

DO GERMINAR DAS SEMENTES À COLHEITA DOS FRUTOS

**como floresce
o conhecimento
botânico**

**Natalia Costa Soares
Valdir Lamim-Guedes**

ORGANIZADORES

EDITORA **UEMS**



**DO GERMINAR
DAS SEMENTES
À COLHEITA
DOS FRUTOS**
**como floresce
o conhecimento
botânico**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL

Reitor Laércio Alves de Carvalho

Vice-reitora Celi Corrêa Neres

*Pró-reitora de Extensão,
Cultura e Assuntos Comuni-
tários* Márcia Regina Martins Alvarenga



DIVISÃO DE PUBLICAÇÕES - EDITORA UEMS

*Chefe da Divisão de
Publicações* Neurivaldo Campos Pedroso Junior

Designer Gráfico Everson Umada Monteiro

Editora Eliane Souza de Carvalho

Revisora Islene França de Assunção

CONSELHO EDITORIAL

Presidente Edilson Costa

Conselheiros(as) Adriana Rochas de Carvalho Fruguli Moreira
Ailton de Souza
Alberto Adriano Cavalheiro
Claudia Andrea Lima Cardoso
Cristiane Marques Reis
Estela Natalina Mantovani Bertoletti
Everson Umada Monteiro
Márcia Regina Martins Alvarenga
Marcos Antonio Nunes de Araujo
Marianne Pereira de Souza
Susylene Dias de Araújo

Natalia Costa Soares
Valdir Lamim-Guedes
Organizadores

**DO GERMINAR DAS SEMENTES
À COLHEITA DOS FRUTOS:
como floresce o conhecimento botânico**



© 2021 by Natalia Costa Soares e Valdir Lamim-Guedes.

CAPA E PROJETO GRÁFICO
Everson Umada Monteiro

REVISÃO FINAL
Islene França de Assunção

FOTOS
Nanci Ribeiro de Jesus e André Rech

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UEMS.

G324

Do germinar das sementes à colheita dos frutos: como floresce o conhecimento botânico / Natalia Costa Soares, Valdir Lamim-Guedes (organizadores). – Dourados, MS: Editora UEMS, 2021.

144 p.

ISBN: 978-65-89374-15-2 (Digital).

1. Polinização 2. Flores 3. Abelhas 4. Germinação I. Soares, Natalia Costa II. Lamim-Guedes, Valdir IV. UEMS V. Título

CDD 23. ed. - 571.8642

Autorizamos a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte. Proibido qualquer uso para fins comerciais.

Direitos reservados a
Editora UEMS
Bloco A - Cidade Universitária
Caixa Postal 351 - CEP 79804-970 - Dourados/MS
(67) 3902-2698
editorauems@uems.br
www.uems.br/editora

Editora associada à



Sumário



Prefácio7

Suzana Ursi

Apresentação9

Natalia Costa Soares e Valdir Lamim-Guedes

Introdução - a polinização e seu papel na biodiversidade..... 11

Juliana Hipólito e André Rech

1 Curiosos por natureza: como os cientistas desvendam mistérios?.....19

Leonardo Galetto e Juliana Hipólito

2 Trocando cartas, mensagens e testando hipóteses: do “abominável mistério” de Darwin à descrição de novos sistemas de polinização.....26

Caio S. Ballarin, Jennyfer Costa Gomes e Felipe W. Amorim

3 Flores que “se escondem” das abelhas? O curioso caso das flores vermelhas!..... 38

Francismeire Telles e Pedro Bergamo

4 Tem uma mosca na minha... flor! 47

Camila Aoki, Gudryan J. Barônio, Camila Silveira Souza e Daniel Maximo Corrêa de Alcantara

5 Abelhas e flores: os frutos dessa parceria nas nossas mesas 56

Raphael Matias, Josiana Gonçalves Ribeiro, Marco Túlio Furtado e Hélder Consolaro

6 Flores que enganam: desvendando a polinização da maior flor do Brasil	65
Juliana Hipólito	
7 Néctar: o alimento essencial para os beija-flores	72
Isis Paglia, Raphael Matias e Hélder Consolaro	
8 Os efeitos da luz no sub-bosque florestal.....	80
Natalia Costa Soares e Leonor Patrícia Cerdeira Morellato	
9 A fruta alimenta o lobo. E a flor, alimenta quem?.....	91
Valdir Lamim-Guedes e Yasmine Antonini	
10 Germinação de sementes da Amazônia: testando o efeito da temperatura.....	100
L. Felipe Daibes e Semírian Campos Amoêdo	
11 Como o tamanho das abelhas influencia o processo de polinização?.....	108
Renata Trevizan, José Elton M. Nascimento, Davide di Grumo e Lorena B. Valadão-Mendes	
12 Como o fogo altera as interações entre as plantas e polinizadores?.....	115
Gudryan J. Barônio, Camila Silveira Souza, Camila Aoki e André Rodrigo Rech	
13 O fogo que traz as flores e o florescimento do saber popular: como a ciência e cultura andam de mãos dadas?.....	125
Gudryan J. Barônio, Geovanna Bonfim, Nanci Ribeiro de Jesus e André Rodrigo Rech	
Organizadores.....	135
Autores.....	136

Prefácio



Suzana Ursi

Vivemos um momento peculiar de nossa história. Precisamente quando enfrentamos um forte movimento negacionista, surge uma pandemia que nos leva a refletir e a reavaliar diversos aspectos de nossa essência como seres humanos, bem como o modo como nos relacionamos com o ambiente de que fazemos parte. Não há como enfrentar tal pandemia sem recorrer à Ciência, sem valorizá-la. Com base no conhecimento científico, podemos entender mais amplamente o fenômeno no qual estamos imersos, perceber a importância da vacinação e dos medicamentos, compreender os efeitos do isolamento social na curva de propagação de um vírus, evidenciar fragilidades em nossos sistemas econômico e de saúde, detectar como a diminuição na emissão de poluentes afeta positivamente o ambiente, incluindo os indicadores de aquecimento global, entre outras possibilidades.

Adicionalmente, o contexto em que estamos inseridos neste momento evidencia de forma contundente como a alfabetização científica é es-

sencial ao desenvolvimento das sociedades, auxiliando os cidadãos no posicionamento e no enfrentamento de uma diversidade de questões científicas e socioambientais. A presente obra faz parte, justamente, das valiosas iniciativas que visam ampliar tal alfabetização, por meio da divulgação de conhecimento consistente, com linguagem capaz de atingir um amplo espectro de leitores. A obra aborda, principalmente, o encantador e relevante tema da polinização. Os autores colocam sua experiência a serviço da apresentação de 13 capítulos sobre diferentes aspectos relacionados a tal mecanismo, abordando desde o néctar e sua função até o efeito do fogo na relação de polinização, passando pela menção a flores que parecem se esconder das abelhas, pela polinização da maior flor de nosso país, e muito mais.

Além de discutir sobre os polinizadores, animais essenciais à dinâmica do ambiente e relacionados a importantes serviços ecossistêmicos, o presente livro representa uma contribuição à mitigação da chamada “cegueira botânica”, que se refere à baixa percepção do ser humano em relação aos vegetais, muitas vezes, encarados como meros elementos da paisagem. Nesse cenário, não se reconhece a diversidade das plantas, os processos biogeoquímicos nos quais estão envolvidas, sua fisiologia nem sua reprodução. Nos casos mais agudos, perde-se, até mesmo, a noção de que os vegetais são seres vivos. No entanto, é muito difícil ignorar a beleza das flores, bem como as relações, não raro, surpreendentes e curiosas que se estabelecem entre as plantas, seu ambiente e polinizadores. São tais aspectos que o leitor poderá desfrutar durante sua leitura. E, mantendo o linguajar botânico, destaco a grande possibilidade de florescer um interesse legítimo pela diversidade vegetal!



Apresentação

*Natalia Costa Soares
Valdir Lamim-Guedes*

As plantas são organismos essenciais à nossa existência e sobrevivência e estão presentes de muitas maneiras em nossas vidas. Elas purificam o ar que respiramos e são fontes dos alimentos que consumimos, da madeira que utilizamos em nossas casas e fábricas, e até mesmo, das roupas, dos cosméticos e dos remédios que usamos. Portanto, conhecê-las e compreendê-las torna-se tarefa essencial à nossa vida no planeta.

A biologia vegetal ou botânica é o ramo da biologia que estuda e, assim, busca entender o Reino Vegetal. Em outras palavras, podemos dizer que a biologia vegetal se preocupa, principalmente, com o estudo das plantas e de suas interações com o ambiente. Dessa maneira, trata-se de uma área ampla da ciência e abrange muitas subáreas de pesquisa, como a morfologia, a fisiologia, a anatomia, a taxonomia, a sistemática, a genética, a ecologia e a etnobotânica.

Compreendendo a importância dos estudos em botânica e da geração de conhecimentos sobre as plantas, suas interações ecológicas e sua relevância socioambiental, buscamos demonstrar como as pesquisas na área da biologia vegetal são pensadas, elaboradas e desenvolvidas. Procuramos abordar o processo envolvido em um trabalho científico, elaborado, principalmente, na subárea da ecologia vegetal. Assim, a maioria dos capítulos deste livro refere-se a estudos que analisaram as relações entre os organismos vegetais e seu ambiente biótico e abiótico. Uma atenção ainda mais especial foi dada aos estudos de ecologia da polinização, que tratam, portanto, da relação evolutiva entre as plantas e seus polinizadores.

Nosso objetivo foi organizar um livro que contribuísse para o entendimento do que é fazer ciência, preocupado em explicar o processo da pesquisa científica, a partir de experiências dos próprios pesquisadores. Pretendemos, ainda, divulgar, por meio de uma linguagem simples e acessível, pesquisas realizadas no Brasil e interessadas no entendimento de nossa biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos associados, sobretudo, a polinização.

Para alcançar nosso objetivo lançamos uma chamada pública – aberta de janeiro a abril de 2020 – para um livro de divulgação científica em biologia vegetal/polinização. Após o recebimento dos textos, os conteúdos foram analisados, os capítulos, selecionados e revisados, e a linguagem, adequada ao público-alvo: alunos do Ensino Médio e universitários, professores da Educação Básica e do Ensino Superior e demais interessados na temática.

O livro é composto por 13 capítulos de 30 autores vinculados a 11 instituições brasileiras de ensino e pesquisa das cinco regiões do país, além de uma universidade chilena e uma argentina. Esperamos que este trabalho conjunto contribua para uma maior compreensão sobre a ciência botânica, sendo uma leitura leve, útil e agradável a todos!



Introdução

A polinização e seu papel na biodiversidade

Juliana Hipólito

André Rech

Imagine um daqueles dias quentes e sem qualquer vento para refrescar. Imagine, agora, você sentado(a) à sombra de um enorme jatobazeiro, olhando para uma floresta. Tudo está imóvel, as folhas estão completamente paradas. Você já pensou que, mesmo nos dias em que o vento move as folhas e as flores, as plantas não se movem? Ao menos, não como os animais. E, sendo organismos fixos, como é que você acha que elas fazem para reproduzir? Aproveite que está sentado(a) nessa sombra maravilhosa enquanto não há barulho de vento e preste atenção aos sons. Consegue ouvir o zunido das abelhas? Não é incrível que elas voem de flor em flor na busca de néctar, para se alimentar e produzir mel, e de pólen, para dar de comer a suas crias? Consegue ouvir, também, o canto de um sabiá, que entre um fruto e outro, naquele galho de fruto-do-sabiá (*Acnistusar borescens*),

canta melodicamente sua alegria de saciedade? Está aí o segredo de como as plantas se movem. Elas se deslocam pelas pernas e asas dos animais que elas atraem e recompensam nas visitas a suas flores e frutos. Esses animais levam consigo pólen e sementes, e é nessas duas estruturas que as plantas se movem, entre indivíduos, no caso das flores, promovendo a polinização, e para longe da planta mãe, no caso das sementes. Continue olhando essa paisagem e verá que há uma diversidade de cores e formato das flores. Elas também possuem diferentes cheiros e texturas. Sabe o que fazem essas coisas? Elas atraem e medeiam a interação com os polinizadores. Mas não se engane: as flores atraem alguns animais, mas também se escondem de outros, com estratégias reprodutivas que aumentam a sua probabilidade de sobrevivência e reprodução. Nesse cenário, a atração dos polinizadores aumenta a probabilidade do seu sucesso reprodutivo, perpetuando sua geração e, ainda, muitas vezes, evitando outros organismos que apenas utilizam seus recursos sem prestar o serviço de “correio” de pólen.

A polinização pode ser entendida como o deslocamento dos grãos de pólen que são produzidos na parte masculina das flores, os estames, para a estrutura feminina da flor, composta por estigma, estilete e ovário. No Capítulo 5, a Figura 5.1 ilustra, de forma muito bonita, como isso pode ocorrer. Os grãos de pólen podem ser bastante diversos nas plantas, possuindo cores e tamanhos diferentes. Algumas plantas produzem tanto pólen que as nuvens amarelas podem cobrir o chão e causar sérias alergias em algumas pessoas. Em contraste, plantas como as orquídeas, em geral, produzem massas de pólen únicas, que são dispersadas de uma só vez, as chamadas polínias.

Geralmente, os grãos de pólen são pequenos (microscópicos) e revestidos por paredes rígidas que podem ser ornamentadas ou não. Esses

ornamentos são tão variados que possibilitam a utilização pelos especialistas para a identificação das espécies que produziram os grãos de pólen. Na grande maioria das plantas com flores, o processo de transformação da flor em fruto depende da polinização.

No interior dos grãos de pólen, há um gametófito masculino ainda imaturo, que, quando atinge o estigma (parte da estrutura feminina das flores), inicia a formação de um tubo polínico. Através desse tubo polínico (que, como o próprio nome sugere, assemelha-se a um cano), os núcleos espermáticos se deslocam até fecundar o óvulo para formar a semente e o fruto. Posteriormente, a semente desse fruto irá germinar em algum lugar propício e dar origem a uma nova planta. No Capítulo 10, veremos como os cientistas investigaram a germinação das sementes de algumas espécies de plantas.

Essa passagem ou transferência dos grãos de pólen é, em teoria, bastante simples e pode ser realizada tanto pelo vento quanto pela água (os chamados vetores abióticos), ou ainda, e principalmente, pelos animais (vetores bióticos). Há algumas décadas, pensava-se que a polinização pelo vento e pela água era mais simples ou primitiva, mas, hoje, sabemos que ela é complexa, envolve diversas adaptações e não tem nada de primitiva. Já entre os animais, temos desde as abelhas (que são as mais importantes, portanto, mais famosas), até as moscas, formigas, aves e mamíferos. Nos próximos capítulos, você poderá ler um pouco mais e notar algumas relações específicas entre as plantas e seus polinizadores bióticos.

Algumas dessas relações com os polinizadores são tão específicas que falamos, inclusive, em coevolução. Caso você ainda não tenha lido ou escutado esse termo em algum lugar, a coevolução é entendida como um

processo em que duas espécies evoluem de maneira bastante relacionada e simultânea. No Capítulo 2, há um lindo exemplo de como Darwin realizou a previsão da polinização de uma orquídea, devido a suas características florais e da mariposa polinizadora, e no Capítulo 9, falamos sobre relações bastante específicas entre abelhas e flores. Nesse mesmo capítulo, discutiremos como a vibração do corpo de algumas espécies de abelhas possibilita a liberação dos grãos de pólen de flores com anteras poricidas, processo conhecido como polinização por vibração ou *buzz pollination*.

Nesse cenário de polinizadores e suas relações específicas, devemos lembrar – e certamente, você já deve ter observado – que algumas plantas abrem as suas flores durante o dia, como as lindas flores de maracujá, e que outras, como o jatobá – esse da sombra do início deste texto – somente abrem suas flores à noite, e, portanto, seus polinizadores (nesse caso, morcegos) também devem apresentar comportamentos noturnos.

Além desses vertebrados voadores, os polinizadores de hábitos noturnos incluem espécies de besouros, mariposas, abelhas e pequenos mamíferos. Enquanto você dorme, uma miríade de animais está às voltas nas flores de muitas plantas assegurando que você possa desfrutar da doçura de uma graviola ou de uma mangaba, no café da manhã. A biodiversidade depende dessa grande variedade de relações e de polinizadores. Não teríamos como viver em um mundo sem polinizadores. Dependemos deles e da sua diversidade para a manutenção das nossas florestas, campos e cerrados.

A essa altura da leitura, você já deve ter sentido fome, querendo tomar um lanche, e a maior parte das coisas gostosas que possa pensar em incluir nesse lanche só existe graças à polinização. Uma manga? Um suco de acerola? Uma geleia de morango? Um açaí? Sim, a polinização também

garante toda a diversidade em nossa alimentação, influenciando a produção de mais de 70% das culturas agrícolas do planeta.

Não vai querer um lanche? Vai apenas tomar um cafezinho? O café, apesar de não depender exclusivamente dos polinizadores, tem sua quantidade e qualidade aumentadas com a ação desses animais. Além do café, diversas outras espécies que até podem produzir frutos sem polinizadores vão melhorar em quantidade e qualidade sua produção com uma polinização eficiente. Até mesmo uma roupa tão comum como uma calça jeans e uma camiseta tem influência da polinização, já que o algodão usado na fabricação desses itens vem do fruto do algodoeiro, que é polinizado por abelhas. No Capítulo 5, explicaremos um pouco mais essas relações.

Apesar de, muitas vezes, nem enxergarmos esse imenso trabalho dos polinizadores, precisamos pensar sempre em medidas para a sua proteção, pois o serviço ecossistêmico que eles nos oferecem é fundamental para a manutenção da nossa qualidade de vida e de um ambiente equilibrado. Precisamos planejar o uso de plantas nativas que aumentem as populações naturais de polinizadores e que também forneçam alimentos e locais para que as diferentes espécies façam seus ninhos e se reproduzam. Também necessitamos saber quais são as ameaças atuais e futuras aos polinizadores.

Como isso é possível? Simples, por meio da ciência. Os cientistas tornam tudo isso possível por meio de estudos científicos e investigação de hipóteses. Assim, não apenas podemos saber se um visitante encontrado em uma flor é, de fato, um polinizador ou não, como também podemos fazer cálculos mediante modelagens matemáticas para prever como as alterações no ambiente podem ameaçar esses organismos, e propor ações efetivas de proteção à nossa biodiversidade.

Um erro muito comum é pensar que qualquer animal que visita uma flor, seja ele um inseto, uma ave, um réptil ou um mamífero, será um polinizador. Polinizador é aquele que poliniza e, portanto, transporta os grãos de pólen dos estames até os estigmas dentro da flor, entre flores de uma mesma planta, entre plantas de mesma espécie ou entre plantas de espécies diferentes. Um animal em uma flor é apenas um visitante floral, afinal, quem não gostaria de um gole de água docinha no calor, não é?

Precisamos pensar que os animais não vão até as flores porque querem contribuir para a polinização, mas que apenas estão interessados em se alimentar, descansar ou se hidratar. As plantas é que precisam de mecanismos para aproveitar as visitas e garantir o correio do pólen. Foi essa necessidade que produziu uma grande parte da diversidade de flores, que se ajustam evolutivamente ao corpo e ao comportamento de polinizadores tão diversos.

Esse raciocínio também é importante, inclusive, para entender o surgimento evolutivo dos mutualismos que derivam de relações parasíticas. É paradoxal que esse mesmo ajuste fino, que transforma um visitante num polinizador, também faça com que outros animais, muito diferentes em tamanho, formato ou comportamento, consigam, muitas vezes, acessar os recursos sem realizar a polinização. Esses animais são chamados de pilhadores ou ladrões de pólen e néctar. Por isso os cientistas, frequentemente, investigam e realizam testes de polinização nas flores, para entender como elas funcionam e quem as poliniza, bem como para saber quais os polinizadores mais eficientes. Neste livro, trazemos alguns exemplos de como os cientistas imaginaram e investigaram polinizadores e flores envolvidos em interações abrangendo espécies de mamíferos (Capítulo 2), abelhas (Capítulos 3, 9, 11), moscas (Capítulos 4 e 5) e beija-flores (Capítulo 6).

Agora, pense que, no calor, se a floresta pegar fogo, muito provavelmente, será completamente destruída. Infelizmente, o contexto atual tem permitido que isso aconteça com muita frequência em nossas florestas, aumentando ainda mais o desmatamento e a destruição desse patrimônio que é muito mais valioso em pé do que deitado ou queimado. As florestas, em geral, não estão adaptadas à passagem do fogo e, para se recuperar (quando conseguem), levam décadas.

Mas você sabia que existem vegetações adaptadas à passagem natural do fogo? Sim, muitos ambientes do Cerrado brasileiro, onde existe uma estação seca bem marcada, com vários meses sem chover, precisam ser queimados em intervalos de alguns anos para que as espécies possam florescer e se reproduzir. Nesses ambientes, o terror de ver a vegetação em chamas é rapidamente substituído, no início do período das chuvas, pela explosão de floração das plantas adaptadas ao fogo, como será discutido no Capítulo 12. Baseados no conhecimento que acumularam ao longo de centenas de anos convivendo com ambiente onde há fogo, muitas populações humanas aprenderam e praticam o manejo do fogo para realizar a sua agricultura tradicional. Esse é o caso dos apanhadores de sempre-vivas, que são apresentados no Capítulo 13, encerrando nosso livro.

Está gostando da sombra? De fato, ela é um refúgio em um ambiente aberto. No entanto, você já pensou que ela pode ser um problema? Sim! Não ter acesso à luz pode impedir que muitas plantas sobrevivam abaixo das copas das árvores nas florestas. No Capítulo 8, falamos desses efeitos da luz no sub-bosque florestal. Aproveite para olhar a sombra pelo outro lado!

Por fim, esperamos que tenha aproveitado essa tarde à sombra do jatobazeiro para desfrutar das belezas e encantamentos que esse ramo da

botânica, a biologia reprodutiva, tem para apresentar. Nem tudo são flores, mas a beleza está em cada detalhe, já diz o ditado. Além disso, as flores não são apenas beleza, mas também universos de conhecimento esperando para serem desvendados. A diversidade das flores não atrai apenas polinizadores, mas pessoas ao redor de todo o mundo, dedicadas a entender como esses processos funcionam. Observe as flores do seu jardim, dos seus presentes, dos lugares por onde passar! Seja curioso sobre como elas funcionam e ajude a proteger toda essa diversidade incrível! Há quem diga que Newton mudou a Física na sombra de uma macieira. Reflita sobre o que a sombra desse jatobá fará com você!

Boa leitura!



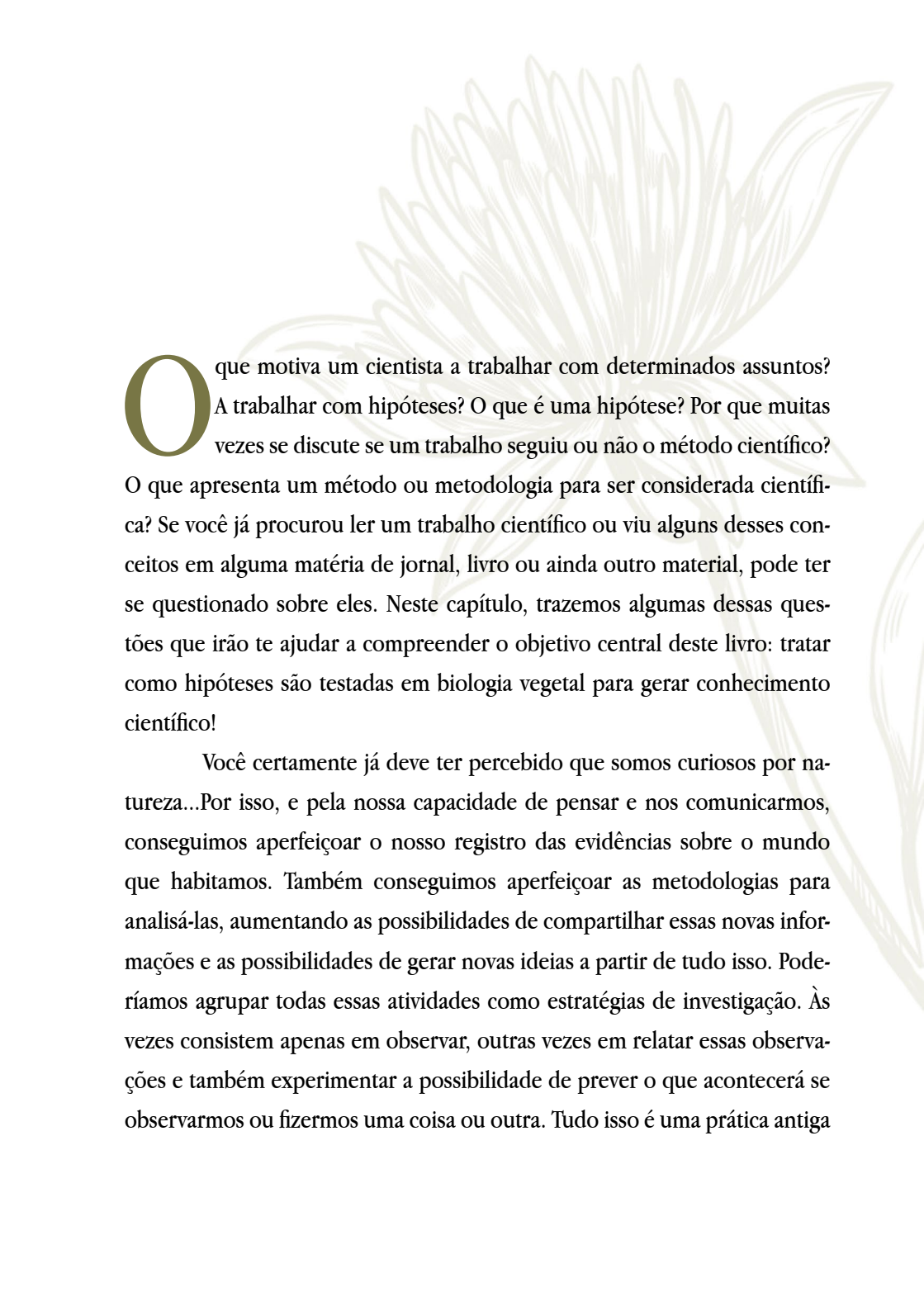
1

Curiosos por natureza: como os cientistas desven- dam mistérios?

Leonardo Galetto

Juliana Hipólito





O que motiva um cientista a trabalhar com determinados assuntos? A trabalhar com hipóteses? O que é uma hipótese? Por que muitas vezes se discute se um trabalho seguiu ou não o método científico? O que apresenta um método ou metodologia para ser considerada científica? Se você já procurou ler um trabalho científico ou viu alguns desses conceitos em alguma matéria de jornal, livro ou ainda outro material, pode ter se questionado sobre eles. Neste capítulo, trazemos algumas dessas questões que irão te ajudar a compreender o objetivo central deste livro: tratar como hipóteses são testadas em biologia vegetal para gerar conhecimento científico!

Você certamente já deve ter percebido que somos curiosos por natureza...Por isso, e pela nossa capacidade de pensar e nos comunicarmos, conseguimos aperfeiçoar o nosso registro das evidências sobre o mundo que habitamos. Também conseguimos aperfeiçoar as metodologias para analisá-las, aumentando as possibilidades de compartilhar essas novas informações e as possibilidades de gerar novas ideias a partir de tudo isso. Poderíamos agrupar todas essas atividades como estratégias de investigação. Às vezes consistem apenas em observar, outras vezes em relatar essas observações e também experimentar a possibilidade de prever o que acontecerá se observarmos ou fizermos uma coisa ou outra. Tudo isso é uma prática antiga

na espécie humana, ocorrendo desde o seu surgimento e praticada desde o momento em que nascemos e passamos a analisar e experimentar o mundo.

Tais estratégias de investigação que tem como objetivo gerar novos conhecimentos e compartilhá-los com a comunidade, nos deram vantagens tanto relacionadas ao que podemos fazer no mundo, quanto na antecipação de algumas situações problemáticas. Mas se observamos, analisamos e realizamos muitas vezes experimentos desde o nosso nascimento, ou seja, independentemente de sermos cientistas, o que diferencia os cientistas dos não cientistas? Os cientistas são pessoas treinadas por muitos anos para aperfeiçoar as chamadas metodologias de pesquisa, gerando novos conhecimentos e compartilhando os resultados com a comunidade em geral (cientistas e não cientistas). Os não cientistas podem utilizar algumas estratégias de investigação sem treinamento científico, mas elas tendem a não seguir um rigor ou método científico, que podemos entender como o conjunto das etapas utilizadas na investigação científica. Ainda assim, embora pareça simples a explicação do método científico, é importante saber que ele não constitui um método único mas que este representa uma pluralidade de estratégias de pesquisa que serão adequadas de acordo com o contexto do problema em estudo. Embora essa pluralidade possa causar confusão para alguns, fica mais fácil entender por que os cientistas são treinados sobre o método científico e, assim, diferenciamos os cientistas dos não cientistas.

Agora vamos analisar outro conceito muito difundido na cultura e que está relacionado à ciência. O que é uma hipótese? Todos os trabalhos científicos necessariamente têm hipóteses? Em um sentido amplo, uma hipótese seria uma ideia que uma pessoa ou grupo de pessoas tem sobre uma variedade de situações. Por exemplo, uma hipótese sobre o que você obser-

va, ou sobre as relações lógicas de alguns eventos, ou sobre o comportamento ou funcionamento de um organismo ou sistema, mas que em nenhum desses casos é bem conhecido como eles irão se desenvolver.

Vamos pensar que estamos caminhando pela floresta e vemos animais voando ou correndo para fora desta. Buscamos alguma pista do que pode estar ocorrendo e à distância, observamos uma fumaça. Com base na nossa experiência, nossa primeira ideia (hipótese) poderia ser que naquela floresta há um incêndio e essa seria a causa do comportamento dos animais. Lembre-se que essa é a sua ideia e por isso precisamos verificar para termos certeza! Desta forma, entramos na floresta e encontramos um grupo de pessoas cozinhando um delicioso almoço e, por isto, havia a fumaça! Nossa hipótese estava errada!

Esta estratégia que todos nós reconhecemos como muito comum na vida diária, os cientistas também usam em seus campos de investigação. Cada vez que os cientistas tentam interpretar um conjunto de observações, eles estão usando essa estratégia de investigação. Na ciência, essa estratégia de pesquisa é chamada de inferência indutiva. Com base neste tipo de inferência, que faz parte da metodologia científica, podemos descartar hipóteses (neste caso, hipóteses indutivas). Assim, neste tipo de estratégia de pesquisa, o caminho lógico do raciocínio parte de observações para a tentativa de determinar algum padrão particular. Se pudermos encontrar um padrão neste conjunto de dados, podemos ter alguma ideia (teoria) de porque esse padrão aparece.

Também dentro dessa linha de pensamento, podemos já ter três conjuntos de observações e nos perguntar como eles se relacionam. Por exemplo, temos o registro da temperatura durante o ano e temos os registros da presença de abelhas em uma localidade. Será que quando a

temperatura sobe, mais abelhas são observadas? Nesse caso, começamos a procurar relações entre variáveis que podem (ou não) estar relacionadas umas às outras. Às vezes, podemos nos perguntar não apenas sobre um par de variáveis (no exemplo acima, uma variável é a temperatura, e a outra o número de abelhas), mas sobre um conjunto de variáveis. Lembre-se que a natureza é complexa! Ainda assim, estamos tentando simplificá-la e entendê-la, muitas variáveis podem também dificultar a nossa compreensão, tornando as análises não intuitivas. Ficou confuso (a)? Vamos para mais um exemplo! Imagine que no exemplo anterior das abelhas, temos agora várias medidas (dados) da temperatura, umidade, flores... Podemos nos perguntar se a maior quantidade de abelhas está relacionada à quantidade de flores, temperatura, quantidade de predadores, de abelhas, quantidade de chuvas... sim, são muitas relações! Mas como saber se a quantidade de abelhas está relacionada a apenas uma ou mais variáveis? Neste caso, não podemos nem mesmo ter uma ideia das complexas relações que podem ser evidenciadas com a análise desse conjunto de dados, já que algumas variáveis podem ter relações negativas e outras positivas, atuar em conjunto ou sozinhas. Em outras palavras, enquanto a quantidade maior de abelhas pode estar relacionada à maior quantidade de flores, esperamos que uma menor quantidade de predadores esteja relacionada ao aumento da quantidade de abelhas, portanto, demonstram que relações positivas e negativas entre as variáveis podem levar a diferenças na quantidade de abelhas. Ao mesmo tempo, a temperatura e a quantidade de chuvas podem atuar em conjunto influenciando não apenas na quantidade de abelhas, mas nas flores que elas visitam. Desta forma, nesse exemplo, também estamos dentro da inferência indutiva, por meio da análise de padrões complexos de dados.

Além da inferência indutiva, podemos ter outra forma de investigação! Vamos supor que temos um conjunto de dados estabelecidos, sobre os quais vários cientistas desenvolveram ideias das relações entre eles e queremos avaliar algumas respostas específicas, dadas certas condições. Ou seja, já temos uma ideia clara do que estaria acontecendo e, se modificarmos alguma variável também conhecida, podemos alterar o que está ocorrendo. Nessa estratégia de investigação nos deparamos com o caminho inverso que havíamos visto na inferência indutiva. Aqui partimos das ideias e buscamos dados específicos que esperamos que se comportem de certa forma diante dessas ideias (teoria). Por exemplo, se a quantidade de flores na paisagem está positivamente relacionada à maior presença de abelhas (ou seja, quanto mais flores, mais abelhas) e negativamente relacionada à quantidade de inseticida lançado nas lavouras vizinhas (ou seja, quanto mais inseticida, menos abelhas), então espero encontrar mais abelhas nos locais com mais flores abertas e nas lavouras que não utilizam inseticidas. Em outras palavras, geramos uma hipótese muito específica e resultados esperados, uma vez que assumimos que essas ideias são verdadeiras. Esse é outro tipo de hipótese, mais complexa, que vai das ideias à busca de dados muito específicos para avaliá-las. Esse outro tipo de hipótese será denominado hipótese de segundo nível ou hipótese racional-empírica. Essa estratégia é mais difícil, mais lenta, porque exige muito conhecimento acumulado, mas nos permite gerar um conhecimento cada vez mais sólido e fazer previsões de como o mundo se comportará. Nós, humanos, gostamos muito disso porque nos permite antecipar (até certo ponto) o que acontecerá, se as condições se repetirem.

E assim os cientistas fazem ciência! Por meio de investigações, de hipóteses sobre o mundo que nos cerca, derivadas tanto das observações

do mundo, quanto do acúmulo de conhecimento que carregam em sua formação. As relações sobre o mundo, sobre a natureza, são complexas! Leva tempo para um cientista ser formado! Mas de dois cientistas que vos falam podemos afirmar com toda a certeza o quão é gratificante e fantástico ser cientista! Cada pergunta respondida seja ela positiva ou negativa, cada resultado compartilhado, vale à pena mesmo diante de qualquer percalço!

2

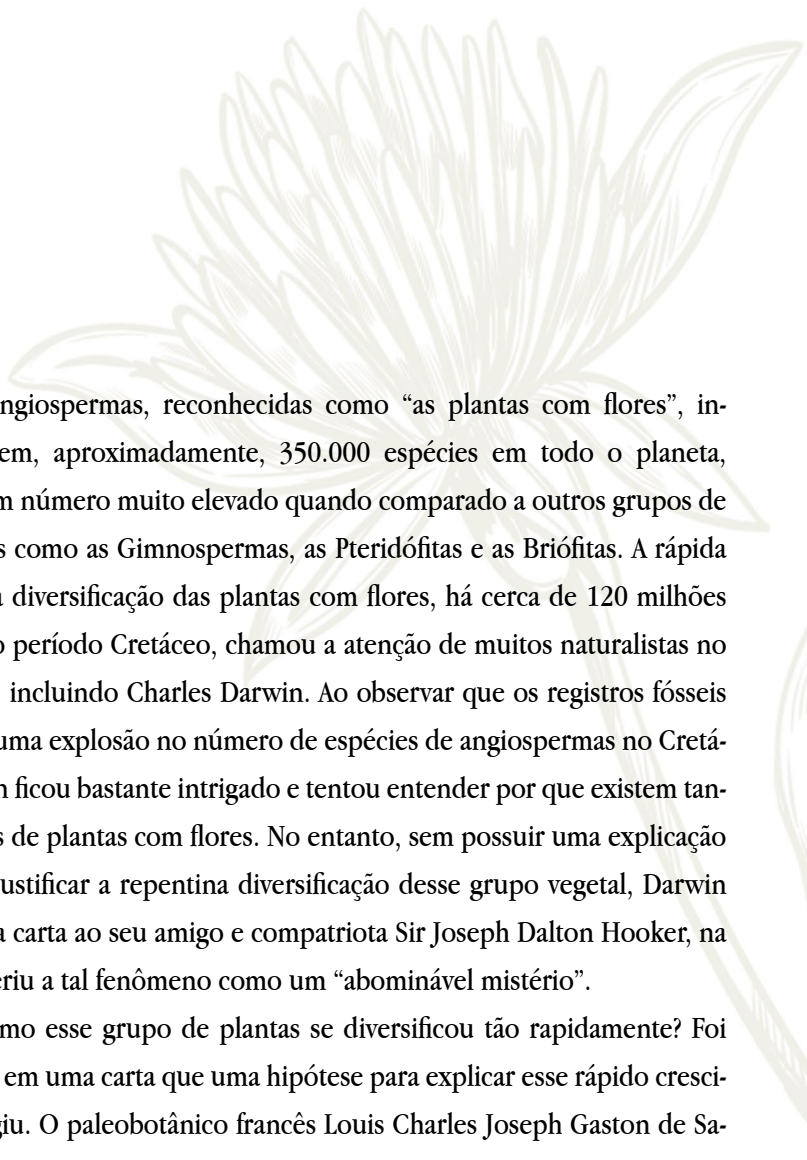
Trocando cartas, mensagens e testando hipóteses: do “abominável mistério” de Darwin à descrição de novos sistemas de polinização

Caio S. Ballarin

Jennyfer Gomes Costa

Felipe W. Amorim





As angiospermas, reconhecidas como “as plantas com flores”, incluem, aproximadamente, 350.000 espécies em todo o planeta, um número muito elevado quando comparado a outros grupos de plantas, tais como as Gimnospermas, as Pteridófitas e as Briófitas. A rápida e repentina diversificação das plantas com flores, há cerca de 120 milhões de anos, no período Cretáceo, chamou a atenção de muitos naturalistas no século XIX, incluindo Charles Darwin. Ao observar que os registros fósseis indicavam uma explosão no número de espécies de angiospermas no Cretáceo, Darwin ficou bastante intrigado e tentou entender por que existem tantas espécies de plantas com flores. No entanto, sem possuir uma explicação clara para justificar a repentina diversificação desse grupo vegetal, Darwin enviou uma carta ao seu amigo e compatriota Sir Joseph Dalton Hooker, na qual se referiu a tal fenômeno como um “abominável mistério”.

Como esse grupo de plantas se diversificou tão rapidamente? Foi novamente em uma carta que uma hipótese para explicar esse rápido crescimento surgiu. O paleobotânico francês Louis Charles Joseph Gaston de Saprota, em carta a Charles Darwin, atribuiu aos insetos a importância central na rápida diversificação e dominância das plantas com flores na superfície terrestre. Após esse debate, Darwin, em diálogo com seus colegas, chegou à conclusão de que, ao contribuir substancialmente para a fecundação cru-

zada entre os indivíduos de uma mesma espécie vegetal, os insetos teriam um papel importante na explicação do abominável mistério. Assim, atraídos pelas geralmente vistosas e recompensadoras flores, os insetos acabam por transportar, de uma flor a outra, os grãos de pólen aderidos ao seu corpo, contribuindo para a reprodução sexuada das angiospermas.

Embora ainda seja bastante discutido qual ou, provavelmente, quais fatores levaram ao rápido surgimento de tantas espécies de angiospermas, a importância dos insetos para a reprodução dessas espécies de plantas é indubitável. Atualmente, estima-se que 87.5% das angiospermas dependem, pelo menos parcialmente, dos serviços de polinização prestados por animais para se reproduzirem. Entretanto, algumas questões permanecem em constante debate. Ainda que haja tantas espécies de plantas com flores, por que será que esse órgão é tão diverso em relação a seu formato, padrão de cores, odor e oferta de recursos?

Evidentemente, se os animais são importantes para a troca de pólen entre flores de uma mesma espécie vegetal, os atrativos e os recursos que as flores exibem podem ser, justamente, “artimanhas” ou “estratégias” selecionadas ao longo de muitos anos para manter esses prestadores de serviços sempre à disposição, assegurando, portanto, a fecundação cruzada. Embora não tenha conhecido os trabalhos do monge austríaco Gregor Johann Mendel – o “pai da Genética” – sobre hereditariedade, Darwin sabia que as características florais que favoreciam o transporte de pólen de flor em flor realizado por insetos seriam favorecidas ou selecionadas. Esse é um dos exemplos que Darwin apresenta no Capítulo IV de sua mais famosa obra, *A origem das espécies*, no qual ele ilustra a ação do fenômeno que denominou seleção natural.

Apesar da importância numérica e ecológica dos insetos na polinização das angiospermas, os animais polinizadores são inúmeros, e não se restringem somente aos insetos. Além de abelhas, vespas, moscas, borboletas, mariposas e besouros, os vertebrados, como beija-flores, lagartos, morcegos, e, até mesmo, mamíferos não voadores, como roedores, lêmures e marsupiais, também polinizam muitas espécies de plantas. Uma vez que cada um deles representa distintos grupos de animais, os quais possuem diferentes características sensoriais, as flores que visitam podem exibir sinais distintos relacionados às preferências e capacidades sensoriais que cada grupo de animal apresenta.

Portanto, ao longo do tempo evolutivo, a seleção natural atua de maneira a moldar as flores das espécies vegetais para atrair aqueles animais que melhor contribuem para a sua reprodução sexuada, sendo eles mais eficientes seja por visitarem mais vezes a planta, seja por transportarem o pólen de uma flor à outra de forma mais eficaz. Assim, entender para qual grupo de polinizadores a planta direciona seus atrativos e recursos florais se tornou uma questão bastante debatida dentro das ciências naturais.

Charles Darwin e os cientistas da época não se eximiram de entrar também nesse debate. Eles sempre trocavam amostras de flores coletadas ao redor do mundo, a fim de entender os motivos pelos quais elas apresentavam determinados padrões morfológicos. Em mais uma célebre troca de cartas, em 1862, Darwin, intrigado com a morfologia de *Angraecum sesquipedale* (Figura 2.1), uma orquídea endêmica de Madagascar, ilha localizada no sudeste do continente africano, dirigiu-se, novamente por meio de uma carta, ao seu amigo Hooker, fazendo a seguinte indagação: “Bom céu, que tipo de inseto pode sugar isso?” (DARWIN, 1862a).

A flor em questão apresentava uma estrutura muito peculiar, na qual o néctar era produzido e permanecia alojado. Tratava-se de um esporão (um tipo de canudo aberto apenas de um lado, formando o que chamamos de tubo floral), cujo comprimento total se aproximava dos 30 centímetros (Figura 2.1a). Ao observar a estrutura tão exagerada, Darwin também se questionou sobre qual seria a razão de uma flor produzir um tubo tão longo, lançando, em seguida, uma nova suposição bastante intrigante. Ele predisse que o comprimento do esporão estaria relacionado à possível existência de uma mariposa na Ilha de Madagascar, cuja probóscide (aparelho bucal sugador presente em borboletas e mariposas) teria um comprimento capaz de acessar o néctar escondido na ponta daquele tubo floral (DARWIN, 1862b).

Darwin (1877) relata que sua predição teria sido ridicularizada pelos entomologistas da época. Entretanto, por volta de uma década depois da predição feita por Darwin no ano de 1862, o naturalista alemão radicado no Brasil Fritz Müller coletou, na cidade de Itajaí, em Santa Catarina, uma mariposa com uma probóscide tão longa quanto a da mariposa que Darwin supôs existir em Madagascar. Ao fazer tal descoberta, Fritz Müller removeu a probóscide enrolada da mariposa e a enviou, por intermédio de uma carta, ao seu irmão Hermann Müller, na Alemanha. Hermann, por sua vez, publicou, na prestigiosa revista *Nature* (MÜLLER, 1873), o achado de seu irmão no Brasil, e Darwin, ao ler o trabalho, tomou conhecimento da existência de tal mariposa na América do Sul (Figura 2.1b).

Essa descoberta deixou Darwin ainda mais convencido de que, em Madagascar, deveria existir a mariposa polinizadora de *Angraecum sesquipedale*. O naturalista inglês faleceu no ano de 1882, e apenas no ano de 1903, 41 anos após sua predição, foi descoberta e descrita, em Madagascar, uma

subespécie de mariposa cuja probóscide era longa o suficiente para alcançar o néctar da orquídea. A mariposa de Darwin fora encontrada finalmente, e em homenagem à predição que ele fizera, ela foi batizada com o histórico nome de *Xanthopan morgani praedicta*.

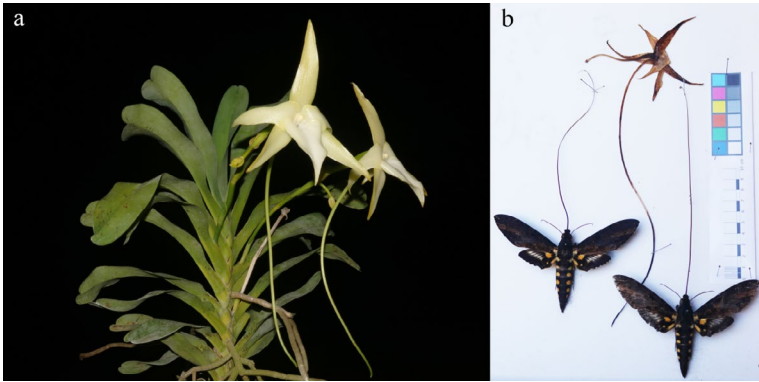


Figura 2.1 – *Angraecum sesquipedale*, a orquídea endêmica de Madagascar que intrigou Darwin, e a possível mariposa de Fritz Müller. a) detalhe das flores de *A. sesquipedale* e os seus longos esporões ; b) o esfingídeo *Neocyttius cluentius* (Sphingidae), provável mariposa coletada por Fritz Müller no Brasil com sua probóscide com mais de 20 cm de comprimento esticada. Note entre as duas mariposas, uma flor desidratada de *A. sesquipedale* mostrando a dimensão do tubo floral da “orquídea de Darwin” em relação à probóscide da “mariposa de Müller”.

Fonte: Acervo pessoal de Felipe W. Amorim.

Nos dias atuais, a troca de cartas já não é mais um hábito tão comum, mas o debate entre cientistas a respeito de qual seja o principal polinizador das espécies de angiospermas descobertas e estudadas em várias partes do planeta é, ainda, algo muito frequente e atual. Tal debate é guiado, normalmente, pelo conceito de “síndromes de polinização”, ou seja, o conjunto de características florais convergentes associadas aos polinizadores que nos permite prever os potenciais polinizadores de uma planta pela observação dos atributos florais que ela apresenta.

As síndromes de polinização são diversas nos diferentes ecossistemas terrestres, mas algumas plantas ainda intrigam cientistas por serem tão diferentes e peculiares, que parecem não se encaixar efetivamente em nenhuma das síndromes de polinização já conhecidas. Assim, somente por meio da apresentação de uma hipótese, e de seu subsequente teste (como abordado no Capítulo 1), é possível justificar o motivo pelo qual certas plantas não se encaixam em nenhuma síndrome de polinização já conhecida.

Entre os grupos de plantas dos quais menos conhecemos os polinizadores, está a família Balanophoraceae, cujas espécies são parasitas de raízes de outras espécies vegetais. No Brasil, existe uma espécie muito peculiar e pouco conhecida pertencente a essa família, a *Scybalium fungiforme* (Figura 2.2). A planta leva esse nome por sua grande semelhança com um fungo. É difícil olhar pela primeira vez para a espécie e acreditar que se trata de uma planta.

Foi tal espécie que fez com que cientistas pudessem reavivar a troca de mensagens sobre plantas e seus polinizadores, porém, dessa vez, não mais utilizando cartas como era feito na época de Darwin, Hooker, Müller e seus diversos colaboradores ao redor do mundo. Agora, tais mensagens navegam via Internet pela troca de *e-mails* e, até mesmo, mensagens de *Whatsapp*.

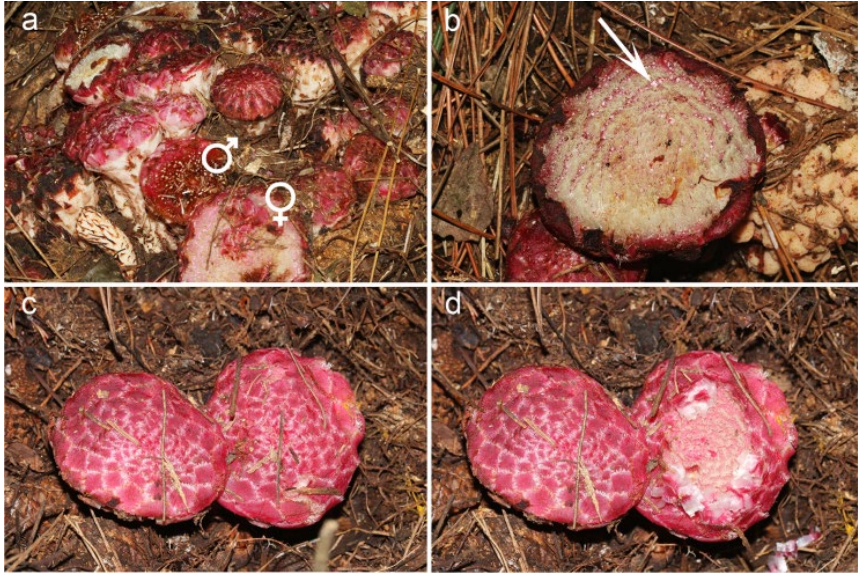


Figura 2.2 – Aspectos morfológicos da espécie holoparasítica *Scybalium fungiforme*. a) uma planta individual com quase 20 inflorescências. As inflorescências masculinas (♂) e femininas (♀) são destacadas na imagem; b) inflorescência feminina com grandes quantidades de néctar (gotas brilhantes dispostas radialmente, veja a seta) secretada pelos necários extraflorais; c) inflorescências femininas completamente cobertas por suas brácteas (pequenas folhas modificadas) em escala e; d) as mesmas inflorescências, após remoção das brácteas manualmente.

Fonte: Acervo pessoal de Felipe W. Amorim.

No início da década de 1990, a professora e bióloga Patrícia Morellato (AMORIM *et al.*, 2020) deparou-se, na floresta de Santa Genebra, em Campinas, com a peculiar *Scybalium fungiforme*. A inflorescência dessa espécie se localiza rente ao solo e possui uma morfologia única em relação às outras espécies da família: ela tem formato de prato, em que abriga as inúmeras flores minúsculas, e é coberta por pequenas folhas modificadas (brácteas) de cor vermelha. As flores e o néctar, entretanto, só ficam expostos aos visitantes quando as brácteas não estão mais cobrindo a inflorescência.

Ao observar essa planta tão diferente, Patrícia lembrou-se daquelas espécies da família Proteaceae que, em outras partes do mundo, como África do Sul e Austrália, são polinizadas por roedores e marsupiais. Assim, a bióloga levantou a hipótese de que *S. fungiforme* poderia ser polinizada por roedores ou gambás, e a fim de testar essa hipótese, adicionou pó fluorescente em algumas inflorescências da planta; posteriormente, instalou armadilhas de mamíferos para capturar os potenciais visitantes da espécie. Em uma das manhãs de seu estudo, Patrícia se deparou com um gambá-de-orelha-branca, *Didephis albiventris*, dentro da armadilha; em seu focinho, havia resquício do pó fluorescente depositado sobre as inflorescências da planta. Desse modo, a cientista encontrou uma evidência indireta de que *Scybalium fungiforme* poderia ter gambás como seu principal polinizador.

Em 2019, quase 30 anos após as observações iniciais realizadas pela pesquisadora, essa hipótese foi novamente levantada, de forma independente, por um grupo de alunos de graduação da UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”). Uma nova população da espécie foi encontrada na Reserva Biológica da Serra do Japi, uma área de floresta muito próxima e similar àquela de Campinas, na qual a planta foi observada no início dos anos de 1990. Tal como a pesquisadora Patrícia Morellato (AMORIM, 2020), os alunos também fizeram a mesma pergunta sobre qual animal polinizaria a planta, e chegaram à conclusão de que a espécie poderia ser polinizada por mamíferos não voadores, tais como roedores.

Para testar a hipótese, os alunos fizeram algo um pouco diferente: eles instalaram câmeras com visão noturna direcionadas às inflorescências de *S. fungiforme* e deixaram as câmeras no campo filmando durante a noite. Para a surpresa de todos, já na primeira noite de filmagem, foi registrado

um gambá-de-orelha-preta, *Didelphis aurita*, visitando as inflorescências da planta e lambendo o néctar produzido abundantemente pela espécie.

No dia seguinte, o grupo teve mais surpresas agradáveis. Durante o dia, as inflorescências também eram visitadas por animais diurnos, como abelhas, vespas e beija-flores, e todos tomaram o néctar abundante presente na inflorescência. Entretanto, ao observar as inflorescências mais cautelosamente, o grupo levantou a hipótese de que as flores só poderiam ser expostas aos visitantes se as brácteas que cobrem a inflorescência fossem mecanicamente removidas, e o candidato mais provável a desempenhar esse papel seriam os gambás.

A morfologia das mãos e pés dos gambás lhes confere a facilidade mecânica de remover as brácteas que cobrem as inflorescências de *Scybalium fungiforme*. Logo, esta pode se tratar de uma nova síndrome de polinização, em que a planta, possivelmente, possui adaptações primárias à polinização por gambás. Foi por meio de mensagens de *Whatsapp* e *e-mail* que Patrícia tomou conhecimento de que a sua predição, feita há quase 30 anos, fora corroborada finalmente.

O conceito de síndromes de polinização é muito importante para auxiliar os cientistas a traçarem hipóteses evolutivas sobre adaptação das flores aos seus polinizadores. Entretanto, as interações entre plantas e polinizadores podem ser consideradas verdadeiras miscelâneas, já que diversos visitantes florais, e não somente o polinizador mais eficiente, visitam as flores de uma mesma espécie de planta. Os sinais emitidos pelas plantas direcionados aos seus principais polinizadores não necessariamente deixam de ser interpretados por visitantes florais menos eficientes. Isso constitui uma complexa rede de interações entre plantas e seus polinizadores, e também

ajuda cientistas da vida ao redor do mundo a compreenderem porque as plantas com flores são tão diversas globalmente.

Assim, pesquisadores de diferentes gerações levantaram hipóteses, foram a campo testá-las e debateram as implicações de seus achados independentes. Hoje, sabe-se que gambás são os polinizadores de *Scybalium fungiforme*, e que, possivelmente, essa relação revela uma nova síndrome de polinização. Embora não seja mais tão comum a troca de cartas, visto que, atualmente, utiliza-se com maior frequência *e-mails* e mídias sociais, ainda é muito importante que os cientistas possam seguir discutindo os seus achados, para que, juntos, por meio de trabalhos colaborativos, possam ajudar a transformar o conhecimento e, dessa forma, trazer novas contribuições à ciência.

Sugestões de leitura

AMORIM, F. W. *et al.* Good heavens what animal can pollinate it? A fungus-like holoparasitic plant potentially pollinated by opossums. **Ecology**, [s. l.], v. 101, n. 5, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ecy.3001>. Acesso em: 12 jul. 2021.

DARWIN, C. R. **Letter 3411-Darwin, C. R., to Hooker, J.D, 25 January 1862**. London, UK: [s. n.], 1862a. Disponível em: <http://www.darwinproject.ac.uk/>. Acesso em: 03 ago. 2021.

DARWIN, C. R. **On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilized by insects**. London, UK: John Murray, 1862b. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/contents.html>. Acesso em: 03 ago. 2021.

DARWIN, C. R. **The various contrivances by which British and foreign orchids are fertilized by insects**. 2. ed. London, UK: John Murray, 1877. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/contents.html>. Acesso em: 03 ago. 2021.

GUIMARÃES, M. Câmeras noturnas flagram polinização inédita, por gambá. **Revista Pesquisa FAPESP**, [s. l.], fev. 2020. Disponível em: <https://revista-pesquisa.fapesp.br/2020/02/26/flor-polinizada-por-gamba-surpreende-pesquisadores/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MÜLLER, H. Probosces capable of sucking the nectar of *Angraecum sesquipedale*. **Nature** [s. l.], v. 8, 223, jul. 1973. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/008223a0>. Acesso em: 03 ago 2021.

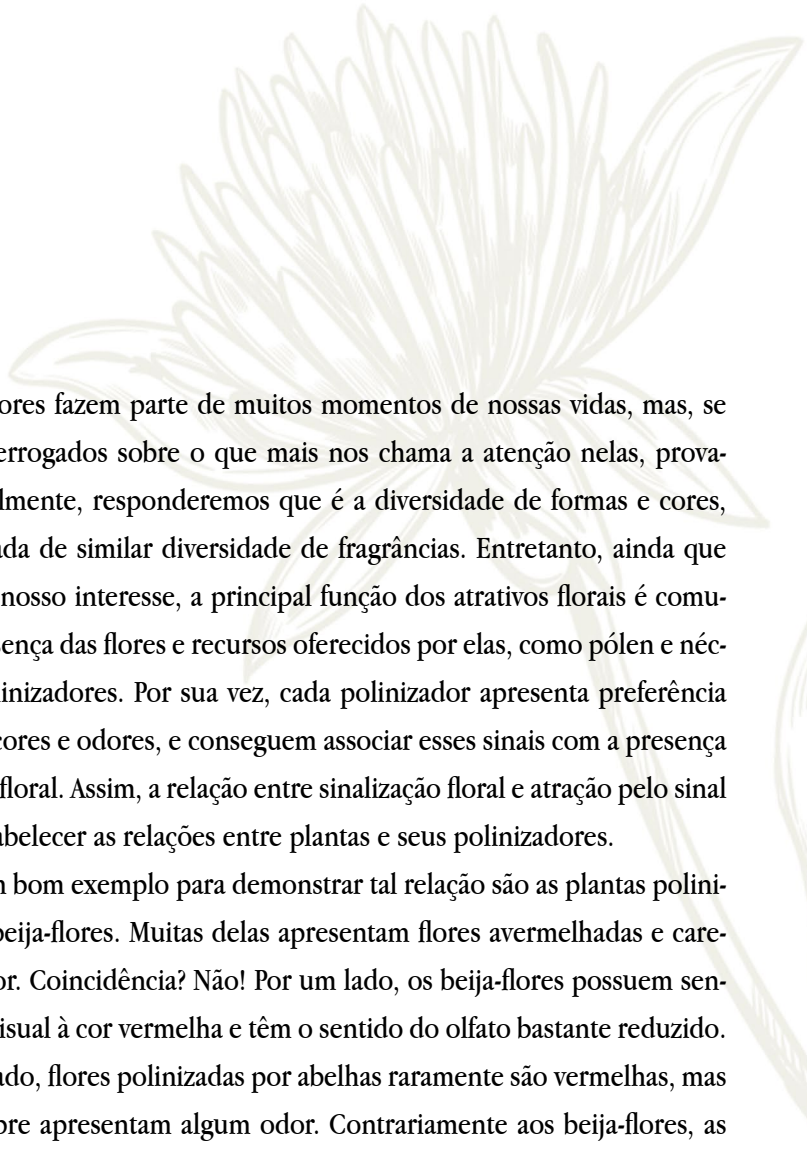
3

Flores que “se escondem” das abelhas?: o curioso caso das flores vermelhas

Francismeire Telles

Pedro Bergamo





As flores fazem parte de muitos momentos de nossas vidas, mas, se interrogados sobre o que mais nos chama a atenção nelas, provavelmente, responderemos que é a diversidade de formas e cores, acompanhada de similar diversidade de fragrâncias. Entretanto, ainda que despertem nosso interesse, a principal função dos atrativos florais é comunicar a presença das flores e recursos oferecidos por elas, como pólen e néctar, aos polinizadores. Por sua vez, cada polinizador apresenta preferência por certas cores e odores, e conseguem associar esses sinais com a presença do recurso floral. Assim, a relação entre sinalização floral e atração pelo sinal ajuda a estabelecer as relações entre plantas e seus polinizadores.

Um bom exemplo para demonstrar tal relação são as plantas polinizadas por beija-flores. Muitas delas apresentam flores avermelhadas e carecem de odor. Coincidência? Não! Por um lado, os beija-flores possuem sensibilidade visual à cor vermelha e têm o sentido do olfato bastante reduzido. Por outro lado, flores polinizadas por abelhas raramente são vermelhas, mas quase sempre apresentam algum odor. Contrariamente aos beija-flores, as abelhas possuem baixa sensibilidade ao vermelho e respondem muito bem aos odores.

Contudo, ainda que haja preferências, elas podem se sobrepor, fazendo com que as mesmas flores sejam visitadas por várias espécies como

beija-flores, abelhas, moscas, besouros etc. Ou, na ausência de forma/cor/odor preferido por cada um dos visitantes, as flores podem receber visitas de diferentes animais em busca do mesmo recurso. A desvantagem é que alguns dos visitantes podem coletar o recurso sem realizar a polinização, ou seja, sem movimentar o pólen (que possui os gametas masculinos) entre as flores e auxiliar na correta deposição nos estigmas (estrutura que auxilia na função feminina das flores). Curiosamente, é o caso de muitas plantas polinizadas por beija-flores, cujas flores podem receber visitas de abelhas pouco efetivas no processo de polinização.

A associação entre a cor vermelha e a polinização por beija-flores levou alguns cientistas a formularem duas hipóteses para tentar explicar essa relação:

1. Hipótese relacionada à capacidade visual dos beija-flores: considerando que os beija-flores enxergam flores vermelhas muito bem, eles poderiam possuir preferência por cores vermelhas, levando à evolução da associação dessas flores com as aves;
2. Hipótese relacionada à capacidade visual das abelhas: considerando que as abelhas apresentam capacidade visual limitada para enxergar flores vermelhas polinizadas por beija-flores, essas flores teriam evoluído para “se esconder” das abelhas, já que, nesse caso, elas são polinizadores pouco efetivos.

Essas hipóteses foram testadas em diferentes cenários. Em um deles, o autor principal e seus colaboradores selecionaram uma espécie da Mata Atlântica, a caninha do brejo (*Costus arabicus*), que apresentava indivíduos com flores brancas e indivíduos com flores de cores variando entre rosa e avermelhado, e que recebiam visitas de abelhas e beija-flores (Figura 3.1). Antes

de começarem as observações, primeiramente, autor e colaboradores verificaram que não havia diferenças na forma nem na recompensa entre flores de diferentes cores. Para isso, mediram as flores, o volume e a concentração de açúcares do néctar em cada cor, já que essas características também poderiam estar associadas à preferência de cada animal visitante floral.



Figura 3.1 – Variação de cor floral entre os indivíduos da caninha do brejo *Costus arabicus*, flores brancas (esquerda) e flores rosa (direita).

Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Após constatarem que a forma e a recompensa eram similares e que as flores variavam apenas na cor, eles quantificaram (contaram) as visitas de beija-flores e abelhas, para verificar quais flores (branca ou rosa) cada grupo (abelhas e beija-flores) escolhia. Por um tempo similar, observaram flores brancas e rosas, registrando o número de flores examinadas e quantas visitas cada animal realizava a cada uma delas. A partir desses dados, calcularam taxas de visitação de beija-flores e abelhas para as flores brancas e rosas (Figura 3.2).

A primeira constatação foi a de que os beija-flores não demonstraram preferência por nenhuma das duas cores, exibindo taxas de visitação similares. Logo, a conclusão é de que esses dados não suportam a hipótese de preferência das aves pelo vermelho. Já as abelhas visitaram as flores brancas em maior proporção que as rosas, o que indica claramente que cores avermelhadas são menos atrativas a elas, e dá suporte à hipótese de que tais flores “se escondem” delas.

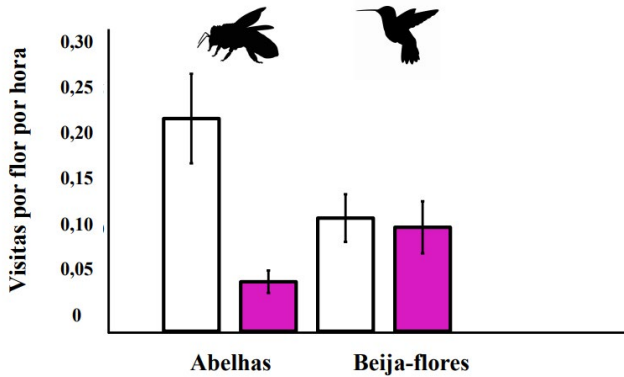


Figura 3.2 – Taxas de visitação (número de visitas por flor por hora) de abelhas e beija-flores nas flores brancas (barras brancas) e rosas (barras rosa). Observe que as abelhas, proporcionalmente, visitaram mais as flores brancas do que as rosas, enquanto os beija-flores exibiram taxas de visitação similares nos dois tipos de flores.

Fonte: Elaboração dos autores.

Assim, isso significa que as abelhas não enxergam flores vermelhas? Não! As abelhas conseguem, sim, perceber essas flores; no entanto, dado o seu sistema visual, elas as percebem de forma diferente e bem menos eficiente que os beija-flores. As abelhas – ou, ao menos, a maioria das estudadas até o momento –, apesar de enxergarem muito bem outras cores, não

possuem células receptoras de luz, chamadas de fotorreceptores, que lhes permitam perceber o vermelho como cor, ao contrário dos beija-flores. Sendo assim, elas enxergam o vermelho não como vermelho, mas pelas diferenças de contraste acromático, isto é, sem uso de cor entre o objeto vermelho e o seu plano de fundo.

Fazendo uma analogia com o nosso próprio sistema visual, é como se as abelhas enxergassem diferentes tons de cinza quando olham para flores vermelhas. Mas, você pode estar se perguntando: se, no final das contas, as abelhas são capazes de encontrar flores vermelhas, por que a hipótese de as flores vermelhas se “esconderem” ou se excluírem do sistema visual desses insetos é a que prevalece? Porque, como mencionado anteriormente, é uma questão de eficiência na localização!

Para testar a hipótese de que as abelhas são menos eficientes procurando por flores vermelhas, uma pesquisadora e alguns colegas fizeram um experimento com uma espécie de abelha europeia, a *Bombus terrestris*. Para o experimento, eles usaram flores artificiais vermelhas e azuis e separaram as abelhas em dois grupos: um grupo que ia visitar as flores vermelhas e um grupo que ia visitar as flores azuis. Usando uma jaula de voo, posicionaram as flores artificiais no solo e permitiram a entrada de uma abelha por vez, alternando entre os grupos. Dentro da jaula, as abelhas podiam voar e visitar as flores em busca de néctar artificial, também preparado por eles (Figura 3.3).

Nesse cenário, fizeram a seguinte previsão: se as abelhas são, realmente, menos eficientes em encontrar flores vermelhas, o tempo que elas demoram para localizar tais flores será maior se comparado ao tempo gasto para encontrar flores azuis. Estavam certos: as abelhas que procuravam flores vermelhas demoraram mais que o dobro de tempo para encontrar essas

flores em comparação com as abelhas que estavam procurando as flores azuis (Figura 3.3). Isso quer dizer que, na natureza, elas demorariam muito para encontrar o néctar, o que, provavelmente, não compensaria o esforço, pensando na relação gasto energético com o voo/benefício da coleta.

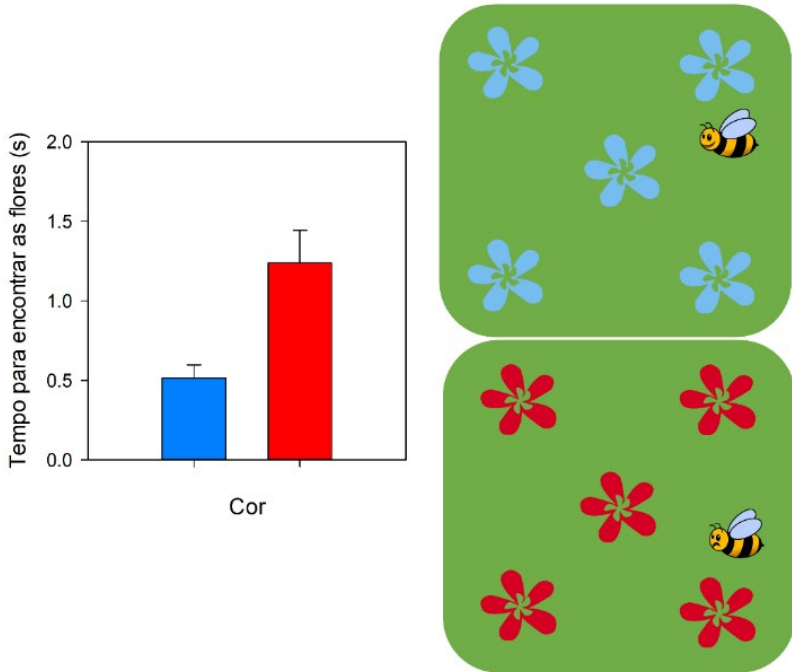


Figura 3.3 – Desenho experimental e tempo de resposta das abelhas em encontrar flores vermelhas e azuis. Observe as diferenças entre as barras vermelha (representando as flores vermelhas) e azul (representando as flores azuis).

Fonte: Elaboração dos autores.

Dessa forma, questiona-se qual seria, para as flores, a vantagem de serem menos chamativas às abelhas e, portanto, menos visitadas? A vantagem está mais uma vez na eficiência; mas, nesse caso, na eficiência da polinização.

Como plantas são imóveis, elas dependem dos vetores corretos para a transferência dos gametas masculinos, carregados pelo pólen. Quanto mais distante o grão de pólen viajar, maior a chance de polinização cruzada, ou seja, a transferência do pólen entre flores de indivíduos de plantas diferentes.

A polinização cruzada, geralmente, resulta em frutos com alta qualidade, formando sementes viáveis e descendentes vigorosos. Essa movimentação dos polinizadores entre flores de diferentes indivíduos da mesma espécie indica se um animal pode promover a polinização cruzada ou a autopolinização, ou seja, a transferência do pólen entre flores do mesmo indivíduo.

Na caninha-do-brejo, o pesquisador e seus colaboradores constataram que os beija-flores foram excelentes polinizadores, promovendo, quase que exclusivamente, a polinização cruzada, enquanto as abelhas realizaram, em geral, voos mais curtos, desenvolvendo polinização cruzada e autopolinização em proporções similares. A autopolinização pode ser prejudicial a longo prazo, podendo produzir frutos de baixa qualidade, com sementes menos vigorosas e, portanto, menos viáveis. Logo, a coloração vermelha das flores pode condicionar uma vantagem para as plantas que as possuem: reduzir a visitação de animais que promovem autopolinização, e, por consequência, aumentar o sucesso reprodutivo.

Sugestões de leitura

BERGAMO, P. J.; RECH, A. R.; BRITO, V. L. G.; SAZIMA, M. Flower colour and visitation rates of *Costus arabicus* support the ‘bee avoidance’ hypothesis for red-reflecting humming bird-pollinated flowers. **Functional Ecology**, [s. l.], v. 30, p. 710-720, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12537>. Acesso em: 12 jun. 2021.

TELLES, F. J.; CORCOBADO, G.; TRILLO, A.; RODRÍGUEZ-GIRONÉS, M. A. Multimodal cues provide redundant information for bumble bees when the stimulus is visually salient, but facilitate red target detection in a naturalistic background. *PLoS ONE*, [s. l.], v. 12, e0184760, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184760>. Acesso em: 12 jun. 2021.

4

Tem uma mosca na minha... flor!

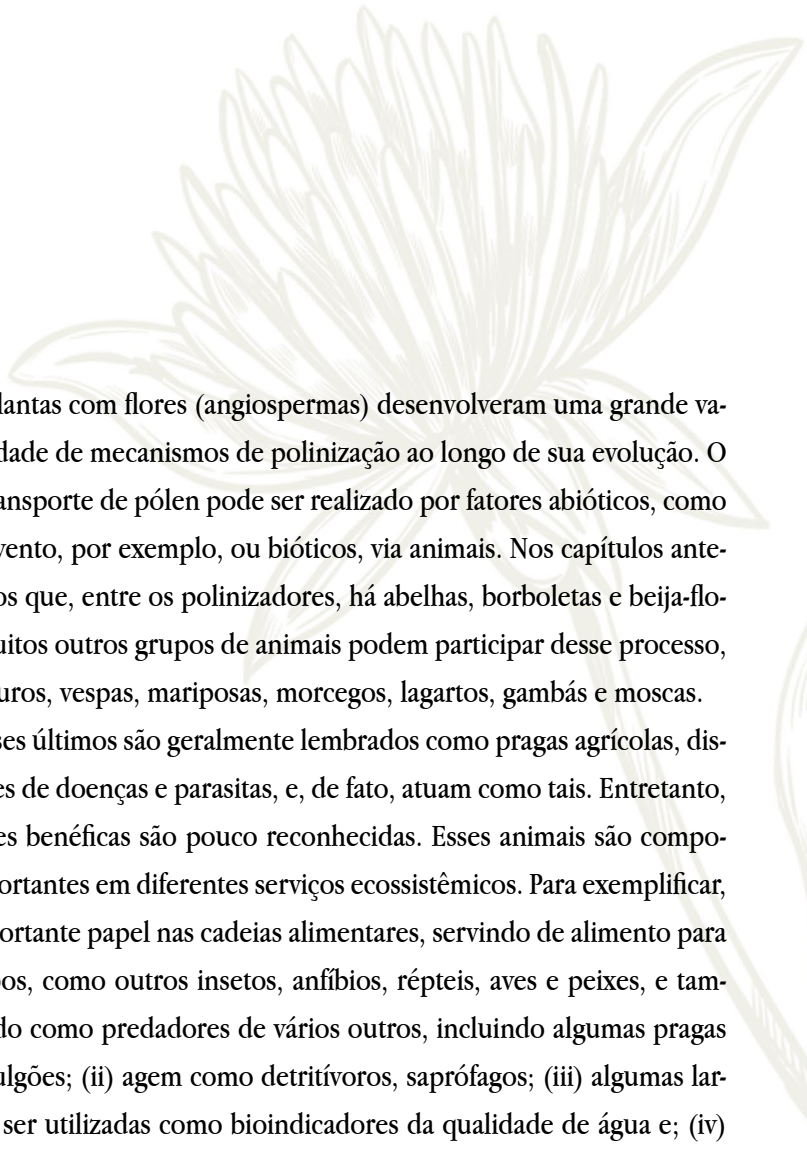
Camila Aoki

Gudryan J. Barônio

Camila Silveira Souza

Daniel M. Corrêa de Alcantara





As plantas com flores (angiospermas) desenvolveram uma grande variedade de mecanismos de polinização ao longo de sua evolução. O transporte de pólen pode ser realizado por fatores abióticos, como a água e o vento, por exemplo, ou bióticos, via animais. Nos capítulos anteriores, vimos que, entre os polinizadores, há abelhas, borboletas e beija-flores, mas muitos outros grupos de animais podem participar desse processo, como besouros, vespas, mariposas, morcegos, lagartos, gambás e moscas.

Esses últimos são geralmente lembrados como pragas agrícolas, disseminadores de doenças e parasitas, e, de fato, atuam como tais. Entretanto, suas funções benéficas são pouco reconhecidas. Esses animais são componentes importantes em diferentes serviços ecossistêmicos. Para exemplificar, (i) têm importante papel nas cadeias alimentares, servindo de alimento para vários grupos, como outros insetos, anfíbios, répteis, aves e peixes, e também atuando como predadores de vários outros, incluindo algumas pragas como os pulgões; (ii) agem como detritívoros, saprófagos; (iii) algumas larvas podem ser utilizadas como bioindicadores da qualidade de água e; (iv) atuam na polinização de diversas espécies de plantas, como a *Aristolochia* do Capítulo 6. Discorreremos, neste capítulo, sobre essa última função.

Na ordem Diptera, estão incluídos os insetos popularmente chamados de moscas, mosquitos, varejeiras, pernalongos, borrachudos, mutucas,

tatuquiras, muriçoca e maruim. Essa ordem é uma das quatro mais diversas dentro da classe Insecta, presente em todos os continentes e com uma ampla diversidade morfológica. Apresenta cerca de 153.000 espécies descritas no mundo, distribuídas dentro de, aproximadamente, 160 famílias, o que compreende de 10 a 15% das espécies de animais descritas.

De acordo com o Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil, atualmente, são conhecidas, no país, 11.237 espécies, distribuídas dentro de 1950 gêneros. Contudo, a ordem é considerada pouco conhecida. Estima-se que esses números possam ser maiores, chegando a 400 mil espécies no mundo e 60 mil no Brasil.

Ao menos 71 das 150 famílias de Diptera se alimentam de pólen ou néctar, podendo atuar como polinizadores. A maioria das famílias que visitam flores apresentam uma probóscide (aparelho bucal) curta, limitando-se, dessa forma, a utilizar flores mais abertas, com recursos acessíveis (ou seja, que não estão escondidos). Mas diversas famílias, como Bombyliidae, Empididae, Nemestrinidae, Syrphidae e Tabanidae, apresentam espécies especializadas na utilização de flores e longas probóscides (Figura 4.1).

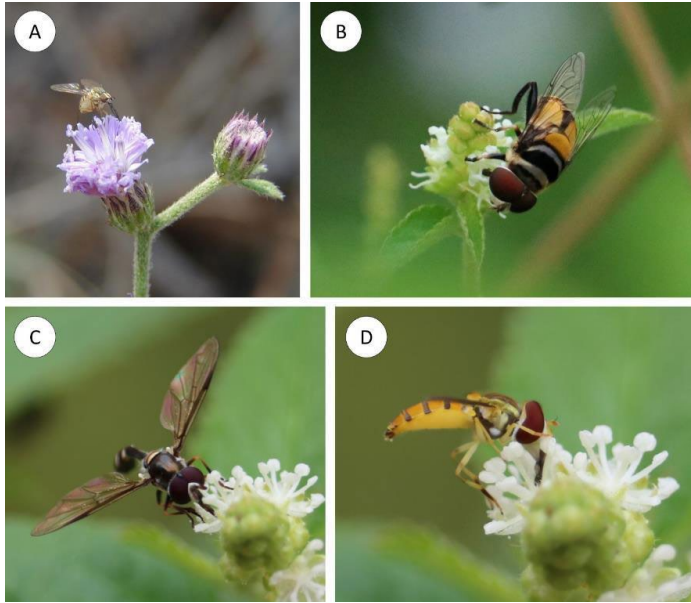


Figura 4.1 – Polinização por moscas. A) Bombyliidae (*Poecilognathus* sp.) em *Lepidaploa pseudomuricata* (Asteraceae); B, C, D) diversas espécies de Syrphidae em *Croton* sp. (Euphorbiaceae).

Fonte: Acervo pessoal de Camila Aoki.

Os dípteros são conhecidos como polinizadores regulares de mais de 550 espécies de plantas com flores, incluindo mais de 100 espécies de plantas cultivadas. Entre elas, estão a manga, o caju, o melão, o morango, a maçã, a mostarda, a couve-flor, o tomate, a pimenta, a canola e o girassol. Algumas dessas culturas são altamente dependentes dos dípteros para manter a sua produtividade, como é o caso do cacau (*Theobroma cacao*), matéria-prima do chocolate, polinizado, principalmente, por mosquitos ceratopogonídeos (*Forcipomyia* spp.). Em outras palavras, sem dípteros, sem chocolate! O fato é que o número de espécies vegetais polinizadas por

moscas é, certamente, bem maior que o apresentado, uma vez que esse grupo tem sido negligenciado em estudos de polinização, e entre as possíveis causas, está o fato de os animais que o compõem serem pequenos, poucos carismáticos e difíceis de identificar.

Para exemplificar, vamos falar um pouco sobre a riqueza de espécies visitadas por moscas no Parque Nacional das Emas, situado na divisa entre Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Entre outubro de 2008 e setembro de 2009, realizamos coletas em campo sujo – um tipo de formação vegetal onde há predomínio de gramíneas com arbustos e subarbustos esparsos (Figura 4.2) e que cobre grande parte do Parque – com o objetivo de registrar os visitantes florais (polinizadores ou não) nessas áreas.

Registramos os visitantes florais de todas as plantas que floresceram em 37 parcelas fixas (áreas delimitadas em formato retangular) de 15 m x 25 m (aproximadamente, 13.900 m²). Para inferir o papel desses visitantes florais na polinização, observamos seu comportamento na flor e o tamanho corporal em relação à posição, ao tamanho e ao arranjo dos estames e do estilete. O visitante foi considerado polinizador quando contatava anteras e estigma(s), ou seja, quando era capaz de realizar a transferência do pólen durante a visita. Insetos que obtiveram recurso sem realizar polinização foram considerados pilhadores, isto é, saqueadores ou “ladrões”, uma vez que utilizam o recurso sem realizar a polinização em troca.



Figura 4.2 – Campo sujo amostrado no Parque Nacional das Emas, Brasil.
Fonte: Acervo pessoal de Camila Aoki.

Foram registradas 118 visitas de moscas às flores de 36 espécies vegetais pertencentes a 13 famílias botânicas. Trinta e nove espécies de moscas pertencentes a 10 famílias foram observadas utilizando recursos florais. Em termos percentuais, esses números equivalem a 6,3% de todas as visitas registradas por outros grupos de animais (total de 1850 visitas), como abelhas (25%), besouros (40%) e vespas (3,6%), e correspondem a 13% de todas as espécies animais envolvidas nas interações com angiospermas.

As moscas foram observadas utilizando, principalmente, néctar das flores (90%). A substância açucarada constitui uma importante fonte de energia, sendo o recurso procurado pela maioria dos visitantes florais. O pólen foi o outro recurso utilizado pelas moscas (10%). Além de ser a es-

trutura que comporta os gametas masculinos das plantas, o pólen é rico em nutrientes como aminoácidos, polissacarídeos, lipídios e vitaminas, sendo, muitas vezes, necessário para que algumas moscas se reproduzam.

Não registramos o uso de flores para outras finalidades, como cópula ou berçário, assim como não observamos a visita às flores mediada pela enganação, como pode ocorrer quando flores imitam carniça, apresentando, frequentemente, coloração e cheiro semelhantes à carne em putrefação, comum na família Aristolochiaceae do Capítulo 6, por exemplo.

Durante as visitas às flores do Parque Nacional das Emas, as espécies de moscas atuaram como polinizadores em 54% das visitas aproximadamente, constituindo o segundo grupo de polinizadores em número de espécies vegetais polinizadas! De fato, em recentes revisões realizadas sobre o assunto, as moscas são consideradas os principais polinizadores depois das abelhas, as quais apresentam muitas especializações para coleta de recursos florais e alta dependência desses recursos. Abelhas atuaram como polinizadores em quase 90% das visitas às flores do campo sujo estudado, constituindo o principal grupo de polinizadores.

A polinização é um serviço essencial aos ecossistemas, pois, sem ela, muitas plantas não conseguem se reproduzir, e isso afeta sua abundância e ocorrência no ambiente, podendo, em último caso, levar plantas com alta dependência de polinizadores à extinção. Muitos animais também dependem diretamente dos serviços de polinização, uma vez que se alimentam de frutos e sementes; por isso, a manutenção das interações entre plantas e polinizadores deve ser conservada.

Considerando que há um declínio acentuado na população de abelhas no mundo, as moscas já vêm sendo sugeridas como polinizadores substitutos eventuais nos lugares em que as abelhas estão ausentes ou em declínio, considerando que apresentam distribuição global e são o segundo grupo em importância na polinização. Assim, existem razões convincentes para justificar o aumento das pesquisas sobre moscas e suas relações com as plantas para que saibamos valorizá-las.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

Sugestões de leitura

LARSON, B. M. H.; KEVAN, P. G.; INOUE, D. W. Flies and flowers: the taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. **Canadian Entomologist**, [s. l.], v. 133, n. 4, p. 439-465, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/207223435_Flies_and_flowers_Taxonomic_diversity_of_anthophiles_and_pollinators. Acesso em: 12 jul. 2021.

SSYMANK, A.; KEARNS, C. A.; PAPE, T. H.; THOMSON, F. C. Pollinating flies (Diptera): a major contribution to plant diversity and agricultural production. **Biodiversity**, [s. l.], v. 9, n. 1-2, p. 86-89, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/239936865_Pollinating_Flies_Diptera_A_major_contribution_to_plant_diversity_and_agricultural_production. Acesso em: 12 jul. 2021.

WOLOWSKI, M. *et al.* (org.). **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos, SP: Cubo, 2019. Disponível em: https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/03/BPBES_CompletoPolinizacao-2.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

5

Abelhas e flores: os frutos dessa parceria nas nossas mesas

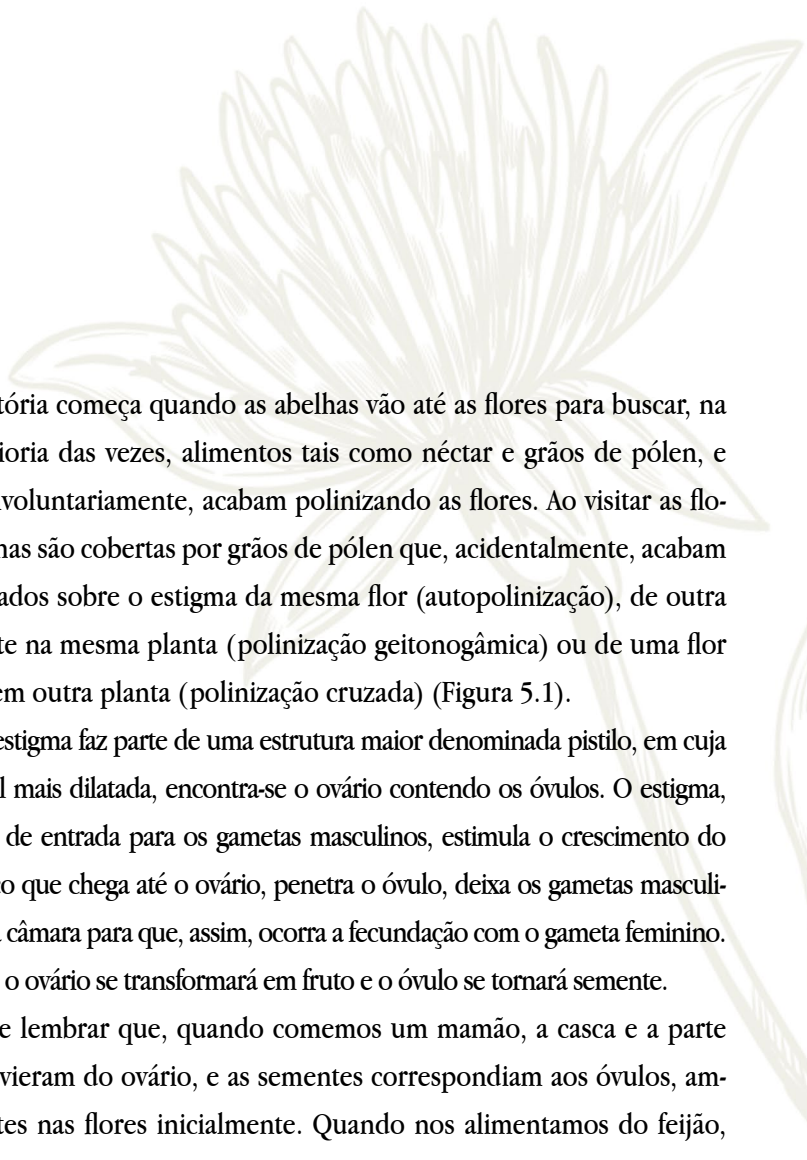
Raphael Matias

Josiana Gonçalves Ribeiro

Marco Túlio Furtado

Hélder Consolaro





A história começa quando as abelhas vão até as flores para buscar, na maioria das vezes, alimentos tais como néctar e grãos de pólen, e involuntariamente, acabam polinizando as flores. Ao visitar as flores, as abelhas são cobertas por grãos de pólen que, acidentalmente, acabam sendo deixados sobre o estigma da mesma flor (autopolinização), de outra flor presente na mesma planta (polinização geitonogâmica) ou de uma flor localizada em outra planta (polinização cruzada) (Figura 5.1).

O estigma faz parte de uma estrutura maior denominada pistilo, em cuja porção basal mais dilatada, encontra-se o ovário contendo os óvulos. O estigma, como porta de entrada para os gametas masculinos, estimula o crescimento do tubo polínico que chega até o ovário, penetra o óvulo, deixa os gametas masculinos em uma câmara para que, assim, ocorra a fecundação com o gameta feminino. Em seguida, o ovário se transformará em fruto e o óvulo se tornará semente.

Vale lembrar que, quando comemos um mamão, a casca e a parte comestível vieram do ovário, e as sementes correspondiam aos óvulos, ambas presentes nas flores inicialmente. Quando nos alimentamos do feijão, o que é consumido é a semente, pois o fruto é descartado no momento da colheita. É importante destacar que as abelhas são os polinizadores mais abundantes em cultivos agrícolas, mas outros insetos e, até mesmo, vertebrados, como aves e morcegos, também realizam o serviço de polinização.

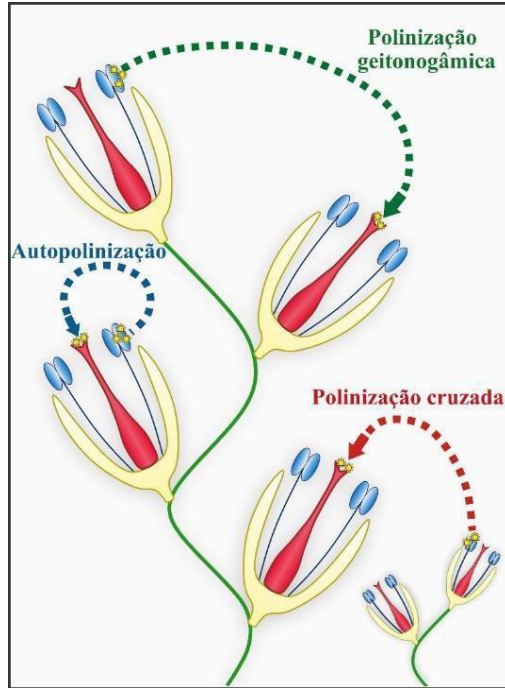


Figura 5.1 – Tipos de polinização em indivíduos com flores bissexuais, considerando a fonte doadora de pólen. Estames correspondem às estruturas azuis, e pistilos, às vermelhas. Fonte: Adaptada de Cardoso *et al.* (2018).

Algumas plantas podem ser polinizadas pelo vento, como milho, arroz e trigo. Outras possuem flores que realizam autopolinização autônoma, uma vez que produzem frutos e sementes na ausência de polinizadores. Entretanto, muitas plantas cultivadas não são polinizadas pelo vento e não realizam a autopolinização autônoma, sendo dependentes das abelhas para que ocorra a frutificação. Mesmo em cultivos agrícolas polinizados pelo vento, as abelhas podem incrementar a polinização e a produção de frutos, como acontece com a pimenta-do-reino e outras pimentas do gênero *Piper*. A presença de

polinizadores também é benéfica em flores que são capazes de se autopolinizarem, tal como o tomate. Apesar de suas flores serem autopolinizadas, há um aumento na quantidade e na qualidade dos frutos (maiores peso, tamanho, e concentração de açúcares, menor acidez, cores mais fortes e formatos mais uniformes) quando suas flores são visitadas pelas abelhas.

As flores do maracujá evitam a autopolinização e necessitam de abelhas específicas, chamadas de mamangavas (*Xylocopa frontalis*, Olivier, 1789), para polinizar suas flores. Contudo, a escassez dessas abelhas vem fazendo a produção do maracujá decair nos últimos anos. Isso ocorre porque as mamangavas constroem seus ninhos em remanescentes de vegetação no entorno das plantações, que, por estarem cada vez mais degradados, acarretam a perda das abelhas e a queda na produção do maracujá.

No Brasil, de um total de 191 plantas relacionadas à alimentação humana, 91 são dependentes de polinizadores, sobretudo das abelhas. Devido à falta desses insetos, registros mostram que a produtividade de diferentes tipos de alimentos foi abaixo da capacidade máxima. Estima-se que a contribuição dos polinizadores para a agricultura brasileira tenha sido de R\$43 bilhões em 2018. Essa fortuna refere-se ao montante que os agricultores teriam que investir caso não houvesse polinizadores naturais.

A falta do serviço de polinização representa cerca de 24% da perda da produtividade agrícola mundial, podendo chegar em até 70% dependendo da espécie cultivada. Muitas das plantas utilizadas na alimentação humana estão dentro de uma família botânica chamada Cucurbitaceae. Entre as espécies mais conhecidas dessa família, e que são visitadas por abelhas, estão a abóbora, a abobrinha, o chuchu, o maxixe, o melão, a melancia e o pepino.

Espécies de Cucurbitaceae, geralmente, possuem flores unissexuais, ou seja, algumas flores são femininas (Figura 5.2A), possuindo apenas pistilo, e outras são masculinas (Figura 5.2B), exibindo apenas estames (estrutura que produz e armazena os grãos de pólen). Essa característica evita a autopolinização, porém torna as espécies totalmente dependentes das abelhas para que ocorra a formação de frutos. Logo, o que fazer quando os polinizadores estão ausentes ou em baixa quantidade? A princípio causa estranhamento, mas uma das alternativas para que a produção de frutos não seja muito afetada é que o ser humano trabalhe como polinizador, fazendo as polinizações de forma manual (Figura 5.2C).

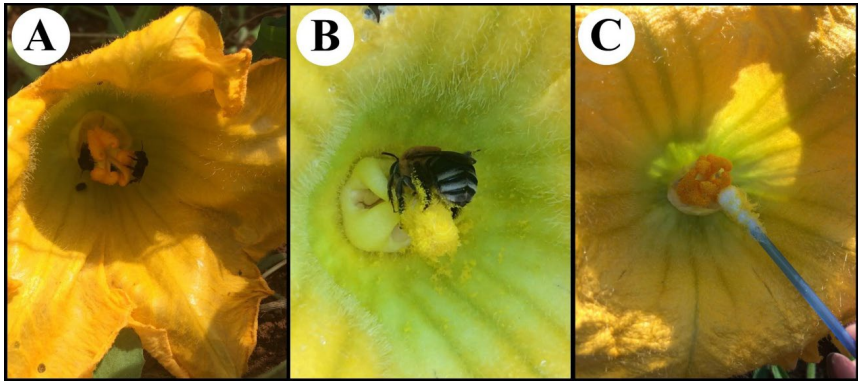


Figura 5.2 – Flores unissexuais de *Cucurbita moschata* Duchesne (Cucurbitaceae). A) flor feminina sendo visitada por *Trigona spinipes*; B) flor masculina sendo visitada por uma espécie da tribo Eucerini e; C) flor feminina sendo polinizada manualmente.

Fonte: Elaboração dos autores.

Cucurbita moschata Duchesne, conhecida como abóbora-cheirosa, é outra Cucurbitaceae com alto valor alimentício. Para ampliar o conhecimento sobre polinização e polinizadores de plantas relacionadas à alimen-

tação, estudamos um cultivo de abóbora-cheirosa (Figura 5.2) na fazenda da família da Josiana, uma das autoras deste texto, no município de Ipameri, Goiás.

Realizamos experimentos para testar a eficácia das abelhas na produção e na qualidade dos frutos, buscando responder a três questões: 1) Existem abelhas visitando as flores?; 2) Após polinizações manuais e naturais, é possível concluir que o serviço de polinização fornecido pelas abelhas é eficaz, maximizando a produção de frutos?; 3) A polinização realizada pelas abelhas gera abóboras de melhor qualidade em comparação com as polinizações realizadas por seres humanos?

Nossa hipótese foi a de que, com a presença das abelhas, a quantidade e a qualidade dos frutos formados por polinizações naturais seriam similares ou, até mesmo, maiores do que as polinizações manuais, já que as abelhas fazem um serviço de polinização eficiente, igual ou superior ao do ser humano. Em contrapartida, se as abelhas estiverem ausentes ou em baixa quantidade, a formação de frutos por polinizações naturais seria baixa ou, ainda, ausente.

O primeiro passo foi verificar se existiam abelhas visitando as flores no cultivo. Passamos 12 horas, distribuídas em quatro dias, em frente às flores para observar os possíveis visitantes florais. Na abóbora-cheirosa, as flores femininas (Figura 5.2A) e masculinas (Figura 5.2B) estão presentes na mesma planta, um sistema sexual chamado monoicía. Nesse caso, só é possível que aconteçam dois tipos de polinização: geitonogâmica e cruzada, que realizamos manualmente.

Na polinização manual geitonogâmica, a flor feminina foi polinizada com pólen de uma flor masculina da mesma planta, e na polinização manual

cruzada, a flor feminina foi polinizada com pólen de uma flor masculina de outra planta. Cada tipo de polinização manual foi realizado em 26 flores, previamente protegidas com sacos de nylon, para evitar visitas de abelhas.

Também selecionamos e marcamos 26 flores femininas e as deixamos expostas, a fim de sabermos o sucesso da polinização por abelhas. Depois de alguns dias, verificamos o número de abóboras produzidas em cada experimento de polinização: manual geitonogâmica, manual cruzada e natural (por abelhas). Nossa curiosidade foi no sentido de descobrir se algum experimento produziria mais abóboras do que outro e se existiria diferença na qualidade das abóboras. Para isso, colhemos os frutos maduros e analisamos seu tamanho com fita métrica, o peso com balança digital, a concentração de açúcar na polpa com refratômetro manual; as sementes foram contadas manualmente.

Registramos cinco espécies de abelhas visitando as flores. Foram contabilizadas 108 visitas, indicando que, em média, a cada sete minutos, uma abelha chegava para visitar as flores. A abelha arapuá (*Trigona spinipes*) foi a principal polinizadora (Figura 5.2A), responsável por 66% das visitas. Essa abelha entrava nas flores para coletar néctar e, durante sua saída, acabava se chocando com o estigma ou com as anteras, devido a seu voo irregular, atuando, assim, como polinizadora.

Quanto ao tipo de experimento de polinização, a porcentagem de frutos formados após polinizações manuais geitonogâmica (62%) e cruzada (69%) foi similar, sugerindo que, independentemente da origem do pólen que chegue ao estigma, a produção de abóboras ocorre em proporções similares. A produção de frutos por polinização natural, por sua vez, também foi similar (54%) aos outros dois tipos de polinizações manuais, indicando que as abelhas são boas polinizadoras dentro do cultivo estudado.

O tamanho e o peso das abóboras foram semelhantes nos três tipos de polinização. Entretanto, as abóboras formadas após polinização manual cruzada ou polinização natural estavam mais doces e possuíam mais sementes do que as advindas da polinização manual geitonogâmica. Esses resultados sugerem que a polinização entre flores de diferentes plantas é importante para aumentar a qualidade dos frutos. Portanto, teremos uma abóbora mais gostosa e com mais sementes, duas características fundamentais ao agricultor, pois fornecerão um produto de maior qualidade ao consumidor e, ao mesmo tempo, terão uma disponibilidade maior de sementes que poderão ser utilizadas no próximo plantio.

Nosso estudo com a abóbora-cheirosa mostrou que as abelhas foram eficazes na produção de frutos tanto quanto a polinização realizada pelo homem. No entanto, agricultores que se encontram em situações extremas de falta de polinizador têm que contratar pessoas para efetuar a polinização manual ou introduzir colmeias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*, uma espécie exótica) nos cultivos, o que gera custos extras e menor qualidade na produção.

Embora tenhamos registrado visitas de abelhas africanizadas em flores da abóbora-cheirosa, a introdução de suas colmeias nesses cultivos deve ser analisada com cautela, pois registramos apenas três visitas dessas abelhas, em 12 horas de observações, sem que elas sequer realizassem a polinização. Sendo assim, faz mais sentido preservar os remanescentes de vegetação próximos aos cultivos do que contar com colmeias de *Apis*. Caso seja necessário introduzir abelhas, uma opção interessante é escolher abelhas nativas.

No cenário atual, é preocupante o grande número de abelhas que estão morrendo no Brasil, de modo que, futuramente, consequências ne-

gativas serão sentidas na produção dos alimentos que consumimos. No mundo todo, a preocupação com a extinção das abelhas vem aumentando, sobretudo pelos dados científicos mostrarem a importância do serviço ecossistêmico que esses insetos desempenham na produção de alimentos para a humanidade. Medidas têm sido tomadas por diferentes esferas governamentais mundiais, e o conhecimento básico tem sido considerado a principal ferramenta para que o ser humano gerencie esse tipo de conflito. Portanto, quando comermos uma deliciosa abóbora ou melancia, não podemos nos esquecer das abelhas, pois elas fizeram – e fazem – parte de todo um processo para que esse alimento chegasse até nossa mesa.

Sugestões de leitura

CARDOSO, J. C. F. *et al.* Towards a unified terminology for angiosperm reproductive systems. *Acta Botanica Brasilica*, [s. l.], v. 32, p. 329-348, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062018abb0124>. Acesso em: 12 jul. 2021.

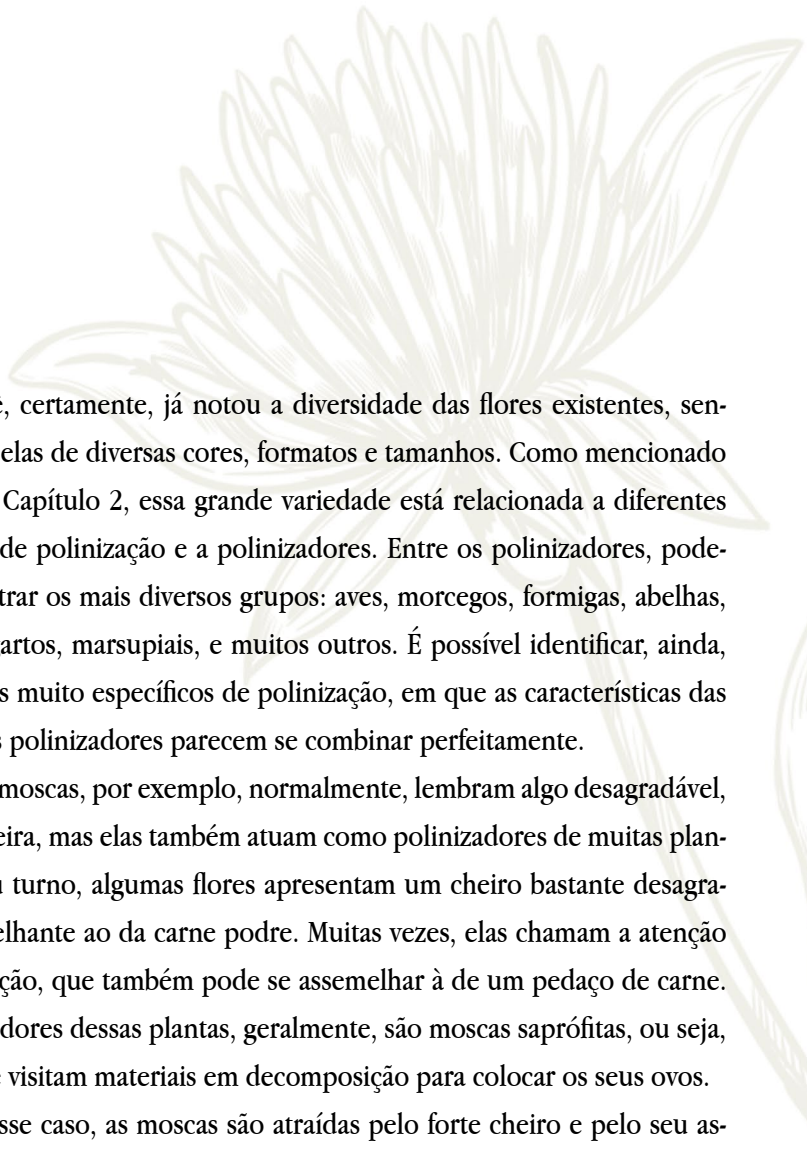
WOLOWSKI, M. *et al.* (org.). **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos, SP: Cubo, 2019. Disponível em: https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/03/BPBES_CompletoPolinizacao-2.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

6

Flores que enganam: desvendando a polinização da maior flor do Brasil

Juliana Hipólito





Você, certamente, já notou a diversidade das flores existentes, sendo elas de diversas cores, formatos e tamanhos. Como mencionado no Capítulo 2, essa grande variedade está relacionada a diferentes estratégias de polinização e a polinizadores. Entre os polinizadores, podemos encontrar os mais diversos grupos: aves, morcegos, formigas, abelhas, baratas, lagartos, marsupiais, e muitos outros. É possível identificar, ainda, alguns tipos muito específicos de polinização, em que as características das flores e dos polinizadores parecem se combinar perfeitamente.

As moscas, por exemplo, normalmente, lembram algo desagradável, como a sujeira, mas elas também atuam como polinizadores de muitas plantas. Por seu turno, algumas flores apresentam um cheiro bastante desagradável, semelhante ao da carne podre. Muitas vezes, elas chamam a atenção pela coloração, que também pode se assemelhar à de um pedaço de carne. Os polinizadores dessas plantas, geralmente, são moscas saprófitas, ou seja, insetos que visitam materiais em decomposição para colocar os seus ovos.

Nesse caso, as moscas são atraídas pelo forte cheiro e pelo seu aspecto das flores. Em muitas delas, esses insetos entram e não conseguem sair, já que as flores se assemelham, muitas vezes, a câmaras fechadas, com pelos que funcionam como portões. Esse aprisionamento pode durar mais de um dia, até que as flores se modificam, seja fazendo com os pelos mur-

chem, seja fazendo com que caiam, facilitando a saída dos polinizadores cobertos pelos grãos de pólen.

A relação planta-polinizador e a possibilidade de estudar os seus mecanismos são fantásticas e bastante importantes para se compreender as relações entre humanos e natureza. Por essa razão, cursos sobre polinização ocorrem regularmente no Brasil. Em um desses cursos, no ano de 2005, na cidade de Lençóis, na Chapada Diamantina, Bahia, dois grandes pesquisadores em polinização, a professora Blandina Felipe Viana, da Universidade Federal da Bahia, e o professor Peter G. Kevan, da Universidade de Guelph, no Canadá, avistaram algumas flores de *Aristolochia gigantea*, popularmente conhecida como papo-de-peru (Figura 6.1).

Logo de início, as flores que estavam abertas chamaram a atenção dos dois pesquisadores, devido ao seu grande tamanho (cerca de 50 cm de comprimento), sendo, por isso, consideradas as maiores flores do Brasil. Sua coloração bastante peculiar se destacava na vegetação e também chamou a atenção dos professores. Ambos conheciam outra planta, a *Aristolochia grandiflora*, uma “prima” de *A. gigantea*, que ocorre no México e apresenta flores de mesmo tamanho e coloração. O cheiro da *Aristolochia grandiflora* chega a ser tão desagradável que pode ser percebido à distância, assim como grandes e numerosas moscas podem ser encontradas no interior de suas flores.

Aproveitando a ocasião, os pesquisadores pensaram em abrir uma das flores de *A. giganteae* e observar quais visitantes estavam em seu interior. Porém, eles obtiveram duas grandes surpresas:

1. Não havia moscas ou qualquer outro visitante naquela flor e;
2. As flores não apresentavam odor fétido, mas um odor bastante agradável que lembrava citronela.



Figura 6.1 – *Aristolochia gigantea*, papo de Peru, na cidade de Lençóis, Chapada Diamantina, Bahia. a) flores em detalhe; b) tamanho de uma flor de *A. gigantea* comparada ao rosto de uma pessoa.

Fonte: a) Acervo pessoal de Juliana Hipólito; b) Acervo pessoal de Ivan de Abreu.

Ambos os pesquisadores pensaram que aquela poderia ser uma interessante planta para estudo, pois algo curioso parecia ter ocorrido em sua história evolutiva. Naquela época, eu estava na metade da minha graduação em Ciências Biológicas. Desde o início, havia realizado alguns trabalhos de iniciação científica sob a orientação da professora Blandina. Conheci o professor Peter nesse curso, e decidimos trabalhar com a planta em questão em meu mestrado. Nossa primeira pergunta estava relacionada a desvendar esse mistério: a brasileira *Aristolochia gigantea* poderia ser polinizada por outros insetos?

Algumas abelhas, conhecidas como abelhas das orquídeas, visitam flores em busca de odores. Essas abelhas apresentam uma coloração bastante diferente: metálica. Podem ser azuis, verdes, vermelhas, pretas, mas sempre apresentam o tom metálico bastante chamativo ou em todo o corpo ou em algumas partes. Os machos dessas abelhas, frequentemente, visitam or-

quídeas para a coleta de perfumes e atração das fêmeas. Em outras palavras, os machos usam as flores para se perfumar e buscar parceiras. Por buscarem flores perfumadas, nos questionamos: se as moscas não estão visitando as flores do papo-de-peru, será que essas abelhas estão?

O primeiro passo foi pesquisar locais em que poderíamos encontrar populações naturais da planta na Chapada Diamantina. Depois de encontrá-las, passamos dias à sua frente, observando o horário de abertura, duração das flores, os possíveis visitantes florais e realizando testes de polinização. Nos testes, colocamos um saco em volta das flores, antes de sua abertura, para garantir que nenhum visitante floral pudesse entrar, e para que, caso algum fruto se formasse no saco, pudéssemos ter um indicativo de que aquelas flores não precisavam de polinizadores.

Os testes de polinização mostraram que essa planta precisa, sim, de polinizadores, já que nenhum fruto foi formado quando as flores não recebiam visitas. Também descobrimos, que, apesar de as flores abrirem entre meia noite e cinco horas da manhã, somente a partir das seis horas começamos a sentir seu agradável odor de citronela. Em seguida, recebemos uma grande surpresa: no período das seis às oito horas, notamos que pequenas moscas, conhecidas como forídeos, começaram a entrar nas flores. Durante o tempo em que ficavam presas nas flores (aproximadamente 24h), as moscas se alimentavam de néctar e copulavam com seus parceiros. As flores de *Aristolochia* apresentam as partes feminina e masculina juntas em um único órgão, mas com separação temporal entre as fases sexuais. Assim, quando as flores abrem e as moscas entram, a flor encontra-se na fase feminina. No outro dia, quando as moscas saem das flores, estas passam para a fase masculina, os visitantes saem cobertos com o seu pólen e, ao visitar novas flores, realizam a polinização.

Vimos que, mesmo não apresentando o odor desagradável, as moscas – e não as abelhas – continuavam a ser os polinizadores dessa planta, confirmando o tipo de polinização que é o mais comum nesse grupo. Nossa hipótese estava errada, portanto. Com isso, outra pergunta surgiu: os forídeos não voam muitos quilômetros; sendo polinizadores de *Aristolochia*, como estariam as populações em termos de fluxo gênico?

Devido a isso, coletamos folhas das diferentes plantas e populações de *Aristolochia* e as levamos ao laboratório, onde realizamos um macerado para observação de marcadores genéticos. Vimos que essas pequenas moscas realizam a polinização cruzada nas flores, mas que as plantas possuem baixa variabilidade genética. Logo, essa informação nos revelou uma possível fragilidade das populações, pois populações com baixas taxas de fluxo gênico são mais frágeis às modificações do meio ambiente.

Ainda assim, essa planta pode ser encontrada em quase todo o Brasil, sendo cultivada em diversas cidades e locais. Suas flores despertam atenção e curiosidade. Talvez, poucos saibam que seus polinizadores sejam moscas, mas, se elas fossem tão fétidas quanto as outras plantas da mesma família, será que seriam tão apreciadas?

Sugestões de leitura

HIPÓLITO, J.; VIANA, B. F.; SELBACH-SCHNADELBACH, A.; GALETTO, L.; KEVAN, P. G. Pollination biology and genetic variability of a giant perfumed flower (Mart. And Zucc., Aristolochiaceae) visited mainly by small Diptera. *Botany*, [s. l.], v. 90, p. 815-829, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/b2012-047>. Acesso em: 12 jul. 2021.

VIANA, B. F.; OLIVEIRA, F. F. **Biologia e ecologia da polinização: cursos de campo**. 1. ed. Salvador: EDUFBA, 2006. Disponível em: http://www.semabelhasemalimento.com.br/wp-content/uploads/2015/02/bio-e-eco-da-poliniza%C3%A7%C3%A3o_vol1.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

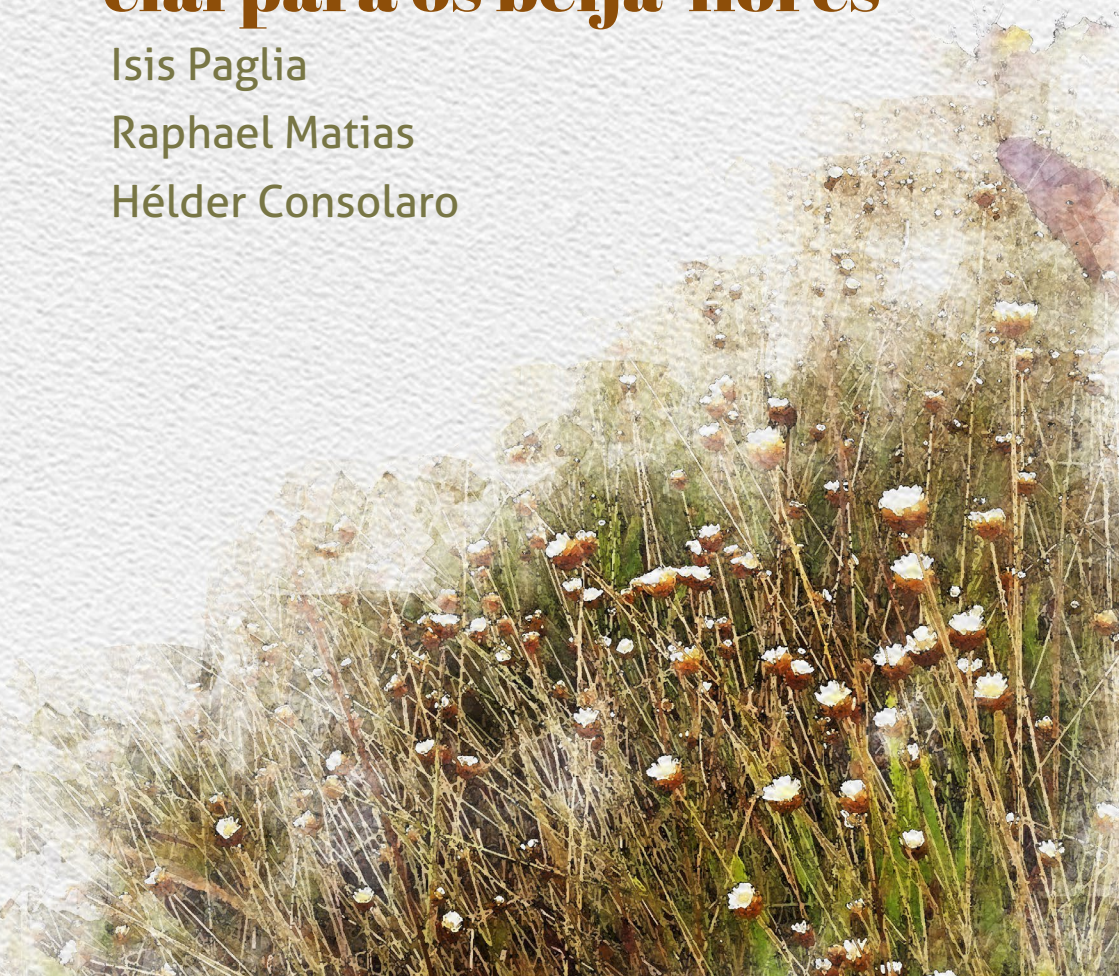
7

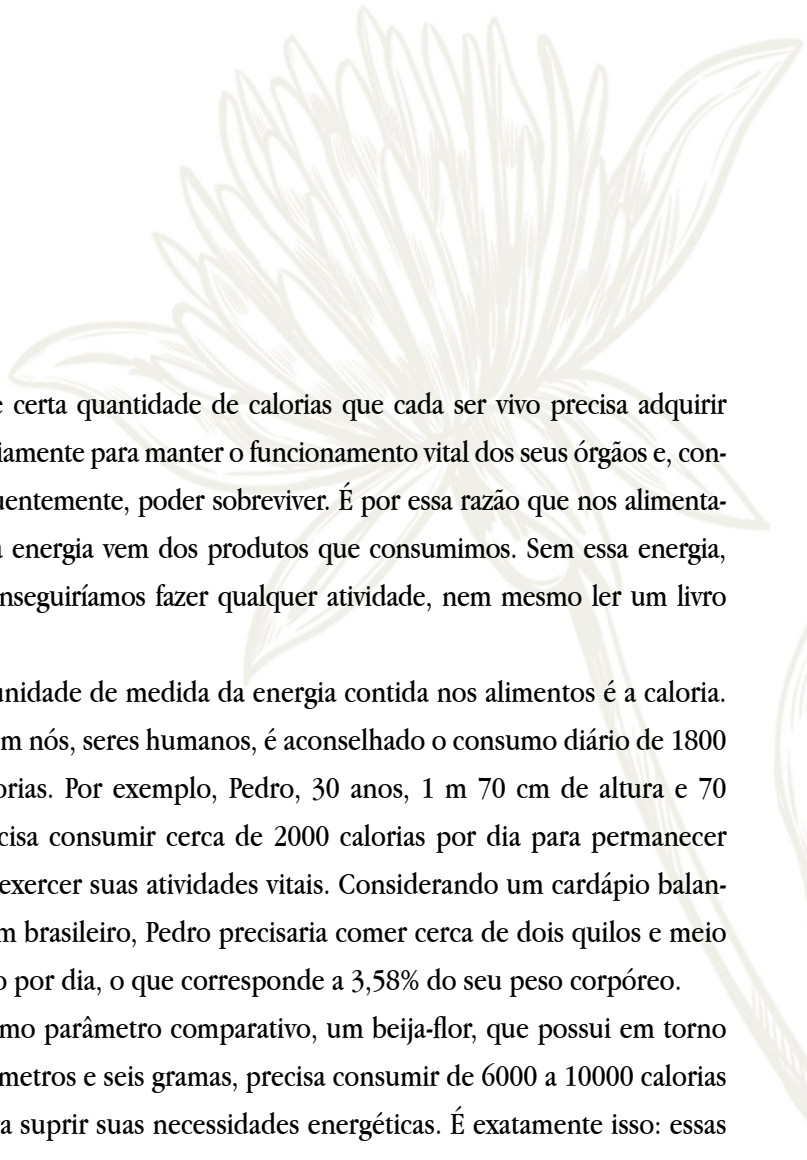
Néctar: o alimento essencial para os beija-flores

Isis Paglia

Raphael Matias

Hélder Consolaro





Existe certa quantidade de calorias que cada ser vivo precisa adquirir diariamente para manter o funcionamento vital dos seus órgãos e, conseqüentemente, poder sobreviver. É por essa razão que nos alimentamos, pois a energia vem dos produtos que consumimos. Sem essa energia, nós não conseguiríamos fazer qualquer atividade, nem mesmo ler um livro como este.

A unidade de medida da energia contida nos alimentos é a caloria. Pensando em nós, seres humanos, é aconselhado o consumo diário de 1800 a 2500 calorias. Por exemplo, Pedro, 30 anos, 1 m 70 cm de altura e 70 quilos, precisa consumir cerca de 2000 calorias por dia para permanecer saudável e exercer suas atividades vitais. Considerando um cardápio balanceado e bem brasileiro, Pedro precisaria comer cerca de dois quilos e meio de alimento por dia, o que corresponde a 3,58% do seu peso corpóreo.

Como parâmetro comparativo, um beija-flor, que possui em torno de 10 centímetros e seis gramas, precisa consumir de 6000 a 10000 calorias por dia para suprir suas necessidades energéticas. É exatamente isso: essas pequenas aves precisam de cerca de quatro vezes mais calorias do que Pedro! Os beija-flores podem ingerir, diariamente, uma quantidade de alimento cerca de cinco vezes maior do que o peso do próprio corpo. Uma dieta altamente calórica tem seus motivos. Os beija-flores possuem um gasto ener-

gético gigantesco. Essas aves batem suas asas cerca de 80 vezes por segundo, conseguindo, inclusive, ficar “paradas” no ar enquanto se alimentam, além de serem capazes de voar para trás.

O músculo responsável pelo batimento das asas corresponde a de 21 a 35% do peso total da ave, sendo o músculo metabolicamente mais custoso entre os vertebrados, isto é, os animais que possuem coluna vertebral. Para que consigam sustentar toda essa demanda energética, eles precisam consumir grandes quantidades de calorias, que são adquiridas, quase que exclusivamente, do néctar produzido pelas flores. Além do néctar, os beija-flores consomem pequenos insetos, que correspondem, principalmente, à aquisição de lipídios e proteínas, sendo uma pequena parte da dieta.

O néctar é um líquido açucarado produzido por glândulas, chamadas nectários, que estão presentes na maioria das flores. Como o néctar é a principal fonte energética dos beija-flores, eles precisam voar incessantemente de flor em flor em busca de grandes quantidades desse alimento. Entretanto, as flores não oferecem néctar gratuitamente. Quando estão coletando o néctar, centenas de grãos de pólen grudam no corpo dos beija-flores, que acabam realizando a polinização de forma involuntária. Após a polinização e, sequencialmente, a fecundação, a estrutura que recebe os grãos de pólen, especificamente o ovário, irá se transformar em fruto, e os óvulos, que são localizados dentro do ovário, se transformarão em sementes. É importante dizer que as sementes são encarregadas de armazenar e proteger o embrião, a futura planta. Portanto, os beija-flores são importantes para a reprodução das plantas que possuem flores, chamadas de angiospermas.

Quantas flores um beija-flor precisa visitar por dia para adquirir as calorias necessárias?

Para adquirir as 2000 calorias e manter suas necessidades energéticas, Pedro teria que comer, por exemplo, cerca de sete hambúrgueres por dia (uma alimentação nada saudável, mas usada, aqui, apenas a título de ilustração). Os beija-flores, por sua vez, teriam que se alimentar do néctar de quantas flores? A resposta a essa pergunta não é muito precisa, pois vai depender da quantidade e da qualidade de néctar oferecido.

Com a intenção de adquirir informações sobre a oferta e a demanda de alimento para os beija-flores, realizamos um experimento com algumas plantas polinizadas por essas aves em um fragmento florestal de Cerrado localizado no município de Catalão, Goiás. Nosso objetivo foi estimar quantas flores de cada espécie as aves estudadas precisariam visitar, diariamente, para satisfazer suas necessidades energéticas mínimas de 6000 calorias. Tendo em vista que as flores normalmente produzem poucos microlitros (não chega a mililitros) de néctar, nossa suposição foi a de que os beija-flores tinham que visitar centenas de flores por dia para suprir sua demanda energética.

Para realizar essa investigação, utilizamos flores de quatro espécies de angiospermas visitadas por beija-flores: *Aphelandra longiflora* (Lindl.) Proffice, *Dicliptera squarrosa* Ness., *Lepidagathis floribunda* (Pohl) Kameyama, *Ruellia brevifolia* (Pohl) C.Ezcurra (Figura 7.1).

Inicialmente, as flores foram isoladas com sacos de nylon antes de sua abertura, na fase de botão floral, para impedir que os beija-flores as visitassem. Após a abertura, medimos o volume de néctar acumulado, às 11 horas da manhã, com auxílio de microcapilares, que são tubos de vidro

usados para coleta e quantificação de líquidos em pequenas quantidades. Para verificar a concentração de açúcares presente no néctar, utilizamos um equipamento chamado refratômetro, que informa tal medida em porcentagem. A partir dos valores de volume e concentração obtidos, determinamos a quantidade de açúcar no néctar e, posteriormente, fizemos a conversão para calorias, sendo que um miligrama de açúcar corresponde a quatro calorias. As mensurações foram feitas em, pelo menos, 16 flores de cada espécie.



Figura 7.1 – Espécies estudadas, que são visitadas por beija-flores. a) *Apbelandra longiflora*; b) *Dicliptera squarrosa*; c) *Lepidagathis floribunda* e; d) *Ruellia brevifolia*.

Fonte: Acervo pessoal dos autores.

O valor energético do néctar variou bastante entre as espécies. *Apbelandra longiflora* foi a espécie que ofereceu a menor quantidade de energia por flor, com uma média de 2,34 calorias, sendo, portanto, necessário que um beija-flor visite, no mínimo, 2565 flores por dia. E estamos falando de manter um único beija-flor. Não muito diferente, *R. brevifolia* ofereceu, em média, 2,96 calorias por flor, o que daria 2028 flores visitadas. *Lepidagathis*

floribunda teve uma média de 5,59 calorias, de modo que ao menos 1074 flores deveriam ser visitadas diariamente pelo beija-flor. As flores que ofereceram mais energia foram as da espécie *D. squarrosa*, com média de 9,13 calorias por flor. Logo, um beija-flor precisaria visitar, pelo menos, 658 flores dessa espécie. São muitas flores para beijar!

Nossos resultados mostraram que o número de flores para manter um único beija-flor depende muito do cardápio do dia, porém é inquestionável a necessidade de pedir muitos pratos para suprir a demanda energética. Apesar do número relativamente alto de flores, as espécies de plantas podem disponibilizar essa quantidade de flores em muitos fragmentos de vegetação, mas por um período determinado, correspondente à época de floração.

Na área de estudo, a floração das quatro espécies quase não coincidiu uma com a outra; assim, em diferentes épocas do ano, existirão espécies florescendo e produzindo néctar para os beija-flores, aumentando o tempo de oferta do alimento. Isso é vantajoso para a reprodução da comunidade de plantas, pois os beija-flores irão permanecer na área devido à disponibilidade de néctar durante todo o ano. As aves também utilizam outras plantas nectaríferas da área, o que auxilia na complementação dos recursos.

Como na nossa área de estudo não existe apenas um beija-flor, é difícil imaginar a quantidade de flores necessárias para manter a comunidade dessas aves, ou seja, todos os beija-flores da região. Com muitos beija-flores, o néctar se torna um recurso limitante, gerando competição entre eles. Por isso, essas aves possuem estratégias eficientes de busca e proteção do precioso alimento.

Algumas espécies de plantas possuem os indivíduos agregados, formando agrupamentos com muitas flores, e alta disponibilidade de recurso. Por conta disso, alguns beija-flores escolhem agrupamentos de plantas e defendem fortemente esse território, expulsando outros beija-flores e, até mesmo, outros insetos, como abelhas e borboletas, que podem querer tomar o “seu” néctar.

Já outros beija-flores preferem plantas dispersas no ambiente, que não estão agrupadas, e estabelecem uma “rota contínua de voo” na busca por néctar, como se fosse uma linha de ônibus. O beija-flor faz “paradas” nas flores que estão na rota, que é realizada várias vezes ao longo do dia, uma vez que as flores repõem o néctar, aumentando as chances de polinização.

Essas aves precisam superar muitas dificuldades para, finalmente, chegar ao seu alimento. Além da competição com outros beija-flores, as flores, muitas vezes, possuem formas que dificultam a retirada do néctar, mas aumentam as chances de polinização. Por exemplo, flores que possuem o formato tubular (semelhante a um tubo) não deixam o néctar facilmente acessível, já que os nectários se localizam, normalmente, no fim do tubo. Por conta disso, os beija-flores necessitam inserir o bico no tubo floral para buscar o néctar, encostando nas estruturas masculina e feminina da flor e, conseqüentemente, realizando a polinização.

Os beija-flores são fundamentais para que as plantas consigam se reproduzir, pois eles participam da formação de frutos/sementes e, portanto, da manutenção do meio ambiente. Porém, adquirir o número mínimo diário de calorias não é uma tarefa fácil. Muito maior do que as pressões ecológicas descritas acima está a degradação do meio ambiente. A cada dia, os seres humanos desmatam milhões de hectares de vegetação natural para o plantio

agrícola, para a pecuária e para extração de madeira. Para os beija-flores, é como se o cardápio estivesse ficando cada dia mais reduzido. Por isso, vamos proteger a natureza!

Sugestão de leitura

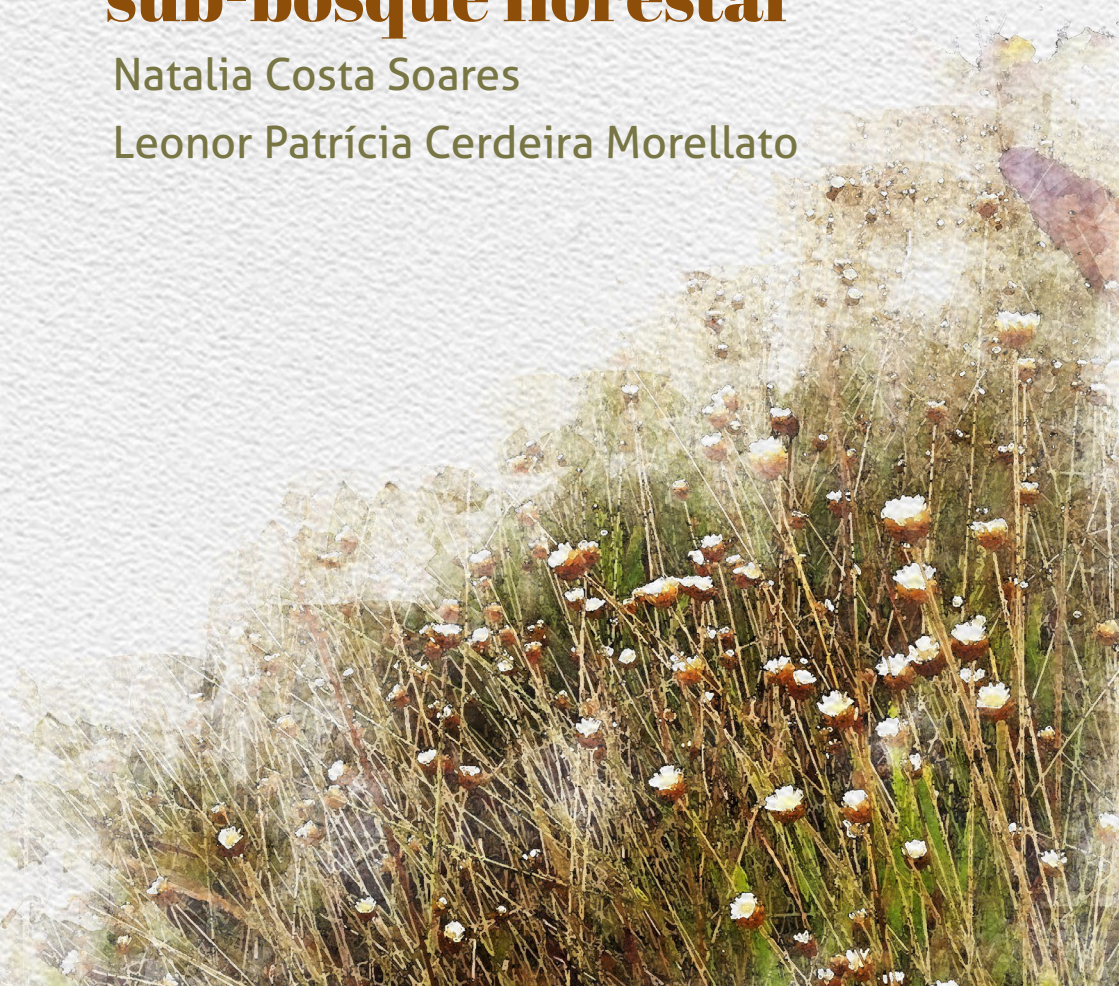
MATIAS, R.; MARUYAMA, P. K.; CONSOLARO, H. A non-hermit humming bird as main pollinator for ornithophilous plants in two isolated Forest fragments of the Cerrados. **Plant Systematics and Evolution**, [s. l.], v. 302, n. 9, p. 1217–1226, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00606-016-1327-1>. Acesso em: 12 jul. 2021.

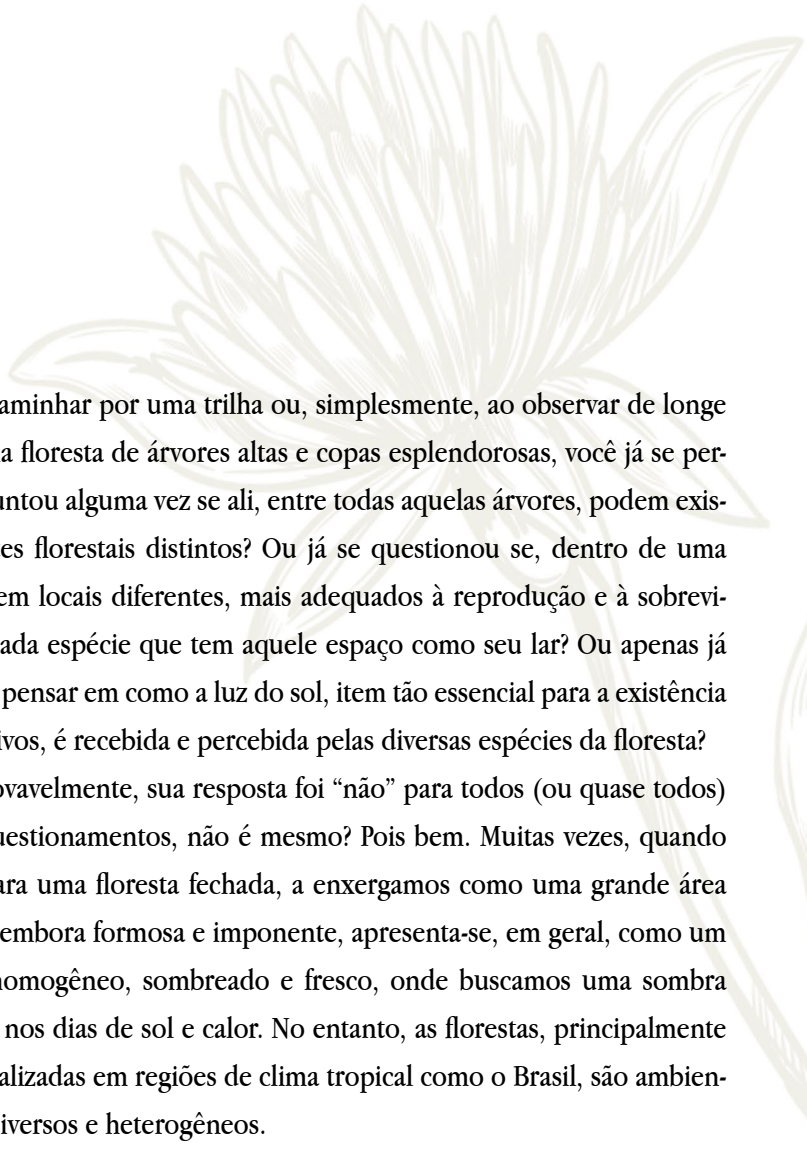
8

Os efeitos da luz no sub-bosque florestal

Natalia Costa Soares

Leonor Patrícia Cerdeira Morellato





Ao caminhar por uma trilha ou, simplesmente, ao observar de longe uma floresta de árvores altas e copas esplendorosas, você já se perguntou alguma vez se ali, entre todas aquelas árvores, podem existir ambientes florestais distintos? Ou já se questionou se, dentro de uma mata, existem locais diferentes, mais adequados à reprodução e à sobrevivência de cada espécie que tem aquele espaço como seu lar? Ou apenas já parou para pensar em como a luz do sol, item tão essencial para a existência dos seres vivos, é recebida e percebida pelas diversas espécies da floresta?

Provavelmente, sua resposta foi “não” para todos (ou quase todos) os meus questionamentos, não é mesmo? Pois bem. Muitas vezes, quando olhamos para uma floresta fechada, a enxergamos como uma grande área verde que, embora formosa e imponente, apresenta-se, em geral, como um ambiente homogêneo, sombreado e fresco, onde buscamos uma sombra refrescante nos dias de sol e calor. No entanto, as florestas, principalmente aquelas localizadas em regiões de clima tropical como o Brasil, são ambientes muito diversos e heterogêneos.

Essa diversidade não é somente relacionada ao grande número de espécies vegetais e animais que vivem ali, mas também é um resultado da existência de diferentes habitats ou microambientes que podem e são ocupados pelas espécies florestais. Fazendo uma comparação, podemos imagi-

nar uma floresta como um grande oceano, que é capaz de abrigar tanto espécies de superfície, que vivem em águas mais quentes e iluminadas, como espécies de águas profundas, que não suportam a luz e, por isso, preferem viver na escuridão do fundo do mar.

Voltando ao “mar verde” que é a floresta tropical, o que seriam esses microambientes? Em que eles são diferentes? Para responder a tais questões, basta pensarmos que, ao caminharmos por nossa trilha em uma área de Mata Atlântica, por exemplo, teremos diferentes sensações, de calor e frescor e de claro e escuro, no momento em que passarmos por locais mais sombreados pelas copas das grandes árvores, quando adentrarmos em grandes clareiras formadas no meio da mata ou, ainda, quando caminharmos na beira de um rio ou próximo às quedas d’água, tão frequentes nas matas úmidas da floresta Atlântica.

As diferentes sensações que temos ao caminharmos dentro de um mesmo universo florestal resultam de diferentes condições de luz, temperatura e umidade, isto é, de diferentes condições microclimáticas, que são associadas aos diferentes microambientes florestais. A borda de um rio, as clareiras e o interior mais sombreado de uma mata compõem alguns dos muitos microambientes que são encontrados dentro do imenso mar verde que é a nossa floresta tropical.

O conhecimento desses distintos microambientes e de seus microclimas é muito importante para melhor compreendermos o funcionamento de populações e comunidades naturais de plantas e animais. Isso porque as espécies são influenciadas e respondem de maneiras distintas às pressões seletivas impostas pelos meios biótico e abiótico como, por exemplo, a competição entre plantas por polinizadores durante os períodos de menor atividade e maior escassez de insetos.

Retomando o olhar sobre os microambientes da floresta, podemos dizer que, entre os principais componentes do microclima, ou seja, das condições locais de temperatura, umidade e luz, as variações na luz ambiental são as mais frequentes e mais facilmente percebidas. Isso ocorre porque a luz, também chamada de irradiância, pode variar consideravelmente tanto no perfil horizontal da floresta, isto é, entre os diferentes microambientes observados na paisagem (clareira, interior e borda), como no perfil vertical, ou seja, entre os diferentes estratos da vegetação, como os estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo que compõem a comunidade de plantas.

Para entendermos melhor essa variação da luz ambiental, precisamos alertar para o fato de que, em florestas tropicais, apenas 1 a 2% do total da luz que incide na copa das árvores, isto é, no dossel florestal, conseguem penetrar e chegar aos ambientes mais baixos e sombreados da floresta, conhecidos como sub-bosque (Figura 8.1). Assim, apenas uma pequena porção da luz solar total que incide sobre a floresta alcança as espécies arbustivas e herbáceas que ocupam os estratos mais baixos da vegetação. Já em microambientes mais abertos, como no centro das grandes clareiras, as espécies ali presentes podem receber entre 20 e 35% do total da luz incidente (Figura 8.1). A diferença é gigantesca.

Essa diferenciação na disponibilidade de luz tem um papel fundamental na estruturação e organização das populações e das comunidades vegetais, pois trata-se de um fator que pode determinar, por exemplo, quais indivíduos ou espécies são capazes de se estabelecer, se desenvolver e se reproduzir sob condições naturais de luz, de maior ou menor intensidade.

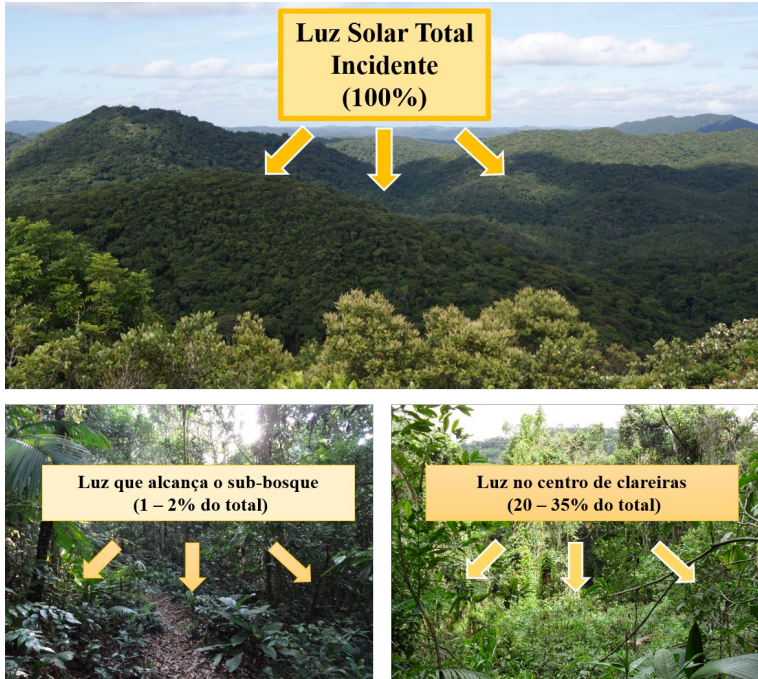


Figura 8.1 – Penetração da luz solar em ambiente de Floresta Tropical Atlântica do Estado de São Paulo, Brasil.

Fonte: Acervo pessoal das autoras.

Pensando nos possíveis efeitos de uma exposição a diferentes condições microclimáticas, principalmente relacionadas à luz, em espécies de plantas do sub-bosque florestal, nos propusemos a estudar o comportamento reprodutivo e vegetativo de espécies herbáceas e arbustivas encontradas nos ambientes de borda, clareira e interior de uma floresta Atlântica localizada no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM/Núcleo Picinguaba), em Ubatuba, São Paulo (Figura 8.2).

Nosso objetivo foi avaliar a influência de fatores do microambiente, como as diferentes condições microclimáticas, na resposta fenológica das plantas, isto é, nas datas de início e de pico das atividades de floração, frutificação, brotamento e queda foliar, e na quantidade de botões florais, flores e frutos produzidos pelos indivíduos de espécies que compõem o sub-bosque de uma Floresta Tropical Atlântica.



Figura 8.2 – Área de Floresta Atlântica estudada localizada no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), Núcleo Picinguaba, Ubatuba, São Paulo. A) visão geral da Floresta Atlântica; B) detalhes dos microambientes de: interior sombreado; C) borda natural do Rio da Fazenda e; D) clareira.

Fonte: Acervo pessoal de Eliana Gressler e Natalia Costa Soares.

As informações necessárias para cumprir nosso objetivo foram obtidas da seguinte maneira: primeiramente, selecionamos quatro espécies de

diferentes famílias botânicas comumente encontradas no sub-bosque da floresta de Ubatuba. Foram elas: *Cabrlea canjerana* subsp. *canjerana* (Meliaceae), *Psychotria nuda* (Rubiaceae), *Piper permucronatum* (Piperaceae) e *Ouratea verticillata* (Ochnaceae) (Figura 8.2). Posteriormente, marcamos, no campo, vários indivíduos de cada uma das espécies, que foram observados mensalmente durante um pouco mais de um ano, de janeiro de 2009 a abril de 2010. Em cada ida a campo, quantificamos a fenologia (época, duração e intensidade da floração, da frutificação, do brotamento e da queda foliar) e a produção das estruturas reprodutivas, número de botões florais, flores, frutos verdes e maduros para cada planta marcada. Nossa amostragem dentro da floresta foi feita de maneira a incluir indivíduos das quatro espécies localizados nos microambientes de luz que pré-determinamos como interior sombreado, borda natural de rio e clareira (Figura 8.3 B, C, D).

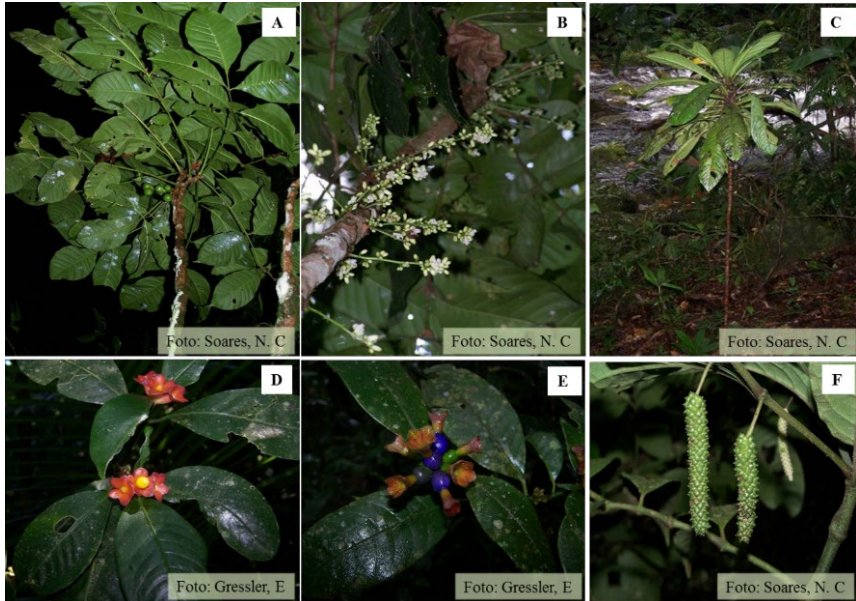


Figura 8.3 – Espécies vegetais estudadas e comumente encontradas no sub-bosque da Floresta Atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), Núcleo Picinguaba, Ubatuba, São Paulo. A) detalhes da copa; B e C) inflorescências de *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana*; indivíduo de *Ourate averticillata*; D) botões florais de *Psychotria nuda*; E) frutos maduros de *Psychotria nuda* e; F) inflorescência e infrutescências de *Piper permucronatum*.

Fonte: Acervo pessoal de Eliana Gressler e Natalia Costa Soares.

Para caracterizar e diferenciar os microambientes florestais, medimos, utilizando sensores acoplados a uma microestação climática portátil, as variáveis microclimáticas de temperatura, umidade relativa e luz ambiental. Essa última foi medida como radiação fotossinteticamente ativa (PAR), que é a forma de luz absorvida pelas plantas (Figura 8.3 A, B). Além disso, também medimos algumas variáveis do ambiente próximo a cada planta marcada, como a altura e a abertura do dossel, a distância da “fonte de luz” mais próxima, de rio ou clareira, e a densidade da vegetação acima da copa.

Essas medidas nos auxiliaram na melhor diferenciação dos microambientes florestais onde os indivíduos das espécies se estabeleciam. Realizamos, ainda, algumas medidas das próprias plantas, como a circunferência do caule à altura do nosso peito e do solo, a altura total da planta, a altura da copa em relação ao solo e o tamanho da copa (Figura 8.3 B, C). Por fim, as medidas foram usadas para caracterizar e avaliar a estrutura das plantas estudadas.

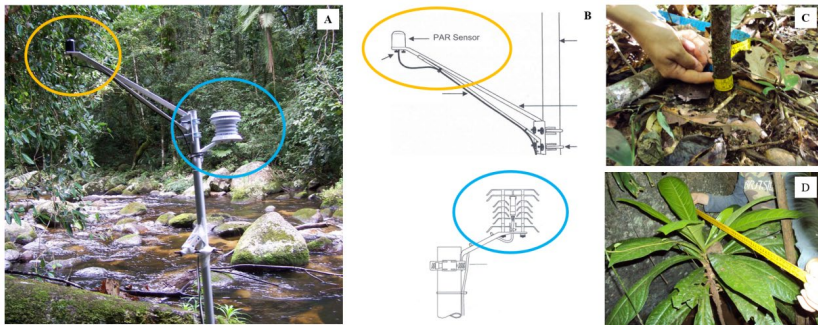


Figura 8.4 – A) micro estação climática portátil; B) com sensores de medição de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e umidade relativa do ar acoplados; C e D) mensuração da circunferência do caule à altura do solo e do tamanho da copa de um indivíduo de *Ouratea verticillata* observado no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), Núcleo Picin-guaba, Ubatuba, São Paulo. Círculos em amarelo destacando o sensor de PAR e, em azul, o sensor de umidade relativa do ar.

Fonte: Elaboração das autoras.

Antes de testar os possíveis efeitos do microclima e do microambiente na fenologia das espécies, nos perguntamos: será que podemos, de fato, separar os nossos indivíduos de plantas dentro de três microambientes distintos de luz? Para nossa surpresa, a resposta foi “não”. A partir de todas as variáveis, relacionadas ao microclima e ao ambiente das plantas que co-

letamos em campo, encontramos que os indivíduos de *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* e *Cabralea* eram expostos a apenas dois microambientes distintos de luz, dentro do ambiente heterogêneo da floresta estudada: um interior bem iluminado, mais quente e menos úmido, onde as clareiras se inseriram, e uma borda natural sombreada, menos quente e mais úmida. A partir daí, começamos a considerar a existência de apenas dois microambientes, o *interior iluminado* e a *borda sombreada*.

As quatro espécies floresceram, frutificaram e produziram novas folhas, principalmente durante os meses mais chuvosos, dentro da chamada estação super úmida, e perderam as folhas, sobretudo, nos períodos menos úmidos. Tais respostas fenológicas já eram esperadas, pois as espécies da Floresta Atlântica tendem a se reproduzir e brotar durante a estação mais chuvosa e a perder uma pequena parte de suas folhas nos períodos menos úmidos do ano. Contudo, nossa maior dúvida dizia respeito a se os indivíduos das diferentes espécies do sub-bosque variam em seu comportamento fenológico por estarem submetidos a diferentes condições microclimáticas e microambientais, e nossos resultados demonstraram que *sim!* Isso porque, quando comparamos as plantas do interior iluminado e as da borda sombreada, observamos diferenças significativas em suas datas médias de início e de pico de floração e/ou frutificação. Em outras palavras, demonstramos que as datas de início e os períodos de maior produção de botões florais, flores e frutos das quatro espécies estudadas foram diferentes para as plantas localizadas no interior iluminado e para aquelas encontradas na borda sombreada do rio.

Também observamos que, no geral, as plantas expostas a um microambiente mais iluminado – no caso, o interior florestal – apresentaram respostas fenológicas antecipadas e maior produção de estruturas reprodutivas. Por fim, utilizando uma análise mais refinada, constatamos que a luz, juntamente com algumas daquelas características estruturais medidas para as plantas, foi capaz de explicar a fenologia das espécies e que, portanto, variações na luz ambiental influenciam as atividades de floração, frutificação, brotamento e queda foliar das espécies componentes do sub-bosque de floresta Atlântica. Em outras palavras, a luz pode indicar mais ou menos flores, frutos e folhas dentro da floresta, o que nos leva a confirmar o quão incrível é seu poder.

Financiamentos: O desenvolvimento deste trabalho somente foi possível devido ao financiamento das agências de fomento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP #2006/61759-0).

Sugestão de leitura

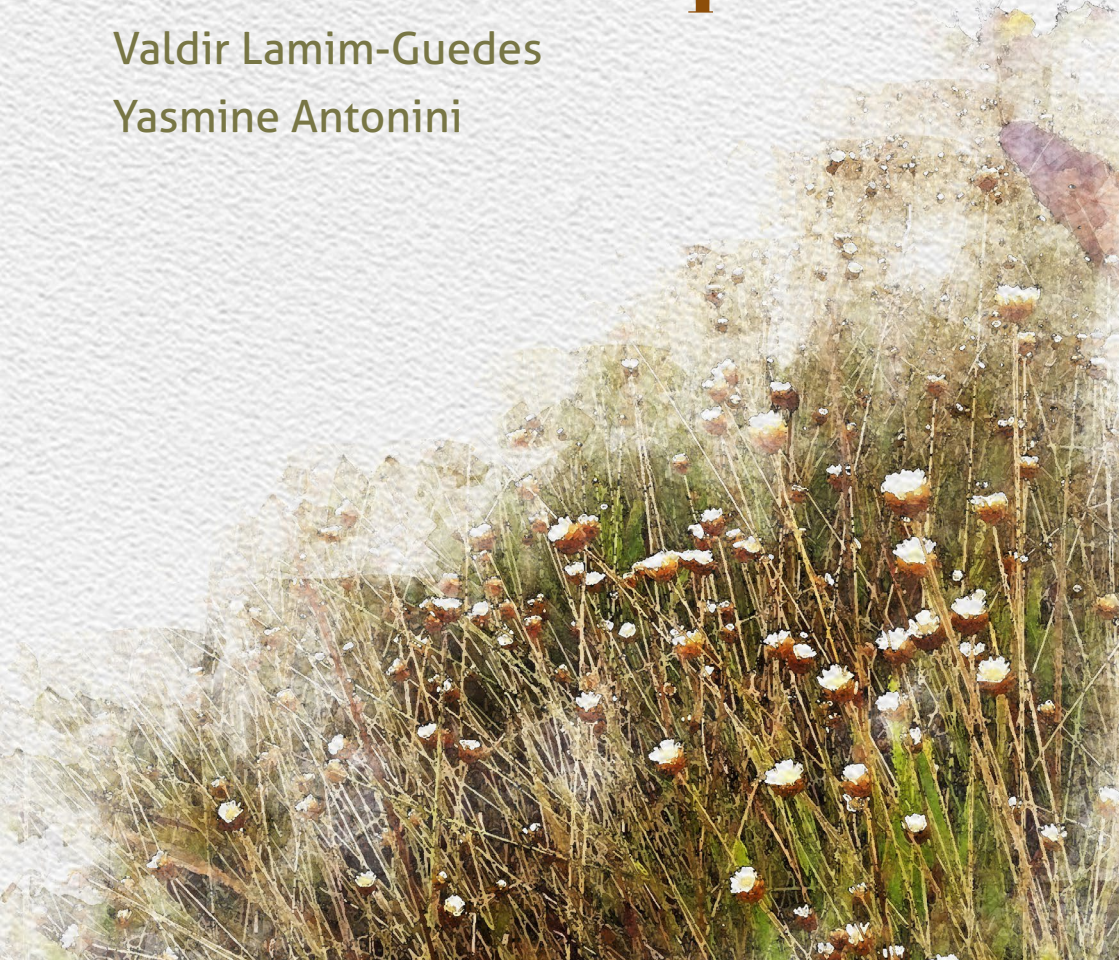
SOARES, N. C. **Variação intraespecífica na fenologia de espécies de sub-bosque de floresta atlântica e sua relação com variáveis microambientais.** 2011. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Biologia Vegetal) – Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/87852>. Acesso em: 12 jul. 2021.

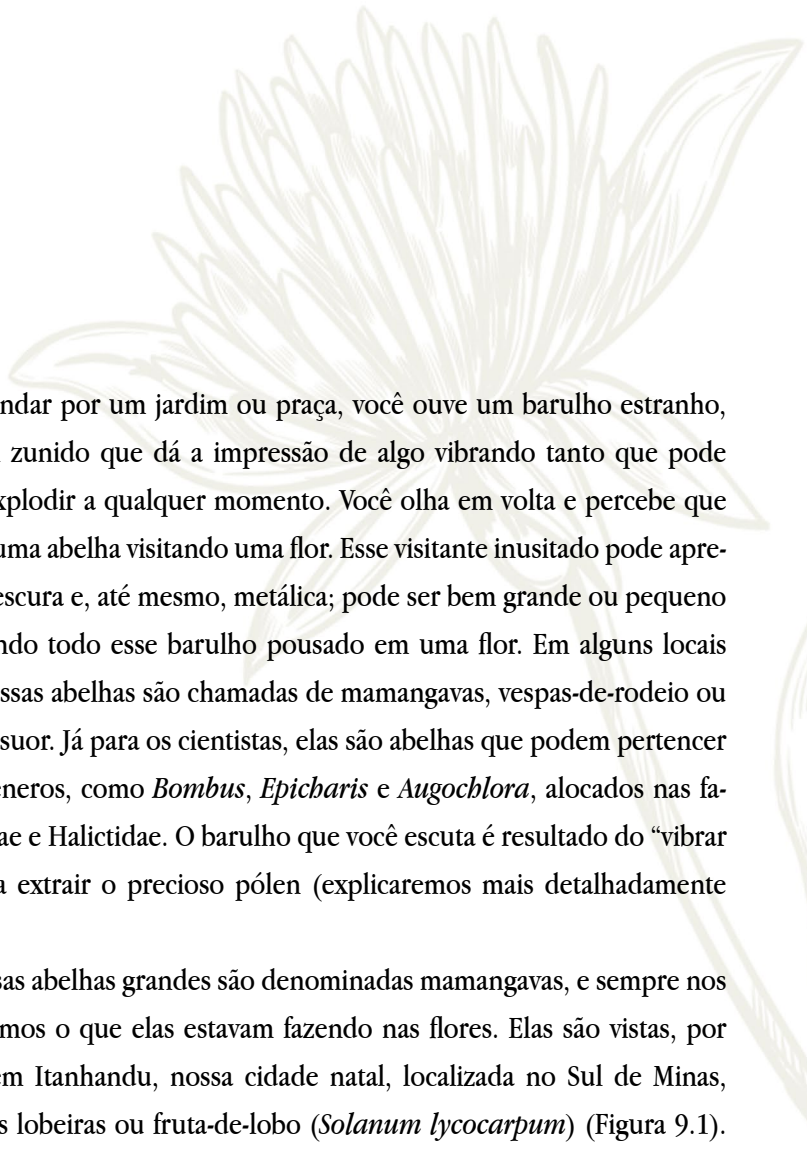
9

A fruta alimenta o lobo. E a flor alimenta quem?

Valdir Lamim-Guedes

Yasmine Antonini





Ao andar por um jardim ou praça, você ouve um barulho estranho, um zunido que dá a impressão de algo vibrando tanto que pode explodir a qualquer momento. Você olha em volta e percebe que se trata de uma abelha visitando uma flor. Esse visitante inusitado pode apresentar cor escura e, até mesmo, metálica; pode ser bem grande ou pequeno e está fazendo todo esse barulho pousado em uma flor. Em alguns locais do Brasil, essas abelhas são chamadas de mamangavas, vespas-de-rodeio ou abelhas do suor. Já para os cientistas, elas são abelhas que podem pertencer a alguns gêneros, como *Bombus*, *Epicharis* e *Augochlora*, alocados nas famílias Apidae e Halictidae. O barulho que você escuta é resultado do “vibrar a flor” para extrair o precioso pólen (explicaremos mais detalhadamente adiante).

Essas abelhas grandes são denominadas mamangavas, e sempre nos perguntávamos o que elas estavam fazendo nas flores. Elas são vistas, por exemplo, em Itanhandu, nossa cidade natal, localizada no Sul de Minas, em algumas lobeiras ou fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum*) (Figura 9.1). Como o nome indica, essa é uma planta cujos frutos servem de alimento para o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*). Com isso em mente, pensamos: mas será que as abelhas, ao vibrar as flores, também estão coletando algum recurso alimentar?



Figura 9.1 – Lobeira (*Solanum lycocarpum* A.St.-Hil., Solanaceae). A) aspecto geral da planta; B) inflorescência; C) flor “hermafrodita” (estigma longo); D) flor “masculina” (estigma curto e não funcional); E e F) fruto.

Fonte: Acervo pessoal de Valdir Lamim-Guedes.

Levando isso em consideração, pesquisei sobre as lobeiras e as abelhas e descobri que o comportamento de vibrar as flores é chamado de polinização vibrátil ou por vibração – em inglês, *buzz pollination*. Repare que *buzz* é uma palavra onomatopeica, ou seja, um termo que reproduz um som, no caso, o zunido que certas abelhas fazem ao visitar flores com anteras em formato de cone, chamadas de poricidas. Essas anteras têm apenas uma saída para os grãos de pólen, chamada poro (um pequeno buraco), que fica na ponta do cone. A abelha, ao vibrar a flor, faz com que os grãos de pólen sejam expelidos pelo poro e acabem se fixando ao corpo da abelha, que, posteriormente, se limpa guardando os grãos em suas pernas. As abelhas usam o pólen como fonte de aminoácidos para alimentar e fortalecer suas larvas.

Como já foi explicado em outros capítulos deste livro, as plantas e as abelhas evoluíram de forma conjunta, isto é, em coevolução. Dessa forma, era de se esperar que as plantas tivessem vantagens ao possuir esse tipo de anteras que permite a coleta do pólen pelas abelhas de uma determinada forma. O que acontece é que as abelhas não conseguem recolher todos os grãos de pólen aderidos aos seus pelos, permanecendo com alguns no seu corpo. Ao visitar outra planta da mesma espécie, ela acaba “sujando” alguns estigmas, isto é, a parte feminina da flor que recebe o grão de pólen, o que resulta na fecundação e na geração de sementes que poderão germinar e dar origem a algumas lobeirinhas.

Sabendo disso, consideremos que deve existir um predomínio de visitas de abelhas vibradoras em plantas com anteras poricidas. Hipótese inicial criada, precisávamos escolher uma espécie vegetal que fosse adequada para o estudo. Foi nesse momento que nos lembramos das lobeiras em Itanhandu e aproveitamos as férias, em dezembro de 2007, para fazer o estudo (ócio produtivo). Também fizemos observações ao longo de 2008. A primeira atividade foi analisar a morfologia floral da lobeira. Para isso, fomos para campo observar as flores nas plantas e levamos algumas para o laboratório. Começamos as observações bem cedo, antes de amanhecer, e vimos que:

- As flores abrem ao amanhecer e, logo depois, passam a liberar perfume;
- As flores são coloridas, com pétalas lilás e anteras amarelas, isto é, com contraste de cores;
- A organização da flor forma uma plataforma para pouso;
- As flores duram de quatro a sete dias;
- As flores não produzem néctar, ou seja, o único recurso floral é o pólen.

Em campo, também observamos várias características da planta: que uma mesma planta apresenta flores com o pistilo mais comprido que o cone formado pelas cinco anteras porcidas, e outras flores com o pistilo curto, como se fosse atrofiado; que ao longo dos dias, todas as flores com pistilo curto caíam e, portanto, não tinham possibilidade de formar frutos. Para entender o que estava acontecendo, fomos procurar explicações em artigos científicos.

Descobrimos que essas plantas têm dois tipos florais: flores hermafroditas – com peças reprodutivas femininas e masculinas normais na mesma flor – e flores com as peças reprodutivas femininas atrofiadas, que são funcionalmente masculinas, isto é, apenas “doadoras” de pólen, e não produzem frutos. Essa situação é chamada de *andromonoiccia* e permite à planta ampliar o fornecimento de grãos de pólen aos visitantes florais, estimulando suas visitas. Tais características são comuns em plantas polinizadas em abelhas, sobretudo naquelas com polinização vibrátil.

Observamos que a população estudada apresentou muitas flores abertas, manifestando, ao mesmo tempo, floração contínua, que duraram vários meses. As flores continuaram aparecendo inclusive em meses secos, nos quais há redução do número de espécies em floração e, conseqüentemente, diminuição de fontes de alimento para as abelhas. Assim, as lobeiras acabam sendo uma das poucas fontes de pólen para as abelhas no período mais seco do ano.

A segunda parte do estudo consistiu em observar quais abelhas visitavam as flores das lobeiras avaliadas. Para obtenção desse tipo de dado, a metodologia mais usada é permanecer imóvel diante de uma planta para verificar quais abelhas pousam nas flores, o que elas fazem durante a visita

e, também, identificar as espécies de visitantes florais. Para a identificação das espécies de abelhas, é necessário coletar alguns indivíduos e levar para o laboratório, a fim de comparar uma coleção de insetos já identificados ou ler estudos científicos que descreveram as espécies, para, de forma comparativa, chegar à espécie do indivíduo que coletamos.

Um visitante floral é um animal que apenas passa pela flor, e não a ajuda na polinização, enquanto o polinizador, como algumas das abelhas que vibram, são animais que, de fato, transportam o pólen entre flores, contribuindo para a reprodução da planta. Assim, o que acontece quando a abelha está na flor é muito importante para que a abelha seja considerada somente um visitante floral ou um provável polinizador.

O comportamento e o tamanho da abelha são determinantes para que ocorra a transferência de pólen de uma planta para outra da mesma espécie. Também há algumas formas de testar se uma abelha polinizou efetivamente uma flor. Uma delas consiste em ensacar botões e esperar a abertura da flor; posteriormente, retirar o saco e aguardar a visita de alguma abelha ou de outro animal, dependendo da espécie vegetal e de seus visitantes florais; por fim, ensacar novamente e aguardar a formação de fruto. Se formar um fruto, é sinal de que se trata de um polinizador comprovado.

Neste estudo, não realizamos tal experimento. Assim, consideramos que determinada espécie de abelha, dependendo do comportamento e da morfologia, era uma possível polinizadora.

Registramos, nas lobeiras, 577 visitantes florais de nove espécies durante 40 horas em campo. A imagem abaixo ilustra algumas situações observadas. Na Figura 9.2, imagens A, B e D, as abelhas estão fazendo a vibração das anteras. Contudo, observe que, em D, por ser pequena em relação à flor,

a abelha não abraça a parte do pistilo situada fora do cone formado pelas anteras (a ponta verde virada para cima). Dessa forma, apesar de realizar a vibração das anteras, essa abelha não deposita grãos de pólen no estigma, ou seja, ela não contribui para a polinização da lobeira.



Figura 9.2 – Visitantes florais de Lobeira. A) *Bombus* sp.; B) *Oxaea flavescens*; C) *Epicharis* sp1; D) *Pseudoaugochlora* sp1.

Fonte: Acervo pessoal de Valdir Lamim-Guedes.

Das nove espécies observadas, sete fizeram a vibração das anteras. O principal visitante foi *Oxaea flavescens* (417 visitas – 72% do total) e, por vibrar as anteras e ter um tamanho que toca o estigma (imagem B), é, provavelmente, a espécie que apresenta a maior contribuição para a reprodução da lobeira.

A imagem C é de uma abelha do gênero *Epicharis*, cuja espécie não sabemos ao certo – o que pode ocorrer às vezes –, quando se preparava para

pousar em uma flor para fazer a vibração das anteras. Note-se que ela está com as costas bastante amarelas por causa de grãos de pólen. Contudo, isso não faz muito sentido: se, quando ela vibra a flor da lobeira, os grãos de pólen ficam presos na parte debaixo do corpo, por que há grãos de pólen em suas costas?

A observação em campo responde a essa pergunta: percebemos que a abelha estava em uma flor de maracujá e, depois, foi visitar a lobeira. Logo, ela visita, no mínimo, duas espécies vegetais, sendo uma fonte de pólen e outra, de néctar. Devido ao seu tamanho e ao comportamento durante as visitas, provavelmente, poliniza as duas plantas. O fato de a abelha depender de duas espécies e, certamente, de várias outras, evidencia o problema que é a existência de extensas áreas plantadas com uma única espécie vegetal. As abelhas precisam de certa variedade de plantas para se alimentar para sobreviver, do mesmo modo que nossa alimentação também precisa ser variada para não ficarmos doentes.

Com este estudo, concluímos que, de fato, a lobeira, que tem anteras porcidas, são visitadas, predominantemente, por abelhas que realizam a vibração das anteras. Por isso, o grupo de abelhas visitantes florais de lobeira e de outras espécies polinizadas por vibração acaba sendo restringido pela especialização que o sistema de polinização requer, isto é, acaba dependendo das abelhas que são vibradoras.

Sugestões de leitura

ÁVILA JR., R. S. de; L. Você sabia que o zumbido das abelhas tem tudo a ver com a reprodução de algumas plantas? **Ciência Hoje das Crianças**, [s. l.], v. 200, p. 6, 2009. Disponível em: https://cienciahoje.periodicos.capes.gov.br/storage/acervo/chc/chc_200.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

FIORAVANTI, C. Na trilha de Saint-Hilaire. **Pesquisa FAPESP**, [s. l.], n. 234, p. 88-93, ago. 2015. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/na-trilha-de-saint-hilaire/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

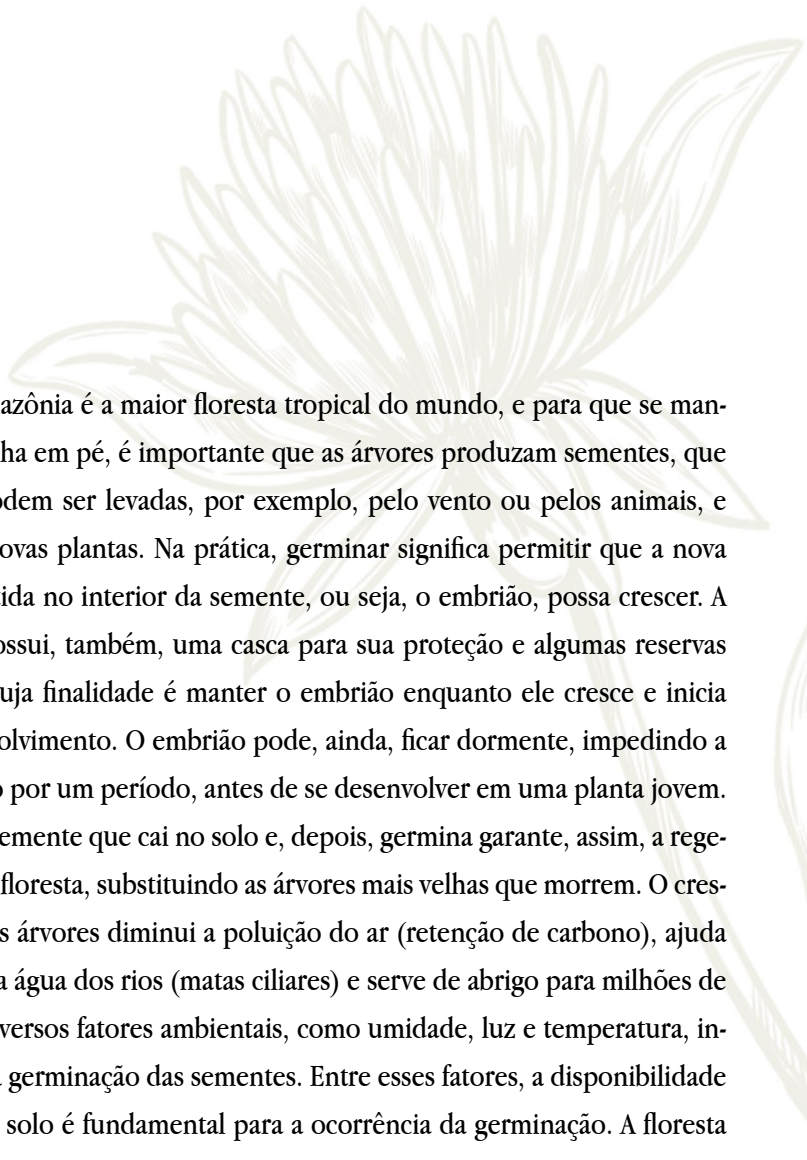
10

Germinação de sementes da Amazônia: testando o efeito da temperatura

L. Felipe Daibes

Semírian Campos Amoêdo





A Amazônia é a maior floresta tropical do mundo, e para que se mantenha em pé, é importante que as árvores produzam sementes, que podem ser levadas, por exemplo, pelo vento ou pelos animais, e germinar novas plantas. Na prática, germinar significa permitir que a nova planta contida no interior da semente, ou seja, o embrião, possa crescer. A semente possui, também, uma casca para sua proteção e algumas reservas nutritivas cuja finalidade é manter o embrião enquanto ele cresce e inicia seu desenvolvimento. O embrião pode, ainda, ficar dormente, impedindo a germinação por um período, antes de se desenvolver em uma planta jovem.

A semente que cai no solo e, depois, germina garante, assim, a regeneração da floresta, substituindo as árvores mais velhas que morrem. O crescimento das árvores diminui a poluição do ar (retenção de carbono), ajuda a proteger a água dos rios (matas ciliares) e serve de abrigo para milhões de animais. Diversos fatores ambientais, como umidade, luz e temperatura, influenciam a germinação das sementes. Entre esses fatores, a disponibilidade de água no solo é fundamental para a ocorrência da germinação. A floresta viva retém bastante umidade, gerando nuvens de chuva que irrigam o solo. Por sua vez, o solo úmido permite o processo de embebição das sementes, isto é, a absorção de água necessária para a retomada do metabolismo, iniciando a germinação.

Além da presença da água, a temperatura do ambiente é importante para determinar se a semente consegue sobreviver. Como a Amazônia está localizada em região tropical, onde faz muito calor, espera-se que as sementes de plantas da região consigam germinar em temperaturas relativamente altas. Isso é esperado, especialmente, para espécies encontradas na borda da mata ou nas clareiras que se formam nas aberturas entre as árvores. Esses locais são muito mais ensolarados, e a temperatura chega a aumentar bastante. Por outro lado, algumas árvores só germinam e crescem no sub-bosque da floresta, que é mais fresco e sombreado (veja, também, o Capítulo 8, sobre a luz no sub-bosque florestal).

Portanto, a temperatura de cada ambiente determina quais espécies podem germinar e se estabelecer ali. Cada espécie ocupa um determinado nicho, que inclui a faixa de condições ambientais que as sementes são capazes de tolerar. Nessa “faixa de temperatura”, temos um mínimo e um máximo a ser testado, que pode ou não ser equivalente ao clima encontrado na região. Por isso, surgiu a pergunta: “Qual é a melhor faixa de temperaturas para a germinação de sementes de árvores amazônicas?”

Pensando no ambiente da Amazônia, que é quente e úmido, esperávamos que a germinação aumentasse conforme as temperaturas ficassem mais quentes, diminuindo a germinação em condições de frio. Sobretudo as espécies que crescem e colonizam as áreas abertas (borda/clareiras), chamadas de “espécies pioneiras”, deveriam apresentar sementes que poderiam sobreviver até perto dos 40°C. Já as espécies de lugares mais sombreados, como o interior da mata, deveriam germinar em uma faixa relativamente estreita de temperaturas mais amenas (20-30°C).

Para responder à pergunta da pesquisa, estudamos dez espécies de árvores, listadas na Tabela 10.1, algumas com a distribuição geográfica restrita à Amazônia, e outras de ocorrência por todo Brasil. Coletamos a maioria das sementes na Floresta Nacional do Jamari, no estado de Rondônia. Nosso estudo incluiu sete espécies da família das leguminosas. Essa família de plantas é conhecida por ser a família de várias plantas cultivadas, como o feijão e a ervilha, mas também inclui centenas de espécies de árvores florestais. Por exemplo, testamos duas espécies do gênero *Parkia*, conhecidas como “faveiras”, e a espécie *Schizolobium amazonicum*, conhecida como bandararra ou paricá. Testamos, também, as leguminosas *Apuleia molaris*, *Enterolobium schomburgkii*, *Senna multijuga* e *Stryphnodendron guianense* (Tabela 10.1).

Tabela 10.1 – Espécies estudadas e ambientes de ocorrência

Nome científico	Nome popular	Ambiente
<i>Apuleia molaris</i>	garapeira	bordas e clareiras
<i>Astronium lecointei</i>	muiracatiara	interior da mata
<i>Cedrela fissilis</i>	cedro	interior da mata
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	tamboril	clareiras e interior
<i>Parkia multijuga</i>	faveira-benguê	interior da mata
<i>Parkia nitida</i>	faveira-branca	clareiras e interior
<i>Schizolobium amazonicum</i>	bandarra, paricá	bordas e clareiras
<i>Senna multijuga</i>	pau-cigarra	bordas e cultivo
<i>Stryphnodendron guianense</i>	baginha	bordas de mata
<i>Theobroma cacao</i>	cacau	cultivo

Fonte: Elaboração dos autores.

As sementes de leguminosas, comumente, apresentam dormência física, ou seja, a casca da semente constitui uma barreira física impermeável, que impede a embebição. Assim, a semente só consegue germinar quando há algum rompimento na casca, que pode ser causado por choques térmicos ou abrasão. Para a quebra da dormência física em laboratório, aplicamos uma técnica de escarificação com lixa. A escarificação consiste em passar as sementes, com cuidado, em uma lixa ou outra superfície para causar alguma pequena abertura que permita a entrada de água em sua casca impermeável. Esse procedimento pode ser feito em um esmeril ou com o uso de ácidos em laboratório, em alguns casos. Além das leguminosas, testamos a germinação de espécies sem dormência, de outras famílias de interesse comercial, como o cacau (*Theobroma cacao*), que é bastante cultivado na região, além do cedro (*Cedrela fissilis*) e da muiracatiara (*Astronium lecointei*), que são espécies madeireiras.

A coleta de sementes na Amazônia não é tarefa fácil; as árvores são bem altas, podendo chegar a mais de 40 metros de altura, de modo que se torna difícil conseguir subir. Ademais, nem sempre é possível achar as sementes no solo após a dispersão. Por isso, contamos com a ajuda de técnicos e tivemos um financiamento de pesquisa (parceria com o Centro de Estudos Rioterra) para dar suporte ao trabalho no campo. Em laboratório, as sementes foram triadas e separadas dos frutos cuidadosamente. Para testar o efeito das diferentes temperaturas, utilizamos câmaras de germinação – uma espécie de geladeira modificada – para manter a temperatura desejada, conforme podemos observar na Figura 10.1.



Figura 10.1 – Experimentos de germinação em laboratório. A) amostras das sementes na câmara de germinação; B) sementes de faveira-branca (*Parkia nitida*); C) sementes de muiracatiara (*Astronium lecointei*) e; D) sementes de cedro (*Cedrela fissilis*).

Fonte: Elaboração dos autores.

Testamos temperaturas consideradas bem frias para o ambiente da Amazônia, tais como 10, 13, 15, 17°C, e também, temperaturas mais altas, de 20, 25, 30, 35, 37 e 40°C. Para montar o teste de germinação, forramos caixas de plástico com papel de filtro, um papel absorvente que mantém a umidade (semelhante ao papel do filtro de coar café). Colocamos as sementes sobre o papel de filtro umedecido e deixamos as caixas tampadas nas câmaras, sob diferentes temperaturas. As sementes germinadas foram observadas diariamente no laboratório, considerando a semente como germinada quando o embrião, em geral, a raiz ($\geq 0,5$ cm), conseguia emergir e romper a casca.

Mostramos que diversas espécies amazônicas têm a capacidade de germinar muito bem em quase todas as temperaturas testadas. Após a escarificação com lixa, praticamente todas as sementes germinaram sem proble-

mas em uma ampla faixa de temperaturas. Como há muita umidade na floresta amazônica, as sementes devem ser dispersas da planta mãe e germinar rapidamente. Somente quando está muito frio, abaixo ou igual a 10°C , é que observamos pouca ou nenhuma germinação. Isso era esperado, pois temperaturas tão baixas não ocorrem na região. Tal padrão difere de espécies de ambientes temperados, que toleram um frio intenso e cuja germinação já foi registrada em temperaturas próximas de zero.

Nas árvores da Amazônia, a porcentagem de germinação cresce com o aumento da temperatura, e praticamente todas as espécies atingiram alta porcentagem (acima de 70%) de sementes germinadas já entre 13 e 17°C . Na maioria das espécies, as sementes foram capazes de sobreviver a temperaturas bem altas, acima de 35 e até 40°C em alguns casos. Somente o cedro apresentou uma faixa de temperaturas consideradas mais baixas para a germinação das sementes (de 13 a 25°C). Isso se deve ao fato de o cedro ser uma espécie típica de interior da mata, onde as temperaturas são mais amenas, podendo, também, ser encontrada em florestas mais ao sul do país, onde as temperaturas são igualmente mais baixas, em média.

Além da maior porcentagem de sementes germinadas, levamos em consideração as temperaturas que promovem a germinação em menor tempo. Encontramos essa ótima combinação de maior porcentagem no menor tempo, na faixa de 20 a 37°C , dependendo da espécie. Nessas condições, as sementes demoraram, em média, de um a quatro dias para germinar. Por exemplo, sementes de cacau e faveira-branca atingiram quase 100% de germinação em apenas dois dias a 37°C . Porém, em tais espécies, encontramos um limite estreito a partir do qual a germinação cai bruscamente, de 100% a zero, entre os 37 e 40°C .

Concluimos que a temperatura tropical não é um fator limitante para a germinação das espécies da Amazônia. Contudo, a floresta sofre alterações causadas pelo desmatamento e pelas mudanças climáticas, que geram áreas cada vez mais abertas e expostas ao sol. Ainda que as sementes de algumas espécies tolerem condições de 35 a 40°C, a germinação fica gradualmente mais lenta e irregular em temperaturas tão elevadas. As sementes toleram as temperaturas altas encontradas nas clareiras, mas existe um limite da tolerância. Quando são expostas diretamente ao sol, outros problemas podem ser gerados, como a seca e o excesso de raios ultravioletas. Em outras palavras, após germinadas, as plantas jovens ainda enfrentam uma série de adversidades do ambiente para se estabelecerem na floresta tropical.

As sementes germinadas formam a planta jovem em desenvolvimento, chamada plântula. É comum encontrarmos, no interior da floresta tropical, muitas plântulas aglomeradas. O banco de plântulas inclui diversas espécies que germinaram e que ficam no interior sombreado da mata, crescendo lentamente até que haja um aumento na entrada de luz pela formação de clareiras e queda de árvores. Isso deve gerar uma competição pela luz, e as plântulas de espécies pioneiras apresentam, comumente, um crescimento mais acelerado para atingirem rapidamente o topo da floresta. Mas essa já é outra história...

Sugestão de leitura

DAIBES, L. F. *et al.* Thermal requirements of seed germination of ten tree species occurring in the western Brazilian Amazon. **Seed Science Research**, [s. l.], v. 29, p. 115-123, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0960258519000096>. Acesso em: 12 jul. 2021.

11

Como o tamanho das abelhas influencia o processo de polinização?

Renata Trevizan

José Elton M. Nascimento

Davide di Grumo

Lorena B. Valadão-Mendes





Você sabe qual papel as abelhas exercem na natureza?

A importância das abelhas vai além do doce mel que elas produzem. Esses preciosos insetos realizam a polinização de plantas com grande êxito e formam um dos grupos mais importantes, numerosos e diversos de polinizadores no planeta Terra. Muitas plantas com flores dependem exclusivamente das abelhas para sua polinização e reprodução, principalmente quando falamos de culturas agrícolas, como o morango, o algodão e a maçã. Sendo assim, as abelhas são fundamentais na garantia não só da produção, mas também da qualidade dos alimentos que consumimos.

Para que a relação entre as abelhas e as flores seja estabelecida, as flores devem oferecer recursos que satisfaçam uma das três necessidades básicas desses insetos: alimentação, reprodução e/ou construção de ninhos. Entre os recursos florais mais comuns oferecidos, podemos citar o néctar, substância rica em açúcares, e o pólen, rico em proteína. Cerca de 20.000 espécies de plantas com flores produzem e oferecem pólen como único recurso para os visitantes florais. Grande parte dessas plantas apresenta flores que liberam o pólen através de pequenas aberturas apicais nas suas anteras, isto é, a parte masculina da flor. Essas anteras são conhecidas como anteras poricidas. As abelhas são capazes de coletar os grãos de pólen armazenados

nas anteras por meio da vibração da sua musculatura corporal no contato com as flores. Esse mecanismo desempenhado por, aproximadamente, sete diferentes famílias de abelhas é conhecido como polinização por vibração.

Polinização por vibração

A polinização por vibração foi descrita por cientistas, pela primeira vez, em 1962, como um método de coleta de pólen por abelhas. Mas o que é a polinização por vibração? Esse comportamento de coleta consiste na capacidade de insetos – principalmente abelhas – de vibrar a musculatura corporal durante a visita à flor para coletar pólen.

E como as abelhas conseguem liberar o pólen das anteras e polinizar as flores? A vibração produzida pelo corpo da abelha movimenta o pólen de dentro das anteras, levando à sua liberação. Idealmente, o pólen liberado se distribui sobre o corpo da abelha em áreas estratégicas que acabam tocando o estigma (estrutura feminina das flores) da próxima flor que será visitada.

No entanto, nem todas as abelhas capazes de vibrar as anteras para coletar pólen atuam como polinizadores. Sendo assim, além da vibração das anteras, o que mais é preciso para que a polinização seja bem-sucedida nas plantas? Conforme mencionado anteriormente, para que a polinização seja realizada, os visitantes devem apresentar tamanho e comportamento corretos durante a visita. Especificamente, é necessário que a abelha seja capaz de contatar corretamente as estruturas reprodutivas feminina e masculina das flores. Por exemplo, se uma abelha grande visitar uma flor de tamanho maior, ela terá grandes chances de tocar todas as anteras e o estigma e, assim, possivelmente, irá efetuar a polinização. Por outro lado, se uma abelha

pequena visitar essa mesma flor, as chances de conseguir tocar todas as partes reprodutivas são menores, devido ao seu tamanho corporal e, por isso, provavelmente, não será capaz de efetuar a polinização.

Diante disso, de que modo podemos descobrir quais espécies de abelhas visitam as flores de uma determinada planta, e como o seu tamanho corporal influencia no processo de polinização?

Partindo dessas duas perguntas, realizamos um estudo na Ilha do Cardoso, uma área natural protegida localizada no sul do estado de São Paulo, Brasil. Selecionamos uma população de uma planta chamada *Pleroma clavatum* (Pers.) P.J.F. Guim. Michelang., popularmente conhecida como orelha-de-onça, da família Melastomataceae, cujas flores apresentam anteras porcidas e produzem apenas pólen como recurso.

Notamos que as flores dessa planta recebiam visitas de dois diferentes grupos de abelhas, com tamanhos corporais bem distintos, o que foi ideal para testar as perguntas que estipulamos no início do estudo. Selecionamos 45 botões florais distribuídos em 15 indivíduos. Ensacamos os botões florais com sacos de tule para evitar a visita das abelhas. No dia seguinte, quando as flores abriram, retiramos os sacos e iniciamos as observações das visitas das abelhas nas flores.

Durante as visitas, registramos o tamanho das abelhas, a duração da visita, o número de anteras tocadas e o número de contatos com o estigma da flor. Após as visitas, retiramos as flores da planta para posterior análise de quanto pólen havia sido removido das anteras. Além disso, quantificamos, com o auxílio de microscópio e lâminas, os grãos de pólen depositados no estigma. Ainda, coletamos as abelhas visitantes para medir o tamanho corporal. Dessa maneira, foi possível relacionar o tamanho corporal das abelhas e a sua eficiência no processo da polinização.

Tamanho corporal das abelhas e a diferença na polinização

Vimos que as flores de *P. clavatum* foram visitadas por duas espécies de abelhas de tamanho corporal distintos, sendo uma delas maior, e outra, menor. As abelhas maiores foram identificadas como *Xylocopa* sp., e mediam, aproximadamente, 30 mm (Figura 11.1A). As abelhas menores foram identificadas como *Augochlorella* sp., e mediam cerca de 10 mm (Figura 11.1B).

A partir das nossas análises, constatamos que abelhas maiores removiam mais grãos de pólen nas anteras do que as abelhas menores (Figura 11.2A), assim como depositavam maior quantidade de grãos de pólen no estigma das flores (Figura 11.2B). Por meio desses resultados, apontamos que as abelhas grandes atuam como polinizadores eficazes nas flores de *P. clavatum*, pois realizaram a transferência de grãos de pólen de maneira adequada entre as flores. Por outro lado, as abelhas pequenas não atuam como polinizadores eficientes, já que raramente depositaram grãos de pólen no estigma das flores.



Figura 11.1 – Visitantes florais de *Pleroma clavatum* na Ilha do Cardoso/SP. A) abelha maior (*Xylocopa* sp.); B) abelha menor (*Augochlorella* sp.).

Fonte: Elaboração dos autores.

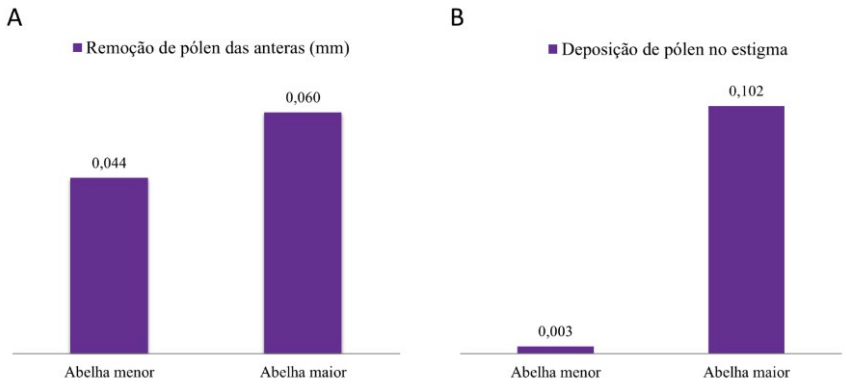


Figura 11.2 – Os gráficos apresentam o valor médio da eficiência na remoção e deposição de pólen de acordo com o tamanho da abelha. A) remoção de pólen das anteras (mm) e; B) número de grãos de pólen depositados no estigma das flores.

Fonte: Elaboração dos autores.

Além disso, o tempo da visita nas flores diferiu entre as espécies de abelhas. As abelhas maiores gastaram, geralmente, apenas alguns segundos por visita (dois segundos aproximadamente), enquanto as abelhas menores gastaram mais tempo visitando uma flor (200 segundos aproximadamente).

Ao realizar visitas mais breves, as abelhas maiores conseguiram visitar e polinizar muitas flores em um curto espaço de tempo, sendo mais eficientes também nesse quesito quando comparadas às abelhas menores, que gastavam mais tempo em cada flor; logo, visitavam menor quantidade de flores.

Nosso estudo permitiu concluir que a polinização realizada por abelhas maiores aumenta a aptidão de toda a população, em razão das visitas mais curtas e da efetividade em remover e depositar o pólen de maneira mais precisa na flor, contribuindo, dessa maneira, para o sucesso da polinização e reprodução da espécie estudada. É importante destacar que as espécies de abelhas que visitam as flores de *P. clavatum* podem ser diferentes de acordo com a população e o lugar onde essas plantas se encontram na natureza; por isso, os resultados podem divergir do que observamos a partir do nosso estudo.

Sugestões de leitura

MELO, L. R. F de *et al.* Como as abelhas percebem as flores e por que isto é importante?. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 362-389, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2204.03>. Acesso em: 12 jul. 2021.

RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E. A. M. de; MACHADO, I. C. S. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275831630_Biologia_da_Polinizacao. Acesso em: 12 jul. 2021.

SOLÍS-MONTERO, L.; VERGARA, C. H.; VALLEJO-MARÍN, M. High incidence of pollen theft in natural populations of a buzz-pollinated plant. **Arthropod-Plant Interactions**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 599-611, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282123541_High_incidence_of_pollen_theft_in_natural_populations_of_a_buzz-pollinated_plant. Acesso em: 12 jul. 2021.

12

Como o fogo altera as interações entre as plantas e polinizadores?

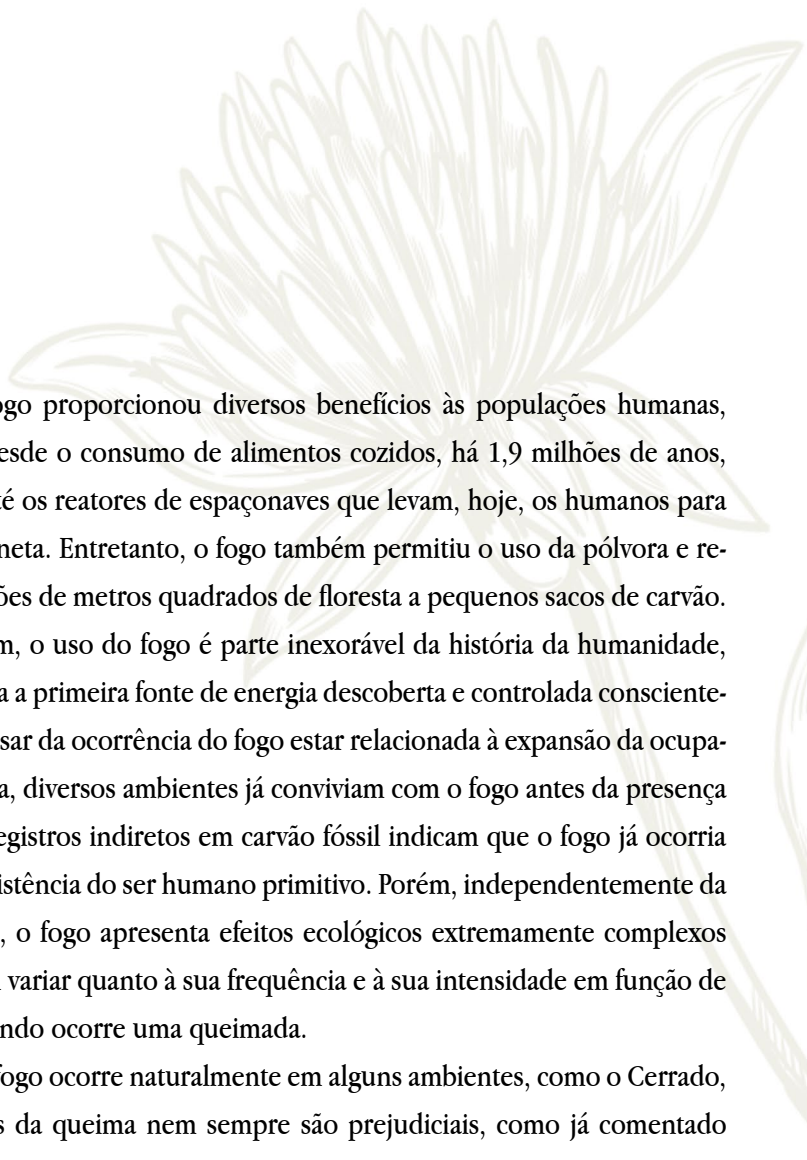
Gudryan J. Baronio

Camila Silveira Souza

Camila Aoki

André Rodrigo Rech





O fogo proporcionou diversos benefícios às populações humanas, desde o consumo de alimentos cozidos, há 1,9 milhões de anos, até os reatores de espaçonaves que levam, hoje, os humanos para fora do planeta. Entretanto, o fogo também permitiu o uso da pólvora e reduziu milhões de metros quadrados de floresta a pequenos sacos de carvão. Sendo assim, o uso do fogo é parte inexorável da história da humanidade, considerada a primeira fonte de energia descoberta e controlada conscientemente. Apesar da ocorrência do fogo estar relacionada à expansão da ocupação humana, diversos ambientes já conviviam com o fogo antes da presença humana. Registros indiretos em carvão fóssil indicam que o fogo já ocorria antes da existência do ser humano primitivo. Porém, independentemente da sua origem, o fogo apresenta efeitos ecológicos extremamente complexos que podem variar quanto à sua frequência e à sua intensidade em função de onde e quando ocorre uma queimada.

O fogo ocorre naturalmente em alguns ambientes, como o Cerrado, e os efeitos da queima nem sempre são prejudiciais, como já comentado anteriormente neste livro. Nesses ambientes, o fogo afeta a vegetação de diferentes formas, pois os organismos diferem nas suas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais ao fogo. Essas diferenças nas respostas ao fogo fazem com que haja exclusão, aumento ou diminuição das popula-

ções, transformando a estrutura da vegetação. Por exemplo, a partir de investigações científicas comparando populações com diferentes regimes dos eventos de fogo, sabe-se que as plantas do gênero *Vellozia*, popularmente conhecidas como canela-de-ema, florescem antes do período normal e com mais intensidade logo após eventos de fogo (Figura 12.1). Desse modo, o fogo atua como um acelerador do processo de reprodução dessas plantas. Por consequência, outros processos – como a polinização – são afetados, pois os polinizadores terão, assim, uma quantidade maior de flores para visitar. A partir de conhecimento prévio como esse, é possível criar predições que, em geral, são partes de um padrão hipotético testável. Entre as possíveis linhas de orientação científica, as predições são possíveis respostas às perguntas sobre algum conhecimento que ainda não foi acessado.



Figura 12.1 – Uma espécie do gênero *Vellozia* florindo no Parque Nacional das Sempre Vivas, em Diamantina - Minas Gerais. À direita, uma abelha da família Halictidae visitando a flor ainda não totalmente aberta, porém já repleta de pólen.

Fonte: Acervo pessoal de Gudryan Jackson Barônio.

Hipoteticamente, imagine duas áreas de Cerrado com *Vellozia* cerca de três meses antes da floração. Suponha que, em uma dessas áreas, ocorra um incêndio, e na outra não. Na área queimada, na semana seguinte ao fogo, se iniciará a floração de *Vellozia*. Teremos, então, uma área com floração abundante de *Vellozia* e outra sem flores, quase três meses antes do período normal de floração. Considerando a floração massiva da primeira área, onde os polinizadores se concentrarão? Haverá polinizadores disponíveis para manter o serviço de polinização na floração massiva no local incendiado? Essas são possíveis perguntas que podem surgir a partir da junção entre o conhecimento prévio de como as relações entre plantas e seus polinizadores ocorrem e a curiosidade sobre o que aconteceria com essas interações em caso de um evento atípico, como uma queimada que altera a floração das *Vellozia*.

Diferentes cenários podem permitir o desdobramento de diversas hipóteses. Por exemplo, se não afetadas por incêndios, as duas áreas floresceriam ao mesmo tempo e haveria fluxo de pólen entre elas, pois os polinizadores visitariam os dois locais concomitantemente. E como fica o fluxo de pólen já que apenas uma das áreas tem flores? Podemos criar a hipótese de que o fluxo genético (devido à transferência de pólen) é reduzido entre ambientes com diferentes regimes de fogo, bem como predizer que: 1) há menos pólen no corpo dos polinizadores que transitam entre esses ambientes ou; 2) há menor fluxo de polinizadores entre os ambientes.

Utilizando diferentes características das interações entre plantas e polinizadores, como frequência de visitas e eficiência no transporte de pólen, podemos pensar em diferentes previsões que podem corroborar a mesma hipótese independentemente. Se esse cenário for real, com nossa hi-

pótese confirmada, o fogo pode moldar, na paisagem, um mosaico genético por onde passa. Esse mosaico será formado se existirem ambientes queimados frequentemente e ambientes muito mais estáveis, e podemos prever que diferentes conjuntos de genes seriam favorecidos em cada local.

Além disso, é possível que haja um efeito não apenas da floração dessas plantas, mas também na qualidade final do processo de reprodução, de modo que os efeitos do fogo podem incluir alguma variação na produção de frutos e sementes. Os resultados da reprodução dessas plantas em distintos cenários de manejo de fogo, isto é, se as diferentes comunidades de plantas têm queimas com diferentes intensidades e frequências, poderiam variar num universo de possibilidades.

De fato, existem locais onde o fogo ocorre naturalmente, mas também é manejado pelas populações humanas, formando um mosaico de ambientes com diferentes frequências de queimas. Um exemplo disso é o que ocorre com a coleta (“panha”) de flores de sempre-vivas, que acontece ao longo do ano no Alto Vale do Jequitinhonha (veja o capítulo 13). Nesses cenários, o fogo pode moldar a reprodução das plantas e influenciar suas populações, incluindo toda a comunidade vegetal e não apenas as sempre-vivas, de acordo com a floração de cada espécie, que poderá ter mais ou menos visitas por polinizadores.

No Parque Nacional das Sempre-Vivas, também localizado no Vale do Jequitinhonha, há um conjunto de ações de manejo integrado de fogo (MIF) e projetos com a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e a Universidade de São Paulo (USP) utilizando experimentos com diferentes regimes de fogo, com eventos de fogo em diferentes momentos, como época seca e época chuvosa, para investigar os efeitos dessas queimas nas comunidades associadas aos campos de sempre-vivas (Figura 12.2).



Figura 12.2 – Manejo integrado de fogo no Parque Nacional das Sempre-Vivas durante a instalação de experimentos controlados para avaliar os efeitos de diferentes regimes de fogo na comunidade biológica.

Fonte: Acervo pessoal de André Rodrigo Rech.

Em uma área de Cerrado do Triângulo Mineiro, uma população de sempre-vivas da espécie *Paepalanthus lundii* foi observada florindo após um grande incêndio não controlado, entre setembro e outubro de 2014. Como a estação chuvosa daquele ano iniciou dias após o incêndio, a floração foi intensa e permitiu um conjunto de quatro interessantes tratamentos experimentais para entender qual é o papel dos diferentes insetos que visitavam essa espécie.

Em campo, essas sempre-vivas foram: 1) apenas marcadas, permitindo a qualquer visitante tocar as flores; 2) ensacadas para impedir qualquer visita; 3) cobertas, impedindo visitantes voadores, mas permitindo os terrestres, como as formigas e; 4) cercadas, impedindo visitantes terrestres mas permitindo os voadores, como abelhas, e moscas. As formigas representaram 43%, dos visitantes, seguidas por abelhas (10%) e moscas (9,5%).

Embora simples, esse experimento permitiu verificar que as plantas, com a presença de formigas, produziram, em média, 66% mais frutos quando comparadas às plantas que tiveram formigas excluídas. Portanto, um conjunto mais rico de interações entre plantas e seus polinizadores garante maior reprodução das plantas e, conseqüentemente, diminui suas chances de extinção.

Segundo o raciocínio evolutivo, segundo o qual as características adaptativas são passadas aos descendentes, as plantas podem ter distintos atributos selecionados para as gerações seguintes de acordo com o que foi mantido após os efeitos do manejo do fogo. Por exemplo, depois de amostrar a comunidade de visitantes florais de uma Lamiaceae (*Trichostema laxum*) em um conjunto de áreas queimadas e estimar a taxa de reprodução cruzada (transferência de pólen entre indivíduos), os cientistas descobriram, no exemplo de *T. laxum*, que as plantas selecionadas eram maiores após as queimadas, exibindo mais flores, e, por conseguinte, as flores dessas plantas chamavam mais a atenção dos polinizadores, sendo mais visitadas por eles.

Entretanto, o conjunto de polinizadores encontrados na floração nas áreas após queimadas compreendeu abelhas maiores, ao contrário das áreas não queimadas. As abelhas maiores conseguem carregar mais pólen que as abelhas menores e, por isso, podem visitar um conjunto maior de flores antes de limparem seu corpo no ninho. Se assim fizerem, elas polinizam um conjunto de flores espacialmente muito próximo, que chamamos de endogamia. Se selecionada dessa forma pelos eventos de fogo, a diversidade genética das plantas que são polinizadas por abelhas grandes poderia diminuir.

Portanto, suspeitando desses efeitos que a maior visitação poderia incluir na reprodução dessas plantas, os cientistas descobriram, ainda, que as taxas de reprodução cruzada em função do maior número de visitas foram 20% menores em áreas queimadas. A queimada tem uma ligação com a floração abundante, pois ela proporciona grande deposição de diversos minerais no solo, especialmente o fósforo, que é utilizado em floriculturas como estimulante para a floração. Isso explicou as menores taxas de reprodução cruzada, visto que os polinizadores visitam mais flores de um mesmo indivíduo, impedindo que diferentes indivíduos cruzem entre si.

Por fim, com todas essas mudanças nas características das plantas, um distinto conjunto de abelhas visitou as flores, evidenciando a dominância de abelhas maiores nas plantas presentes em áreas queimadas. Da mesma forma, como os polinizadores que dependem do néctar, outras características das flores, como cores e odores, podem ser selecionadas pelos efeitos do fogo, assim como o momento de oferta de recurso (floração) e o próprio recurso (quantidade de flores).

Logo, os efeitos do fogo podem alterar não apenas a dinâmica de crescimento e reprodução de uma espécie ou grupo específico de plantas, como observado para as sempre-vivas, mas também dos polinizadores da comunidade e das outras espécies vegetais que interagem e/ou dependem dos mesmos visitantes florais. A partir do entendimento contínuo de diferentes frentes de conhecimento sobre os distintos componentes de uma comunidade ecológica, podem surgir diversas outras hipóteses sobre a ocorrência e a manutenção das interações ecológicas em função dos diferentes regimes de fogo.

As consequências dessas alterações que o fogo promove podem ir muito além da interação entre plantas e polinizadores, comprometendo ou modificando a reprodução das plantas e suas interações em toda a comunidade biológica. Sabendo que diferentes plantas e suas interações específicas podem variar, há a necessidade de entender como os processos ecológicos ocorrem, sobretudo para garantir que os padrões de diversidade biológica sejam mantidos, pois é a partir deles que os processos ecológicos ocorrem.

Agradecimentos: Agradecemos à fundação Rufford (Rufford Foundation, 30297-1) e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Universal 425130/2018-5) por fomentarem a oportunidade de trabalhar com as sempre-vivas, bem como com suas interações com polinizadores e outros insetos.

Sugestões de leitura

ADLER, J. Why fire make us human? **Smithsonian Magazine**, [s. l.], jun. 2013. Disponível em: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/why-fire-makes-us-human-72989884/?all>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BARONIO, G. J. *et al.* Entre flores e visitantes: estratégias de disponibilização e coleta de recursos florais. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 390-409, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2204.04>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CAMARGO, M. G. G. de; AGUIAR, J. M. R. B. V.; BERGAMO, P. J. O colorido das flores e a polinização. **ComCiência – Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, [s. l.], 09 mar. 2020. Disponível em: <http://www.comciencia.br/o-colorido-das-flores-e-a-polinizacao/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

DEL-CLARO, K. *et al.* Ant pollination of *Paepalanthus lundii* (Eriocaulaceae) in Brazilian savanna. **Annals of Botany**, [s. l.], v. 123, n. 7, p. 1159-1165, 08 jul. 2019. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/123/7/1159/5373019>. Acesso em: 12 jul. 2021.

13

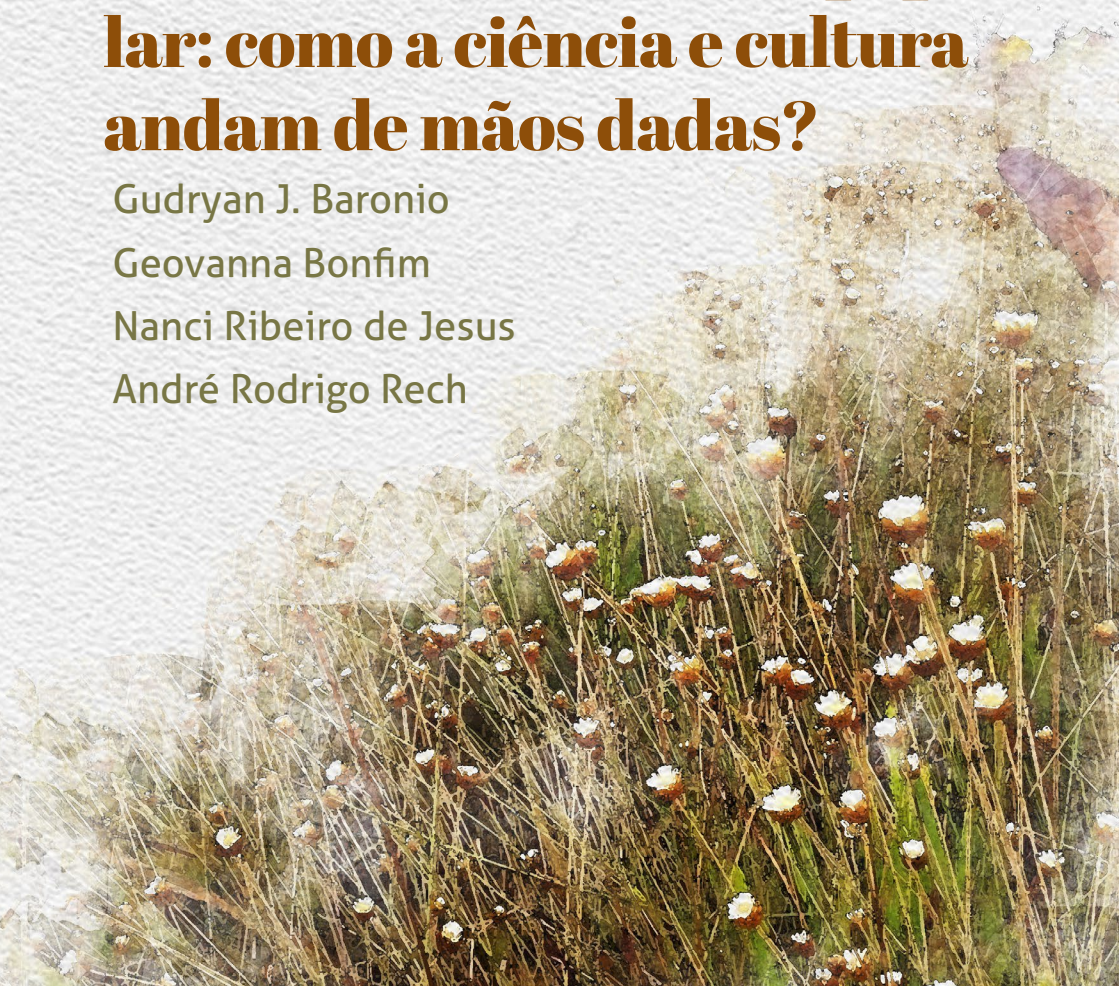
O fogo que traz as flores e o florescimento do saber popu- lar: como a ciência e cultura andam de mãos dadas?

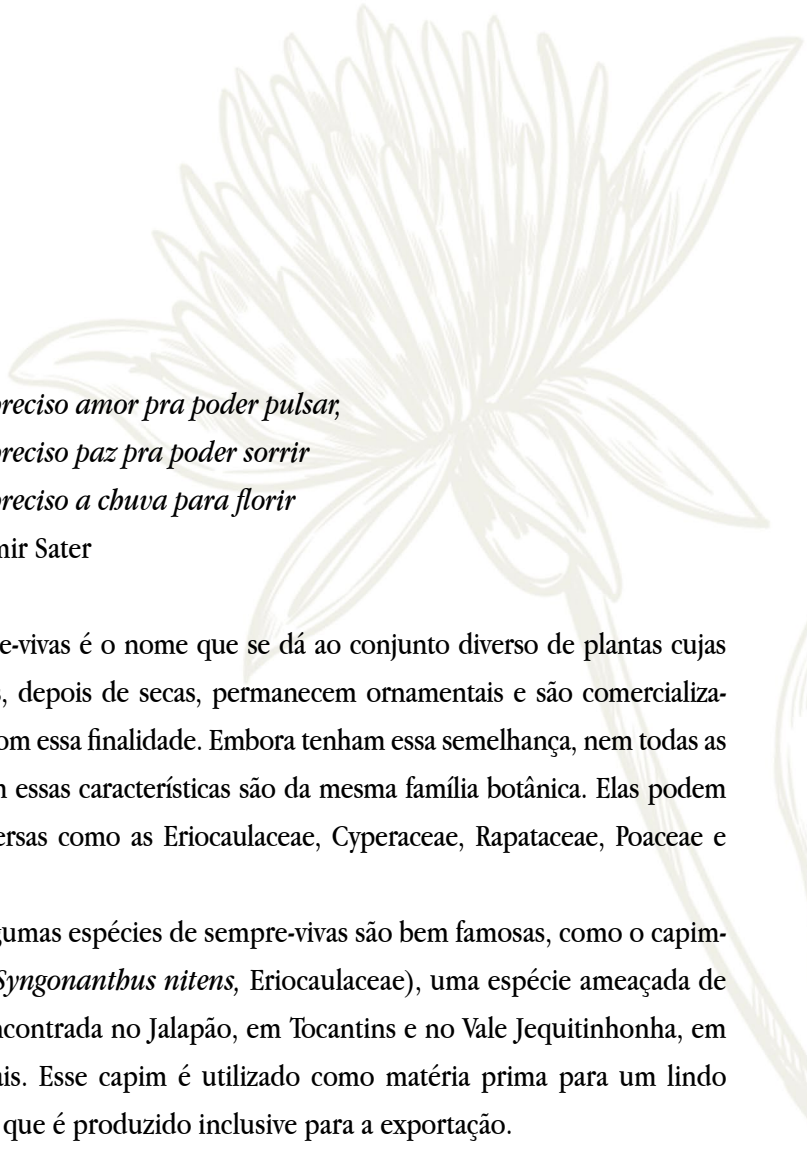
Gudryan J. Baronio

Geovanna Bonfim

Nanci Ribeiro de Jesus

André Rodrigo Rech





É preciso amor pra poder pulsar,

É preciso paz pra poder sorrir

É preciso a chuva para florir

Almir Sater

Sempre-vivas é o nome que se dá ao conjunto diverso de plantas cujas flores, depois de secas, permanecem ornamentais e são comercializadas com essa finalidade. Embora tenham essa semelhança, nem todas as plantas com essas características são da mesma família botânica. Elas podem ser tão diversas como as Eriocaulaceae, Cyperaceae, Rapataceae, Poaceae e Xyridaceae.

Algumas espécies de sempre-vivas são bem famosas, como o capim-dourado (*Syngonanthus nitens*, Eriocaulaceae), uma espécie ameaçada de extinção encontrada no Jalapão, em Tocantins e no Vale Jequitinhonha, em Minas Gerais. Esse capim é utilizado como matéria prima para um lindo artesanato, que é produzido inclusive para a exportação.

As sempre-vivas são encontradas em todo o Brasil, mas é mais fácil vê-las em restingas, que ficam perto das praias, e nos ambientes montanhosos. Na Serra do Espinhaço, que compreende ambientes de Cerrado entre Minas Gerais e a Bahia, as sempre-vivas são abundantes e formam verdadei-

ros jardins naturais (Figura 13.1).



Figura 13.1 – Sempre Vivas da família Eriocaulaceae, aqui *Comanthera* sp., formando extensas populações agrupadas que se assemelham a jardins.

Fonte: Acervo pessoal de Gudryan J. Barônio.

Mas “nem tudo são flores” com a coleta das sempre-vivas, e há outras espécies ameaçadas ou em extinção, como é o caso de alguns representantes do gênero *Comanthera*, presente na Serra do Espinhaço, desde Minas Gerais até a Bahia. As espécies desse gênero são delicadas, pequenas, com as estruturas florais brancas, todas as características que favorecem seu uso decorativo como artesanato e que, conseqüentemente, agregam valor comercial.

É justamente por esse valor que as flores das sempre-vivas são um recurso natural utilizado pelas populações humanas tradicionais que têm o extrativismo vegetal associado ao seu modo de vida. Recentemente, a coleta ou “panha” de sempre-vivas foi considerada patrimônio agrícola mundial enquanto atividade centenária (Figura 13.2). Esse reconhecimento é dado aos sistemas mundiais que atravessaram adversidades, como as impostas

pela agricultura intensiva, a alteração dos usos do solo ao longo da história, e, mesmo assim, permanecem capazes de manter suas tradições culturais, a diversidade agrícola e de cumprir uma função ecológica no ambiente onde se desenvolvem.

A coleta das sempre-vivas é uma manifestação coletiva dos indivíduos, especialmente de origem quilombola e indígena, que permeia o poder e a disputa de terras e a preservação do ambiente natural. Repare que a coleta das flores de sempre-vivas, um recurso natural, está atrelada ao desenvolvimento humano de modo histórico e cultural nas regiões de ocorrência dessas plantas.

O conhecimento sobre a história e a cultura relacionada à biologia dos recursos vegetais é alvo da etnobotânica, que estuda a domesticação e a utilização de certas plantas pelos povos e populações humanas. Isso significa estudar e entender a relação existente entre humanos e plantas, e o modo como essas plantas foram incluídas no conjunto útil e como são usadas enquanto recursos. Muitas vezes, o uso de recursos naturais está associado a conflitos, especialmente quando envolve comunidades humanas fragilizadas, como comunidades tradicionais quilombolas. Nesse sentido, com o entendimento histórico e cultural sobre a domesticação e a utilização de plantas, é possível identificar e adotar uma abordagem estratégica para o uso dos recursos com foco integrativo entre ciência e cultura.

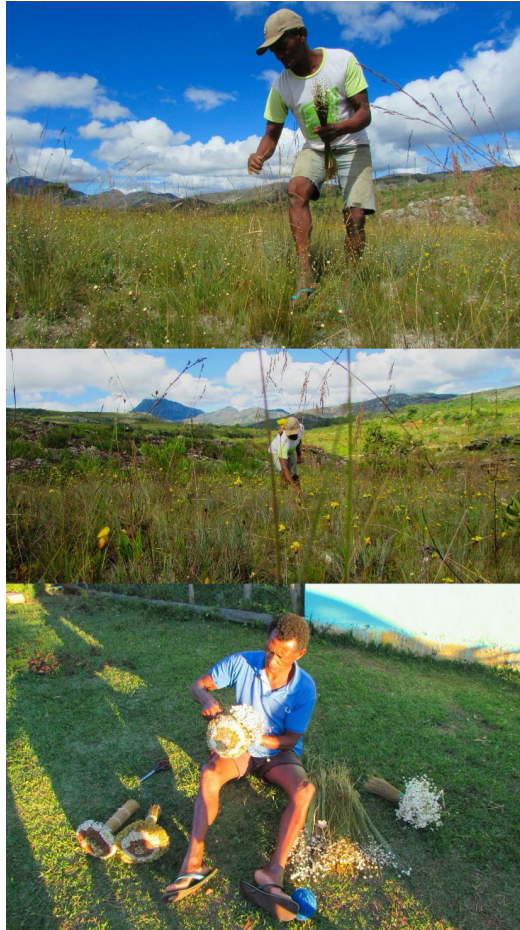


Figura 13.2 – A “panha” de sempre vivas, uma atividade patrimônio da agricultura mundial é centenária. As comunidades tradicionais exercem essa atividade de modo coletivo, embora haja abandono completo dessa atividade em alguns locais devido às restrições legais.

Fonte: Acervo pessoal de Nanci Ribeiro de Jesus.

De acordo com a percepção de uma das autoras – que foi apanhadora de sempre-vivas –, historicamente, aconteceram três distintos momentos relacionados ao modo como as populações humanas interagem com as

sempre-vivas. No primeiro, até a década de 70, a coleta era livre e sem manejo – isto é, sem intervenção humana plantando para aumentar a abundância ou ateando fogo para estimular a rebrota –, pois os apanhadores de flores permaneciam em campo coletando flores por vários dias onde houvesse sempre-vivas em floração. Nessa fase, a coleta era totalmente artesanal, e essas coletas não tinham apenas um objetivo econômico, mas garantiam, também, um contato com a natureza, um modo de vida.

No segundo momento, no início da década de 80, o cercamento de grandes propriedades para agricultura e pecuária, especialmente com o início da escassez de ouro e diamante, limitou o deslocamento dos apanhadores de flores. Essa reorganização fundiária trouxe duas novas características a esse modo de vida. A primeira é o fato de impedir que a coleta fosse realizada nos mesmos locais onde eram coletadas anteriormente. Com isso, algumas espécies de sempre-vivas “deixaram” de ser coletadas, pois, embora apresentassem floração sequencial – florindo uma seguida da outra durante o ano –, elas tinham locais de maior ocorrência, conhecidos como campos de sempre-vivas, nos quais as flores exibem maior concentração. A segunda característica é o fato de a formação de grandes fazendas ter utilizado o fogo descontroladamente como ferramenta para limpeza e abertura de pastagens, removendo as sempre-vivas de amplas paisagens e limitando e direcionando a coleta tradicional para outros locais. Dessa forma, algumas espécies tiveram mais ou menos exploração, em função da coleta mais ou menos frequente nas áreas que eram acessíveis e não acessíveis devido à limitação territorial e à alteração do uso do solo.

O terceiro momento começou no final da década de 90, com início da implantação de unidades de conservação – como o Parque Nacional das Sempre-vivas – e definição de novas restrições aos apanhadores de flores –

como a inclusão de algumas espécies de sempre-vivas na lista de espécies ameaçadas ou em extinção. Isso induziu o abandono completo da panha de flores em alguns locais. Quem se manteve nessa atividade foi obrigado a coletar mais intensamente nos locais onde ela ainda era permitida e a vender por preços baixos, já que esse recurso não era mais tão popular quanto foi na década de 70. O grau elevado de exploração e desvalorização teve diversas consequências, entre elas, i) a desvalorização cultural e a desconstrução de identidade das populações tradicionais, que promoveu o êxodo rural, a procura de atividades mais rentáveis e; ii) a coleta indiscriminada de sempre-vivas, desrespeitando períodos que tornam a coleta de flores uma prática sustentável. Esses fatores se somaram e ajudam a entender por que algumas espécies são consideradas, atualmente, como ameaçadas ou em extinção.

A investigação científica almeja o incremento no conhecimento, mas nem sempre está diretamente relacionada ao teste de hipóteses (veja o capítulo “Flores que ‘se escondem’ das abelhas? O curioso caso das flores vermelhas!”). No entanto, os acréscimos a partir de diferentes pontos de vista contribuem para os diferentes componentes de como fazer ciência. Entre esses componentes, a observação da situação-problema e a verificação de fatores causais complexos podem levar à geração de hipóteses, muitas delas testáveis posteriormente. Dados obtidos nessa perspectiva podem – e, efetivamente, já contribuíram – para a construção do conhecimento que acessamos hoje. No caso da abordagem interdisciplinar, que lida com o mundo biológico e com o contexto cultural das populações tradicionais, esse entendimento se faz necessário, pois a base etnobotânica permite a possibilidade de uma construção participativa do conhecimento, o que, de fato, tem mostrado resultados importantes para o manejo das espécies envolvidas, algumas, inclusive, ameaçadas de extinção.

A coleta tradicional de sempre-vivas envolve, além da coleta das flores em momentos específicos durante a floração de cada espécie, o manejo das populações com fogo. A utilização do fogo ocorre em função do sistema tradicional de agricultura, conhecido como roça de toco, que foi empregado, também, por alguns grupamentos indígenas. Nesse sistema, a agricultura ocorre em pequenos terrenos, geralmente nas partes mais baixas próximo aos campos de sempre-vivas, onde há mais umidade. Em tais locais, ocorre acúmulo de matéria orgânica, que é fundamental para a fertilidade do solo. Ainda, quando esses pequenos terrenos são roçados e queimados, uma grande quantidade de nutrientes é disponibilizada para as plantas que ali brotam na próxima estação, pois o fogo queima apenas o material que está na superfície do solo.

Ainda de acordo com a percepção de quem já participou de muitas panhas de sempre-vivas, as queimas para o manejo de fogo são tradicionalmente realizadas em dois momentos a cada ano: no primeiro, de janeiro a julho, queimam-se os brejos enquanto a coleta é realizada em campos mais secos; no segundo, de agosto a dezembro, incendiam-se os campos em locais mais altos, onde houve a coleta anterior das flores. Nesse sentido, com queimas planejadas a partir do manejo das roças de toco, as sempre-vivas apresentam, em geral, rebrotas mais vigorosas, com floradas abundantes que sugerem a sustentabilidade das coletas.

Acredita-se, ainda, que a utilização de fogo para o manejo das sempre-vivas pode atribuir a elas características que agregam maior valor comercial às plantas que serão coletadas na próxima floração, como um maior número de flores e o tamanho padronizado dos ramos. Estudos experimentais mostram diferenças no crescimento das sempre-vivas do gênero *Comanthera* com e sem o manejo de fogo, de modo que, nas áreas não queimadas,

há abundância de sempre-vivas, mas, nas áreas com manejo de fogo, ainda há um aumento na produtividade. No entanto, pouco sabemos sobre como esses efeitos ocorrem em outras espécies de sempre-vivas e no restante da comunidade vegetal nas quais estão presentes. Além disso, o fogo pode estimular a germinação de algumas plantas do Cerrado, renovando, especialmente, a população dessas plantas.

Recentemente, as ideias e atitudes com relação à conservação vêm mudando para incorporar o componente social, e termos como sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e conhecimento tradicional têm se tornado recorrentes. Paralelamente, no cenário científico, o papel das populações locais tem sido ressaltado como de fundamental importância para o manejo de recursos naturais, para o desenvolvimento sustentável e a criação de unidades de conservação.

Como exemplo dessa integração, atualmente, o Parque Nacional das Sempre-Vivas inclui, em sua gestão, o manejo integrado de fogo (MIF). Esse tipo de abordagem envolve não apenas o saber popular sobre como e quando queimar, mas também integra indivíduos das comunidades tradicionais, como brigadistas contra incêndios, no planejamento e na execução das queimadas planejadas. Alguns indivíduos colaboram, ainda, direta e indiretamente na execução de projetos científicos relacionados ao manejo do fogo no interior do parque. Com isso, o saber dos povos locais é visto como um importante elemento nos debates sobre o uso e a conservação de recursos naturais. Esse saber das populações tradicionais se liga diretamente ao conhecimento científico e pode ser importante para tomadas de decisão que magnificam a conservação da biodiversidade.

Considerar a legitimidade dos saberes oriundos da cultura não apenas valoriza as diferentes expressões da identidade e da cultura das populações humanas tradicionais, como também reconhece e difunde a riqueza incomensurável das combinações das práticas tradicionais dos povos locais. Esses saberes representam um rico material de valorização sobre a produção tradicional dos apanhadores e deve ser mais bem compreendida dentro de um contexto mais amplo, incluindo questões científicas específicas. Entre essas questões, está a reprodução das plantas sob efeitos do fogo, a fim de assegurar a sustentabilidade, que é o objetivo de todos que sejam comprometidos com a salvaguarda socioambiental para as futuras gerações.

Agradecimentos: Agradecemos à fundação Rufford (Rufford Foundation, 30297-1) e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Universal 425130/2018-5) por fomentarem a oportunidade de trabalhar com as sempre-vivas e com suas interações com polinizadores e outros insetos.

Sugestões de leitura

BEDÊ, L. Estudo experimental sobre efeitos do fogo em populações de sempre-vivas no Parque Nacional das Sempre-Vivas. **Projeto Cerrado/Jalapão**, Brasília, 2015. Disponível em: <http://cerradojalapao.mma.gov.br/biblioteca/arquivos>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Sempre-vivas. **Nações Unidas Brasil**, Brasília. Disponível em: https://nacoesunidas.org/?post_type=post&s=sempre-vivas. Acesso em: 12 jul. 2021.

Organizadores



NATALIA SOARES COSTA

Bióloga formada pela Universidade Federal de Ouro Preto, Mestre e Doutora em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP – Campus de Rio Claro). Pesquisadora bolsista PCI do Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/4642385280748629>

Contato: ncsoares.botanica@gmail.com

VALDIR LAMIM-GUEDES

Biólogo e Mestre em Ecologia pela Universidade Federal de Ouro Preto. Especialista em Jornalismo Científico (Unicamp), em Design Instrucional para Web (UNIFEI) e em Educação Ambiental (USP). Doutor em Educação (USP). Estagiário Pós-doc no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Mato Grosso.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/3473994189361010>

Contato: lamimguedes@gmail.com

Autores



ANDRÉ RODRIGO RECH

Licenciado em Ciências Biológicas, Mestre em Botânica pelo INPA e Doutor em Ecologia pela Unicamp. É professor do curso de Licenciatura em Educação do Campo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/2201211645557557>

Contato: andrerodrigorech@gmail.com

CAMILA AOKI

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e Doutora em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Atualmente, é professora adjunta na mesma instituição.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/0604953142672041>

Contato: camila.aoki@ufms.br

CAMILA SILVEIRA SOUZA

Bióloga, Mestre em Biologia Vegetal e Doutora em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Atualmente, é pós-doutoranda (PNPD Capes) na Universidade Federal do Paraná.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/4432079508297352>

Contato: souza.camila.bio@gmail.com

CAIO S. BALLARIN

Graduado em Ciências Biológicas (modalidades Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Botucatu. Doutorando pela mesma instituição, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal), e membro do Laboratório de Ecologia da Polinização e Interações (LEPI).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/0139718627222637>

Contato: csballarin@gmail.com

DANIEL MAXIMO CORRÊA DE ALCANTARA

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestrado e doutorado em Zoologia pela Universidade de São Paulo.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/1319133617898509>

Contato: danielmxm@gmail.com

DAVIDE DI GRUMO

Mestre em Biologia pela Universidade de Pavia e doutorando no Programa de Doutorado em Sistemática e Biodiversidade, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Currículo: https://www.researchgate.net/profile/Davide_Di_Grumo

Contato: davidedigrumo@gmail.com

FELIPE WANDERLEY DE AMORIM

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais pela UFU, Doutor em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas. Docente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Botucatu.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/1616997402954531>

Contato: amorimfelipe@yahoo.com.br

FRANCISMEIRE TELLES

Pesquisadora pós-doutoral na Universidade Federal de Uberlândia, no Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Seus estudos focam nas interações entre planta e seus visitantes florais, tentando entender como os visitantes percebem as flores e as recompensas que elas oferecem.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/0150750345816005>

Contato: meirecuesta@gmail.com

GEOVANNA BONFIM DE SOUZA

Graduanda de Ciências Biológicas – Licenciatura, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina-MG. Atualmente, está no terceiro período do curso e ainda está conhecendo sua área de interesse, sentindo-se atraída, até o momento, pela botânica e pela biologia animal.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/9287112514119786>

Contato: geovannaptu@hotmail.com

GUDRYAN J. BARÔNIO

Biólogo pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestre e Doutor em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Uberlândia. Atualmente, é bolsista PNPd/CAPES na UFVJM.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/7041242762452086>

Contato: gudryan@gmail.com

HÉLDER CONSOLARO

Professor da Universidade Federal de Catalão (UFCat), Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (UnB), Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/3914598655311565>

Contato: helderconsolaro@gmail.com

ISIS PAGLIA

Bióloga pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Mestra em Botânica pela Escola Nacional de Botânica Tropical/Jardim Botânico do Rio de Janeiro (ENBT/JBRJ). Atualmente, é doutoranda pela mesma instituição.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/2908585173731960>

Contato: isis_paglia@hotmail.com

JENNYFER GOMES COSTA

Graduanda em Ciências Biológicas, modalidade Bacharel, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faz estágio no departamento de Ecologia, com foco na interação animal-planta.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/3790753431562261>

Contato: jennyfergomescosta@gmail.com

JOSÉ ELTON M. NASCIMENTO

Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará e doutorando no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/8185809682872877>

Contato: eltonzootec@gmail.com

JOSIANA GONÇALVES RIBEIRO

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/2516060475212889>

Contato: josianabiologia@gmail.com

JULIANA HIPÓLITO

Graduada em Biologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), com Mestrado e Doutorado pela mesma universidade. Professora visitante da UFBA. Docente do Programa de Pós-graduação em Botânica e Ecologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Programa de Pós-graduação em Ecologia: Teoria, Aplicação de Valores (UFBA).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/1843831280195803>

Contato: juhapolito@gmail.com

LEONARDO GALETTO

Graduado em Biologia pela Universidad Nacional de Cordoba, com Doutorado pela mesma instituição. Professor titular da Universidad Nacional de Córdoba e Investigador Superior – CONICET.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/0889093180719403>

Contato: leo@imbiv.unc.edu.ar

LEONOR PATRÍCIA C. MORELLATO

Bióloga formada pela Universidade de São Paulo, com Mestrado e Doutorado em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente, é professora titular da Universidade Estadual Paulista (UNESP – Campus de Rio Claro) e bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (Nível 1B).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/1012217731137451>

Contato: patricia.morellato@unesp.br

LORENA B. VALADÃO-MENDES

Mestre em Botânica pela Universidade Estadual Paulista e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/6309310010712306>

Contato: lorena.bvmendes@gmail.com

LUÍS FELIPE DAIBES

Biólogo, Doutor em Biologia Vegetal. Especialista em germinação de sementes de espécies nativas de ecossistemas brasileiros, como a Amazônia e o Cerrado. Atuou como professor substituto na Universidade Estadual Paulista (UNESP/Campus Rio Claro).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/6926990758232864>

Contato: luipedaibes@gmail.com

MARCO TÚLIO FURTADO

Doutor e Mestre em Botânica pela Universidade de Brasília (UnB) e Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/1359357882385436>

Contato: marcotulio.bio@gmail.com

NANCI RIBEIRO DE JESUS

Licenciada em História e em Ciência da Natureza. Pós-Graduação Especialização em Educação do Campo: Práticas Pedagógicas. Atualmente, é mestranda em Estudos Rurais pela UFVJM.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/0121911415579116>

Contato: nancirdejesus@gmail.com

PEDRO BERGAMO

Pesquisador pós-doutoral no Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Seus estudos focam em entender o que gera a diversidade de flores (incluindo a diversidade de cores), como essa diversidade afeta a interação das plantas com os polinizadores e, por consequência, a reprodução das plantas.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/9996095159810861>

Contato: pjbergamo@gmail.com

RAPHAEL MATIAS

Doutor em Botânica pela Universidade de Brasília (UnB), Mestre em Biodiversidade Vegetal e Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/0010151881504372>

Contato: rapha-matias@hotmail.com

RENATA TREVIZAN

Mestra em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Uberlândia e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal na Universidade Estadual de Campinas.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/9170181533325684>

Contato: renatattelles@gmail.com

SEMÍRIAN CAMPOS AMOÊDO

Bióloga, Mestra em Botânica. Doutoranda do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Possui experiência com estudos de germinação de espécies da Amazônia. Atua como membro da diretoria e como secretária do CRBio 6^a Região.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/1828343879180745>

Contato: semirian.bio@gmail.com

SUZANA URSI

Possui graduação (licenciatura e bacharelado) em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (USP), Mestrado e Doutorado em Ciências Biológicas (área de Botânica) pela USP. É Professora Doutora do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da USP, e coordenadora do Grupo de Pesquisa BotEd (Botânica na Educação) do Instituto de Biociências – USP.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/2908921158400085>

Contato: suzanaursi@gmail.com

YASMINE ANTONINI

Doutora em Ecologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora Associada na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), onde coordena o Laboratório de Biodiversidade do Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente (DEBIO) do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB) da UFOP.

Currículo: <http://lattes.cnpq.br/0659652780412780>

Contato: antonini.y@gmail.com



Compreendendo a importância dos estudos em botânica e da produção de conhecimento sobre as plantas, suas interações ecológicas e sua relevância socioambiental, buscamos, com este livro, demonstrar como as pesquisas na área da biologia vegetal são pensadas, elaboradas e desenvolvidas. Procuramos abordar os processos envolvidos na elaboração de um trabalho científico, com ênfase na subárea da ecologia vegetal. Assim, a maioria dos capítulos deste livro refere-se a estudos que analisaram as relações entre os organismos vegetais e seu ambiente biótico e abiótico. Uma atenção ainda mais especial foi dada aos estudos de ecologia da polinização, que tratam, portanto, da relação evolutiva entre as plantas e seus polinizadores.

O livro é composto por 13 capítulos de 30 autores vinculados a 11 instituições brasileiras de ensino e pesquisa das cinco regiões do país, além de uma universidade chilena e uma argentina. Esperamos que este trabalho conjunto contribua para uma maior compreensão sobre a ciência botânica, sendo uma leitura leve, útil e agradável a todos!