto, foi possível observar uma maior disponibilidade de recurso para os tefritídeos na área de ecótono.

A diversidade de plantas frutíferas favorece o desenvolvimento das espécies de *Anastrepha*, pois espécies deste gênero tem preferência por frutíferas nativas (Feitosa *et al.*, 2008). A vegetação influencia a população de moscas-das-frutas devido ao microclima gerado pelo dossel das plantas, principalmente em relação ao sombreamento, à maior umidade relativa e à menor flutuação de temperatura. É importante entender os ambientes que podem favorecer o desenvolvimento populacional das moscas-das-frutas (Garcia *et al.*, 2017).

Diante deste contexto, pode-se inferir que regiões de mata nativa possuem maior abundância de tefritídeos frugívoros devido à maior complexidade desses sistemas, onde geralmente ocorrem as plantas hospedeiras preferenciais das moscas frugívoras, bem como devido à qualidade do ambiente, tais como: temperatura, umidade e precipitação pluviométrica em níveis adequados para manter suas populações ao longo do tempo.

Os resultados aqui mostram que a riqueza de moscas-das-frutas foi maior em frutos nativos. Porém, a maior taxa de infestação ocorreu nos frutos cultivados. É interessante verificar que o parâmetro frutos nativos parecem ter um efeito direto sobre a riqueza em espécies de moscas-das-frutas. Possivelmente isso se deve ao fato de que, em áreas cultivadas os recursos (frutos) tendem a estar disponíveis em maior quantidade do que nas matas nativas, com isso a abundância das espécies tende a ser maior (Bomfim *et al.*, 2007), em especial as espécies polífagas com *status* de praga (Uchoa, 2012).

As áreas com matas nativas apresentam maior estabilidade devido à heterogeneidade da vegetação, proporcionando maior riqueza em espécies. Em ambientes naturais, geralmente, as comunidades apresentam muitas espécies, com maior equitabilidade na distribuição dos indivíduos coespecíficos (Uchoa, 2012). As espécies são representadas por relativamente poucos indivíduos e com maior probabilidade de se encontrar espécies monófagas. Por outro lado, em pomares e noutros ambientes antropizados é comum ocorrerem poucas espécies polífagas, representadas por muitos indivíduos coespecíficos (Uchoa; Bomfim, 2017).

CONCLUSÃO

As moscas-das-frutas estão distribuídas na área de ecótono e urbana, região central do município de Bom Jesus, PI. No sudoeste do Piauí, espécies de moscas-das-frutas estão associadas às frutíferas nativas silvestres (umbu, cajá, serigueta, araçá, ingá, ameixa silvestre), à nativa cultivada (goiaba) e às exóticas cultivadas (acerola e carambola). As espécies de *Anastrepha* foram associadas a diferentes espécies frutíferas na área de ecótono Cerrado/Caatinga e no perímetro urbano. *Ceratitis capitata* foi registrada somente no perímetro urbano. *Ceratitis capitata* é registrada pela primeira vez no estado do Piauí em *Inga laurina*. O parasitoide *Asobara anastrephae* foi associado a *Anastrepha obliqua* nas anacardiáceas *Spondias mombin* e *S. tuberosa*. Este é o primeiro registro de *Spalangia* sp. (Pteromalidae) parasitando *A. obliqua* no Piauí.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina- DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464p.
- ALUJA, M.; ORDANO, M.; GUILLEN, L.; RULL, J. Understanding long-term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: implications for areawide management. **Journal of Economic Entomology**, v.105, p.823-836, 2012.
- ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; DRIESCHE, R.V.; ANZURES-DADDA, A.; GUILLÉN, L. Pest management through tropical tree conservation. **Biodiversity and Conservation**, v.23, p.831-853, 2014.
- ALVARENGA, C.D.; SILVA, M.A.; LOPES, E.M.; LOPES, G.N. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomares da área urbana no norte de Minas Gerais. **Revista Caatinga**, v.23, p.25-31, 2010.
- APG IV – Angiosperm Phylogeny Group IV. An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.181, p.1-20, 2016.
- ARAÚJO, A.A.R.; SILVA, P.R.R.; QUERINO, R.B.; SOUSA, E.P.S.; SOARES, L.L. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas às frutíferas nativas de *Spondias* spp. (Anacardiaceae) e *Ximenia americana* L. (Olacaceae) e seus parasitoides no Estado do Piauí, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.1739–1750, 2014.
- ARAUJO, E.L.; FERNANDES, E.C.; SILVA, R.I.R.; FERREIRA, A.D.C.L.; COSTA, V.A. Parasitoides (Hymenoptera) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semiárido do estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, p.610-616, 2015.
- ARAUJO, E.L.; MEDEIROS, M.K.M.; SILVA, V.E.; ZUCCHI, R.A. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semi-árido do Rio Grande do Norte: plantas hospedeiras e índices de infestação. **Neotropical Entomology**, v.34, p.889-894, 2005.
- ARBAB, A.; MIRPHAKHAR, F. Spatial distribution pattern and sequential sampling plans for *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Dip: Tephritidae) in olive orchards. **Journal of Entomological and Acarological Research**, v.48, p.55-33, 2016.
- BARROSO, G.M. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. v.2. Viçosa: UFV, 1984.
- BFG. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v.66, p.1085-1113, 2015.
- BITTENCOURT, M.A.L.; SANTOS, O.O.; BRITO, E.A.; ARAUJO, E.L.; MARINHO, C.F. Parasitoides (Braconidae) associados à *Anastrepha* (Tephritidae) em frutos hospedeiros do Litoral Sul da Bahia. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.811-815, 2012.

BOMFIM, D.A.; UCHOA, M.A.; BRAGANCA, M.A.L. Biodiversidade de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritoidea) em matas nativas e pomares domésticos de dois municípios do Estado do Tocantins, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.51, p.217-223, 2007.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste especialmente do Ceará**. Fortaleza: Centro de Divulgação Universitária, 1953. 523p.

CANCINO, J.; RUIZ, L.; SIVINSKI, J.; GALVEZ, F.O.; ALUJA, M. Rearing of hymenopterous larvalprepupal (Braconidae, Figitidae) and three pupal (Diapriidae, Chalcidoidea, Eurytomidae) native parasitoids of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) on irradiated *A. ludens* larvae and pupae. **Biocontrol Science and Technology**, v.19, p.193-209, 2009.

COELHO, J.B.; ARAÚJO, E.S.; SILVA, L.B.; STRIKIS, P.C.; ZUCCHI, R.A.; LOPES, G.N. Frugivorous flies and their parasitoids associated with native fruits in an urban area. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.3, p.1053-1060, 2020.

COSTA, S.G.M.A.; QUERINO, R.B.B.; RONCHI-TELES, B.A.; PENTEADO-DIAS, A.M.M.C.; ZUCCHI, R.A. Parasitoid diversity (Hymenoptera: Braconidae and Figitidae) on frugivorous larvae (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) at Adolpho Ducke Forest Reserve, Central Amazon Region, Manaus, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.69, p.363-370, 2009.

DE DEUS, E.G.; ADAIME, R. Dez anos de pesquisas sobre moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no estado do Amapá: avanços obtidos e desafios futuros. **Biota Amazônia**, v.3, p.157-168, 2013.

ENKERLIN, W.; GUTIÉRREZ-RUELAS, J.M.; CORTES, A.V.; ROLDAN, E.C.; MIDGARDEN, D.; LIRA, E.; LÓPEZ, J.L.Z.; HENDRICH, J.; LIEDO, P.; ARRIAGA, F.J.T. Area freedom in Mexico from mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): A review of over 30 years of a successful containment program using an integrated area-wide SIT approach. **Florida Entomologist**, v.98; p.665-681, 2015.

ESRI Inc. (2022). **ArcGIS Pro** (Version 3.0). Esri Inc. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>.

FEITOSA, S.S.; SILVA, P.R.R.; PÁDUA, L.E.M.; CARVALHO, M.S.; PAZ, J.K.S.; PAIVA, D.R. Flutuação populacional de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas a variedades de manga no município de José de Freitas-Piauí. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.30, p.112-117, 2008.

FEITOSA, S.S.; SILVA, P.R.R.; PÁDUA, L.E.M.; SOUSA, M.P.S.; PASSOS, E.P.; SOARES, A.A.R.A. Primeiro registro de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em carambola nos municípios de Teresina, Altos e Parnaíba no oeste do Piauí. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, p.629-634, 2007.

FENG, X.; MURRAY, A.T. Allocation using a heterogeneous space Voronoi diagram. **Journal of Geographical Systems**, v.20, p.207-226, 2018.

- GARCIA, A.G.; ARAUJO, M.R.; URAMOTO, K.; WALDER, J.M.M.; ZUCCHI, R.A. Geostatistics and Geographic Information System to analyze the spatial distribution of the diversity of *Anastrepha* Species (Diptera: Tephritidae): The effect of forest fragments in an urban area. **Environmental Entomology**, v.46, p.1189-1194, 2017.
- HERNANDEZ-ORTIZ, V.; DELFIN-GONZALEZ, H.; ESCALANTE-TIO, A, MANRIQUE-SAIDE, P. Hymenopteran parasitoids of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared from different hosts in Yucatan, Mexico. **Florida Entomologist**, 4:89-508, 2006.
- IBPGR. **Cashew Descriptors**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1986.
- INCT. **Herbário Virtual da flora e dos Fungos**. Disponível em: <<http://inct.florabrasil.net>> Acesso em: 05 de maio. 2019.
- JOLY, A.B. **Botânica**: chaves de Identificação das Famílias de Plantas Vasculares que ocorrem no Brasil. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1975.
- JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. **Sistemática Vegetal**: Um enfoque filogenético. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 632 p.
- LEAL, M.R.; SOUZA, S.A.S.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; LIMA-FILHO, M.; MENEZES, E.B. Diversidade de moscas-das-frutas, suas plantas hospedeiras e seus parasitóides nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.627-634, 2009.
- LEITE, S.A.; CASTELLANI, M.A.; RIBEIRO, A.E.L.; COSTA, D.R.; BITTENCOURT, M.A.L.; MOREIRA, A.A. Fruit flies and their parasitoids in the fruit growing region of Livramento de Nossa Senhora, Bahia, with records of unprecedented interactions. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.39, n.4, p.1-10, 2017.
- LOPES, G.N.; SOUZA-FILHO, M.F.; GOTELLI, N.J.; LEMOS, L.U.; GODOY, W.A.C.; ZUCCHI, R.A. Temporal overlap and co-occurrence in a guild of sub-tropical tephritid fruit flies. **PLoS One**, v.10, 0132124, 2015.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.1. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 2008.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.3. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 2009.
- LORENZI, H.; LACERDA, M.T.C.; BACHER, L.B. **Frutas no Brasil**: nativas e exóticas (de consumo in natura). Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 2015.
- LUZ, C.L.S.; MITCHELL, J.D.; MITCHELL, J.D.; MITCHELL, J.D.; MITCHELL, J.D.; MITCHELL, J.D.; PIRANI-JR, P.S.K. **Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4380>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

MACEDO, W.S.; SILVA, L.S.; ALVES, A.R.; MARTINS, A.R. Análise do componente arbóreo em uma área de ecótono Cerrado-Caatinga no sul do Piauí, Brasil. **Scientia Plena**, v.15, n.1, 010201, 2019.

MIDGARDEN, D.; LIRA, E.; SILVER, M. Spatial analysis of tephritid fruit fly traps. *In*: SHELLY, T.; EPSKY, N.; JANG, E.B.; REYES-FLORES, J.; VARGAS, R.I. (Eds.). **Trapping and the detection, control, and regulation of Tephritid fruit flies: lures, area-wide programs, and trade implications**. Dordrecht: Springer, 2014. p.277-320.

MORI, A.S.; SILVA, L.A.M.; LISBOA, G. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. Ilhéus: Centro de Pesquisa do Cacau, 1989. 104p.

NICÁCIO, J.; OLIVEIRA, I.; UCHOA, M.A.; FACCENDA, O.; ABOT, A.R.; FERNANDES, M.G.; GARCIA, F.R.M. Spatial distribution and control levels of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in guava orchards. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.91, n.3, e20180428, 2019.

PEREIRA, A.S.S.; FELIX-DA-SILVA, M.M.; BARBOSA, C.V.O.; SMITH, C.B. Estudo polínico de *Anacardium* L. (Anacardiaceae) no Estado do Pará (Amazônia Oriental), Brasil. **Biota Amazonica**, v.4, p.57-61, 2014.

PIROVANI, V.D.; MARTINS, D.S.; SOUZA, S.A.S.K.; URAMOTO, K.; FERREIRA, P.S.F. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), seus parasitóides e hospedeiros em Viçosa, zona-da-mata mineira. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.7, p.727-733, 2010.

PROJETO FLORA DO BRASIL 2020. **Dataset/Checklist**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v393.274.

SÁ, R.F.; CASTELLANI, M.A.; NASCIMENTO, A.S.; RIBEIRO, A.E.L.; MOREIRA, A.A. Parasitismo natural em moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semiárido do Sudoeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.1266-1269, 2012.

SANTOS, T.C.; JÚNIOR, J.E.N.; PRATA, A.P.N. Frutos da Caatinga de Sergipe utilizados na alimentação humana. **Scientia plena**, v.8, n.4, 049901, 2012.

SCIARRETTA, A.; TREMATERRA, P. Geostatistical. Tools for the Study of Insect Spatial Distribution: Practical Implications in the Integrated Management of Orchard and Vineyard Pests. **Plant Protection Science**, v.50, p.97-110, 2014.

SCIARRETTA, A.; TREMATERRA, P. Spatio-temporal distribution of *Ceratitis capitata* population in a heterogeneous landscape in central Italy. **Journal of Applied Entomology**, v.135, p.241-251, 2011.

SIVINSKI, J.; ALUJA, M.; PIÑERO, J.; OJEDA, M. Novel analysis of spatial and temporal patterns of resource use in a group of tephritid flies of the genus *Anastrepha*. **Annals of the Entomological Society of America**, v.97, p.504-512, 2004.

SOARES, E.B.; GOMES, L.R.F.; CARNEIRO, J.C.M.; NASCIMENTO, F.N.; SILVA, I.C.V.; COSTA, J.C.L. Caracterização química e física de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.518-519, 2006.

SOUSA, L.S.; SILVA, P.R.R.; NASCIMENTO, M.P.P.; FRANÇA, S.M.; ARAÚJO, A.A.R. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em diferentes genótipos de cajá em um pomar comercial de Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, p.1-12, 2017.

SOUSA, M.M.; FERNANDES, D.C.; FERREIRA, E.C.A.; ARAUJO, E.L. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus hospedeiros no município de Quixeré, estado do Ceará, Brasil. **Revista Verde**, v.12, p.530-534, 2017.

SOUSA, M.S.M.; BARROS, C.R.J.; YOKOMIZO, G.K.; LIMA, A.L.; ADAIME, R. Ocorrência de moscas-das-frutas e parasitoides em *Spondias mombin* L. em três municípios do estado do Amapá, Brasil. **Macapá**, v.6, p.50-55, 2016.

SOUZA, M.P.; COUTINHO, J.M.C.P.; SILVA, L.S.; AMORIM, F.S.; ALVES, A.R. Composição e estrutura da vegetação de caatinga no sul do Piauí, Brasil. **Revista Verde**, v.12, p.210-217, 2017.

SOUZA, V.C.; FLORES, T.B.; COLLETA, G.D.; COELHO, R.L.G. **Guia das plantas do Cerrado**. Piracicaba: Taxon Brasil Editora e Livraria, 2018. 583p.

VAYSSIE`RES, J.; GOERGEN, G.; LOKOSSOU, O.; DOSSA, P.; AKPONSON, C. A new *Bactrocera* species in Benin among mango fruit fly (Diptera: Tephritidae) species. **Fruits**, v.60, p.371-377, 2005.

ZUCCHI, R.A. Espécies de *Anastrepha*, sinonímias, plantas hospedeiras e parasitoides. In. MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.41-48.

ZUCCHI, R.A.; MORAES, R.C.B. 2012. **Moscas da fruta no Brasil: hospedeiros e parasitoides da mosca da fruta do Mediterrâneo**. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/ceratitidis/, atualizado em 12 de abril de 2019. Acesso em 20 abr. 2024.

AUTORES

Bruno Ettore Pavan - Graduado em Agronomia Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP (2003). Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp (2005). Doutorado em genética e Melhoramento de plantas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp (2009). Livre docente em Melhoramento de Plantas Faculdade de engenharia de ilha Solteira (2022). Contato: be.pavan@unesp.br

Carla Maria da Rocha e Silva – Estudante de licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí. Contato: carlamaria@ufpi.edu.br

Edineia da Silva Araújo - Graduação em Licenciatura plena em Ciências biológicas (2017) e Mestrado em Ciências Agrárias (2020) pela Universidade Federal do Piauí. Atualmente cursando o Doutorado em Produção Vegetal, linha de pesquisa: Proteção de plantas, na Universidade Estadual de Santa Cruz, Bahia. Trabalhando com entomologia agrícola, taxonomia, ácaros de importância agrícola. Contato: araujo.es.bio@gmail.com

Edison Fernandes da Silva - Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão, UFMA. Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará. Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP / Jaboticabal-SP. Trabalha com Biologia do Solo e com a apropriação de conceitos científicos.

Fabrcia Souza Lima - Graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena), pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA. Pós-Graduanda (LATU SENSU) Especialização em Informática na Educação pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Pólo (Brejo-MA). Trabalha com Educação Ambiental, ecologia e comportamento de formigas Poneromorfas. Contato: fabricia.lima@discente.ufma.br

Gleidyane Novais Lopes - Possui graduação em Agronomia pela Univesidade Estadual de Montes Claros (2008), mestrado (2011) e doutorado (2014) em Ciências com área de concentração em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Foi pesquisadora visitante na University of Vermont, Burlington, Vermont, EUA (2013), bolsa doutorado sanduíche CNPq. Atuou como pesquisadora no Programa de Desenvolvimento Científico Regional - DCR (FAPEPI/CNPq) na Universidade Federal do Piauí (2018). Atuou como Professora Visitante na Universidade Federal da Paraíba (UFPB / CCA), onde permaneceu como membro do corpo docente do Programa de Pós Graduação em Agronomia até 2022. Atuou também como Professor Formador no curso Agricultor Orgânico junto ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB). Atualmente é Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial (MAPA / CNPq). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo Integrado de Pragas, biodiversidade e Ecologia de moscas-das-frutas, atuando principalmente no seguinte tema: Taxonomia de moscas-das-frutas do gênero Anastrepha. Contato: gnlopesm@hotmail.com

Ianá Jeanne Batista de Sousa - Estudante de Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí. Contato: ianajeannes@ufpi.edu.br

José Wellington Batista Lopes - Graduação em agronomia na UFC. Mestrado e Doutorado em Engenharia Agrícola na UFC. Trabalha com sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados, hidrologia física, modelagem hidrológica e disponibilidade hídrica. Contato: wellingtonjwl@ufpi.edu.br

Luan Sousa da Costa - Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Federal do Piauí. Contato: luancosta@ufpi.edu.br

Luciana Barboza Silva - Graduação em Ciências Biológicas (2003). Mestrado em Biodiversidade (2005), pela universidade Federal do Mato Grosso do Sul e Doutorado em Entomologia pela UFV. Atualmente professora Associada da Universidade Federal do Piauí Linha de pesquisa – Entomologia. Contato: lubarbosabio@ufpi.edu.br

Marlete Moreira Mendes Ivanov - Bacharel em Ciências Biológicas e Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí. Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal do Ceará. Desenvolve pesquisas nas áreas de ecologia vegetal, geoprocessamento e unidades de conservação. Contato: ivanov@ufpi.edu.br

Mateus Martini Martins de Lima - Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Federal do Piauí. Contato: mateus02martini@ufpi.edu.br

Matheus da Silva Oliveira - Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestrando em Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável– pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM). Trabalha com ecologia comportamental e conservação de insetos sociais. Contato: matheussilva980333@gmail.com ou matheus.silva2@discente.ufma.br

Ricardo de Jesus Fialho - Possui graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas e tem experiência na área de Zoologia, com ênfase em Taxonomia dos Grupos Recentes. Contato: fialhoricardo59@gmail.com

Ricardo Rodrigues dos Santos - Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Federal do Maranhão. Mestrado em Zoologia no Museu Paraense Emílio Goeldi. Doutorado em Psicobiologia (Área de Comportamento Animal) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Pós doutorado no Center for Geospatial Research, University of Georgia, Estados Unidos. Trabalha com comportamento animal e conservação da vida silvestre. Contato: ricardo.santos@ufma.br

Thayline Rodrigues de Oliveira - Graduação em Ciências Biológicas - UFPI. Mestrado em Ciências Agrárias na UFPI. Doutorado em Ciências Agrárias- UFPI. Trabalha com insetos alimentícios. Contato: thayliner836@gmail.com



Wissen Editora

Home page: www.wisseneditora.com.br

E-mail: contato@wisseneditora.com.br

Instagram: [@wisseneditora](https://www.instagram.com/wisseneditora)

Teresina – PI

2024