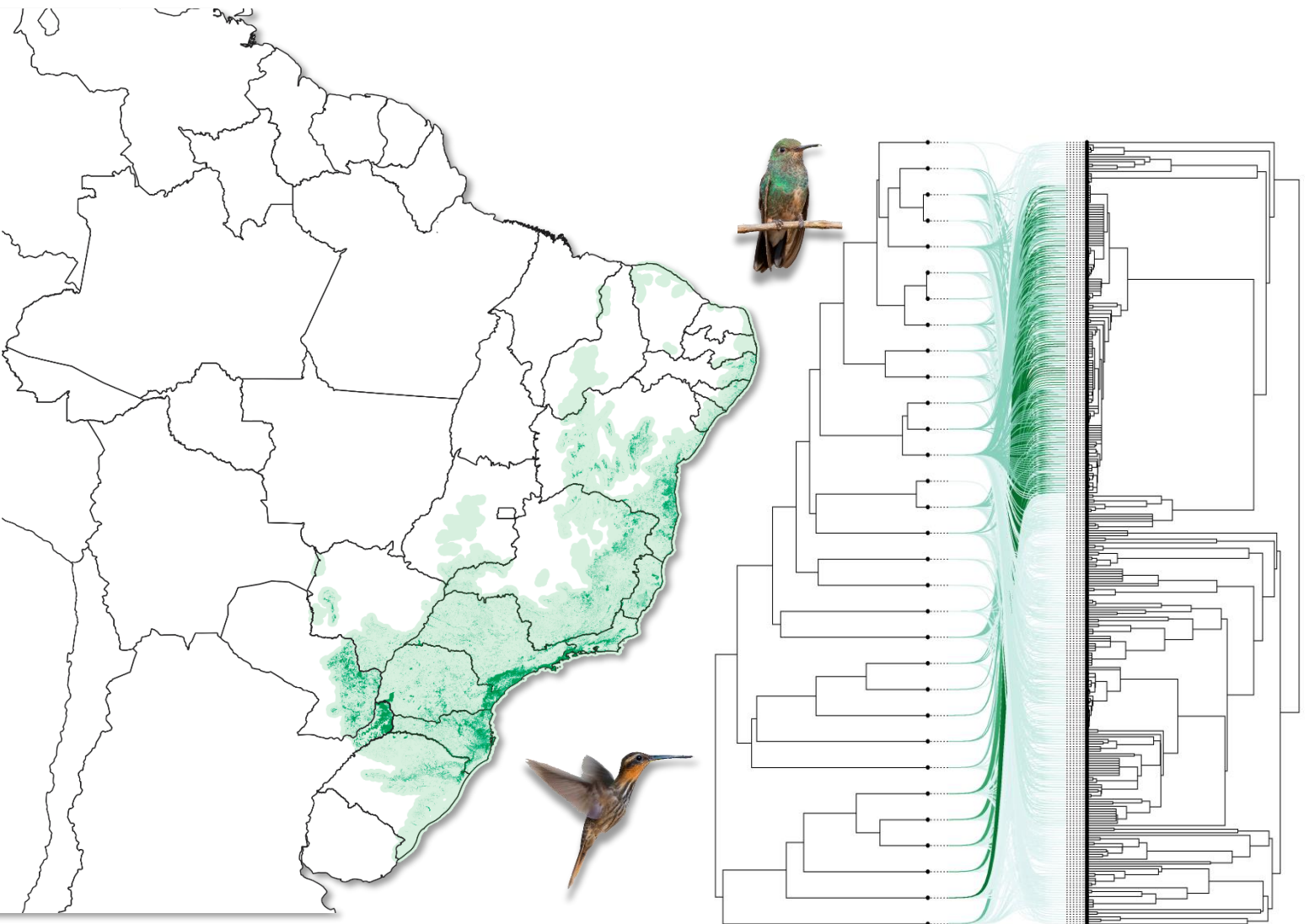


Joice lamara-Nogueira

Organização das comunidades de flores e polinizadores vertebrados na Mata Atlântica brasileira

Organization of communities of plants and vertebrate pollinators in Brazilian Atlantic Rainforest



São Paulo

2020

Joice Iamara-Nogueira

Organização das comunidades de plantas e polinizadores
vertebrados na Mata Atlântica brasileira

Organization of communities of plants and vertebrate pollinators in
Brazilian Atlantic Rainforest

Tese apresentada ao Instituto
de Biociências da Universidade de São Paulo,
para a obtenção do título de Doutor em
Ciências, na área de Ecologia

Orientadora: Prof. Dr. Astrid de Matos Peixoto Kleinert

São Paulo

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Iamara-Nogueira, Joice. Organização das comunidades de plantas e polinizadores vertebrados na Mata Atlântica brasileira/Joice Iamara Nogueira; orientadora: Astrid de Matos Peixoto Kleinert. XX páginas.

Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia.

1. Interações biológicas 2. Mutualismo 3. Cofilogenias I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia.

Comissão Julgadora

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Orientadora

DEDICATÓRIA

*Para minha mãe, Elenita e para meu pai, José
Por nunca duvidarem e sempre me apoiar*

EPÍGRAFE

Mittler zwischen hirn und händen muss das herz sein

O mediador entre a cabeça e as mãos deve ser o coração

Maria

(Thea von Harbou. **Metropolis**. São Paulo: Aleph, 2019)

AGRADECIMENTOS

Em 1927, Thea von Habou lançou o livro *Metropolis*, lançado em filme no mesmo ano por seu então marido Fritz Lang. O filme foi a produção cinematográfica europeia mais cara até então e é considerada um dos grandes expoentes do expressionismo alemão. No entanto, Fritz Lang não gostou de ter gravado o filme pois, em suas palavras, *“você não pode fazer um filme com consciência social no qual você diz que o mediador entre a mão e o cérebro é o coração. Digo, isso é um conto de fadas, sem dúvida. Mas eu estava muito interessado nas máquinas...”*. Lang pode estar certo sobre fazer filmes, mas sobre fazer essa tese, eu tenho que concordar com a Sra. Von Habou: a transformação das ideias e informações contidas no meu cérebro até este material feito pelas minhas mãos só foi possível por intermédio do coração. E por coração, eu me refiro às pessoas que por motivos diversos estiveram presente e colaboraram com a realização desta tese. Esta sessão é dedicada a elas.

Primeiramente, meu agradecimento vai para a Silvana. Sou grata por tudo que aprendi com você ao longo destes quase dez anos. Seu conhecimento e seu amor por este sistema tão bonito é uma das razões que me faz querer estar na Ciência e aprender cada vez mais. Além disso, você sempre soube ver a pessoa por trás da cientista e me ensinou a respeitar meus limites, sem cobranças e julgamentos. Você soube dar os conselhos certos e é devido a você que hoje eu termino este doutorado com belos resultados.

Agradeço também a Astrid, que me apoiou durante este período e sempre foi muito atenciosa com as necessidades burocráticas e contribuiu muito com este trabalho no decorrer do processo. Aproveito aqui para agradecer aos membros do meu comitê, Isabel Alves dos Santos e Marcelo Aizen. Seus conhecimentos ajudaram a enriquecer minha pesquisa e me tornaram uma pesquisadora um pouco melhor.

O Capítulo 1 da tese não seria possível sem todos os colaboradores que tivemos ao longo do processo. Agradeço primeiramente ao Prof. Mauro Galetti, que deu início ao “ATLANTIC Research Team” e que nos sugeriu a iniciar o compilamento de dados para os polinizadores vertebrados. Em sequência, quero agradecer a todos os pesquisadores que trabalham ou trabalharam com este sistema e que compartilharam seu conhecimento conosco e com toda a comunidade científica. Cada contribuição individual foi essencial para este trabalho. Em destaque, quero agradecer a Natalia Targhetta que esteve ao meu lado, adicionando e padronizando os dados para formar o banco de dados. Listo a seguir o nome de meus co-autores nesta empreitada: Alessandra Ribeiro Pinto, Aline Coelho, Ana Maria Rui, Andrea Araujo, Ariadna Valentina Lopes, Brenda Pereira Silva, Bruna Bertagni Camargo, Bruna Borges Moraes,

Caio Graco Machado, Caio César C. Missagia, Danilo Boscolo, Erich Fisher, Évellyn Silva Araújo Oliveira, Gina Chabes, Henrique Gava, Hipólito Ferreira Paulino Neto, Isabel Cristina Machado, Isabela Galarda Varassim, Ivan Sazima, Jeferson Vizentin-Bugoni, Jéssica Luiza Souza e Silva, Julia O. Ferreira, Karoline Baptista de Lima, Kayna Agostini, Leandro Freitas, Lívia Maria de Paula, Luciano Elsinor Lopes, Ludimila Juliete Carvalho Leite, Marcia Alexandra Rocca, Marcia Malanotte, Maria Alice S. Alves, Maria Elisabete Canela, Maria Rosa Darrigo, Marina Muniz Moreira, Marina Woloswki, Marlies Sazima, Milton Groppo Jr., Milton Ribeiro, Miriam Kaheler, Oswaldo Cruz Neto, Patricia Alves Ferreira, Paulo Wesley Martins Moraes, Pedro Joaquim Bergamo, Pietro Kiyoshi Maruyama, Raquel Bueno, Roberta Leal, Rogerio Faria, Simone Bazarian Vosgueritchian e Tiago Simões Malucelli.

Da mesma forma, o segundo e desafiador Capítulo 2 não teria sido possível sem algumas das pessoas mais inteligentes com quem tive o prazer de trabalhar. *Marcelo, gracias por tenerme en su laboratorio y por proporcionar herramientas para responder mis preguntas. Espero volver a trabajar contigo pronto. Gabi, muchas gracias por enseñarme análisis que siempre pensé que no podría aprender y por hacer mi estadía en Bariloche muy agradable. Te extraño a ti y a tu hermosa familia.* Agradeço também ao Gustavo (ou como prefiro chamar, Ari), por seus conselhos valiosíssimos sobre como seguir e, principalmente, como não seguir com este trabalho! Agradeço também ao Prof. Jimmy McGuire por fornecer a árvore filogenética dos beija-flores. Sem ela, este trabalho não teria sido possível. Listo a seguir o nome de meus co-autores nesta empreitada: Marcelo Aizen e Gabriela Gleiser (Argentina), Jimmy A. McGuire (Estados Unidos da América), Gustavo Burin e Silvana Buzato (Brasil).

Agradeço ao CNPq pela bolsa e por financiar este projeto de pesquisa, número do processo: 140235/2016-7. Agências de fomento são extremamente importantes para o desenvolvimento do país e precisam ser defendidas.

Quero agradecer também aos funcionários do departamento de Ecologia, principalmente a Vera e a Shirlene que salvam a vida dos pós-graduandos e são sempre solícitas em nos ajudar. Agradeço também a Lenilda, que nos ajuda sempre com a organização do laboratório e em tudo mais que for necessário.

Agradeço ao Rodrigo Conte por ter fornecido as fotos dos beija-flores *Amazilia fimbriata* e *Ramphodon naevius* presentes na introdução geral e que ilustram a capa desta tese.

Outra parte importante do departamento de Ecologia que merece muitos agradecimentos é o corpo discente. Vocês foram extremamente companheiros durante esse período. Agradeço aos representantes discentes pelo trabalho que fizeram, sempre pensando

no melhor interesse dos alunos. Agradeço também à Comissão PROEX e a todos os membros que fizeram parte da comissão junto comigo: Diana, Morma, Rena, Rodolfo, Natcho, Luanne, Diego, João, Soly, Mila, Duda, Chico, Pâmela... aprendi e me diverti muito com vocês. Agradeço também à Comissão de Organização da Ecoescola por ter me dado a oportunidade de participar das orientações de jovens maravilhosos e renovar meu fôlego durante o doutorado. Além disso, agradeço a todos que vem fazendo esse período de reclusão um pouco mais suportável, seja com as aulas de ioga da Soly ou com o “Gartic da quarentena”. Agradeço ao grupo de *Mindfulness* que me ajudou imensamente nesta última fase do doutorado, em especial a Margareth Tredice que nos ajudou por pura bondade no coração. Aqui cabe também meu profundo agradecimento a Edna, minha querida Edna, que me ensinou muito sobre mim mesma e como a me amar e me respeitar.

Há algumas pessoas que a vida nos trás e que, sem elas, tudo seria muito diferente. Pam, agradeço por ser a companheira que sempre foi, você é uma pessoa maravilhosa. Adorei trabalhar com você e espero novas parcerias. Erika e Re, obrigada pelos conselhos sempre pertinentes nos momentos de angústia e por serem tão divertidas. Amanda, nossa amizade vai ser sempre algo extremamente importante para mim, não importa o quão próximas ou distantes estamos. Aprendi muito com você a como ser uma pessoa melhor e por isso eu agradeço. Eu amo todas vocês.

Lucas, obrigada por estar comigo durante os bons momentos e me apoiar durante os maus momentos. Obrigada por aliviar a cobrança, a pressão e a culpa eu coloco em mim mesma e por apontar as minhas qualidades quando eu insisto em duvidar de mim. Obrigada por estar por perto. Te amo muito.

Por fim, agradeço a minha família. Agradeço aos meus pais, Elenita e José, que mesmo sem ter o ensino básico, são pessoas extremamente inteligentes e que me inspiraram para chegar até aqui. Eles nunca duvidaram de mim e sempre apoiaram minhas decisões. Essa tese também é de vocês, pois a educação que vocês me deram foi o que permitiu que ela existisse. Agradeço também a minha irmã Janaína, ao meu cunhado Luciano e a minha sobrinha, Julia, que foram sempre solícitos quando eu precisei de favores burocráticos e que são sempre assim quando eu preciso de qualquer coisa. Vocês são as pessoas mais importantes na minha vida e agradeço a Deus por vocês existirem.

RESUMO

As interações entre espécies são extremamente importantes para a estrutura da comunidade porque elas influenciam o padrão de coexistência e a ocorrência de clados em determinadas áreas. Nos Neotrópicos, plantas e polinizadores vertebrados representam exemplos de história natural e interação biótica e são usados para interpretar resultados ecológicos e evolutivos complexos em florestas tropicais. O primeiro capítulo desta tese trata da organização e construção de um banco de dados para a interação entre flores e vertebrados polinizadores na Mata Atlântica da América do Sul. Apesar deste Bioma estar distribuído até a Argentina e Paraguai, não encontramos registros desta interação nestes países. Verificamos também que há um forte viés nas amostragens, sendo que áreas de floresta localizadas no Rio de Janeiro e São Paulo contêm a maior parte dos registros. Observamos que, no geral, as características de flores – grande variação na tamanho da corola, baixa produção de néctar e baixo número de visitantes – e vertebrados – baixo número de plantas visitadas – favorecem a especialização neste sistema de polinização. Para beija-flores, as plantas visitadas por eremitas recebem visitas de menos espécies do que não-eremitas. As características de plantas e vertebrados envolvidos na interação não apresentaram influência de fatores ambientais, indicando que fatores bióticos pode ser mais importante para estruturar as comunidades. No segundo capítulo, baseado nas diferenças na distribuição das interações entre os eremitas e não eremitas nos questionamos se assimetrias nas interações entre as duas guildas poderiam ser percebidas na estrutura co-filogenética das comunidades. Esperávamos que a origem precoce dos eremitas e sua interação fiel a certos grupos de plantas pudessem gerar forças de interação mais forte do polinizador para a planta (assimetrias maiores), sendo sua marca histórica mais evidente que nas interações entre os não eremitas e suas flores. Nos amostramos as interações entre flores e beija-flores em uma metaweb composta por 327 espécies nativas de plantas, 31 espécies de beija-flores (26 não eremitas e cinco eremitas) e 1102 interações na Floresta Atlântica brasileira. A interação com sinal co-filogenético mais forte envolve as flores da família Bromeliaceae e os beija-flores eremitas, ao passo que para a interação entre não eremitas e flores, o sinal co-filogenético é praticamente ausente. Portanto, este estudo revela que os sinais cofilogenéticos nas redes de interação mesmo dentro do mesmo taxon pode ser distinto. Para beija-flores e flores residentes da Floresta Atlântica, os sinais de históricos de coevolução podem ser registrados somente para a interação entre eremitas. Para os não eremitas, não é possível registrar sinais históricos nas interações ecológicas contemporâneas.

Palavras-chave: Interações biológicas, mutualismo, cofilogenias, especialização, eremitas, não eremitas.

ABSTRACT

Interactions between species are extremely important for community structure because they influence the pattern of coexistence and the occurrence of clades in certain areas. In the Neotropics, plants and vertebrate pollinators represent examples of natural history and biotic interaction and are used to interpret complex ecological and evolutionary outcomes in tropical forests. The first chapter of this theses is the organization and construction of a database for interactions between flowers and pollinating vertebrates in the Atlantic Forest of South America. Although this Biome is distributed to Argentina and Paraguay, we did not find data of the interaction outside Brazil's boundaries. We also found that there is a strong bias in the sampling, with forest areas maturing in Rio de Janeiro and São Paulo determined most of the records. We observed that, in general, the characteristics of flowers – great variation in the size of the corolla, low production of nectar and low number of visitors – and vertebrates – low number of plants visited – favor the specialization in this pollination system. For hummingbirds, plants visited by hermits has fewer visitor species than plants visited by non-hermits. The characteristics of plants and vertebrates involved interaction has no influence of environmental factors, indicating that biological factors may be more important to structure as communities. In the second chapter, based on the differences in the distribution of interactions between hermits and non-hermits, we questioned whether asymmetries in the interactions between the two guilds are perceived in the co-phylogenetic structure of communities. We expected that the early origin of the hermits and their faithful interaction with certain groups of plants could generate frames of stronger interaction from the pollinator to the plant (larger asymmetries), their historical mark being more evident than in the interactions between non-hermits and their flowers. We sampled as interactions between flowers and hummingbirds on a metaweb composed of 327 native species of plants, 31 species of hummingbirds (26 non-hermits and five hermits) and 1102 interactions in the Brazilian Atlantic Forest. The interaction with a stronger co-phylogenetic signal involves flowers from the Bromeliaceae family and hermit hummingbirds, whereas for an interaction between non-hermits and flowers, the co-phylogenetic signal is practically absent. Therefore, this study reveals that cophylogenetic signals in the interaction networks even within the same taxon can be distinct. For hummingbirds and flowers resident in the Atlantic Forest, signs of historical coevolution can be recorded only for an interaction between hermits. For non-hermits, it is not possible to record historical signs in contemporary ecological interactions.

Keywords: Biological interactions, mutualism, cophylogenies, specialization, hermits, non-hermits.

INTRODUÇÃO GERAL

Essa é um conto sobre a Mata Atlântica. Mas essa também é uma história, mesmo que incompleta, dos beija-flores e suas plantas na Mata Atlântica. Para mim, essa foi uma história que levou mais de quatro anos para ser escrita e que traz um final cheio de informações e que ainda não é bem um final. Espero que goste!!

Era uma vez um bioma chamado Mata Atlântica. Este bioma surgiu há muitos e muitos anos, cerca de 58 a 55 milhões de anos atrás e costumava ser enorme, ocupando uma área de 150 milhões de hectares. Apesar de estar presente na Argentina e no Paraguai, a maior parte da Mata Atlântica está no Brasil, ocupando quase todo o território brasileiro em várias altitudes, desde pertinho do mar até as maiores altitudes do país. Por causa disso, existe uma grande variedade nas condições climáticas em diferentes áreas da Mata Atlântica, sendo que em lugares mais altos as temperaturas são frias e em locais mais baixos as temperaturas são mais quentes. Além disso, a grande extensão da Mata Atlântica permitiu que um grande número espécies diferentes se originasse nela. Muitas dessas espécies nunca saíram da Mata Atlântica e são, portanto, exclusivas dela – ou endêmicas, se quiser usar um termo mais chique. Todas essas espécies vivem juntas e interagem entre si e com o ambiente ao seu redor, constituindo uma comunidade. Parece ser um local fascinante, não? Porém, quando uma espécie exótica (*homem*) – que se originou em outro local – chegou na Mata Atlântica, sua ocupação não planejada levou a quase destruição desta floresta, restando hoje de 11% a 16% de sua área original¹. Muito deve ter sido perdido neste processo. Mas apesar disso, a Mata Atlântica continua sendo um local fascinante, com muitas espécies exclusivas, fazendo com que ela seja considerada um dos locais com maior biodiversidade do mundo. Nessa história que vou contar, quero convidá-lo a conhecer uma pequena parte desse bioma. Uma parte que pode nos ajudar a conhecer melhor as maravilhas do local e compreender como essa grande comunidade foi organizada.

¹ Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni, M. M. Hirota, M. Cezar, J. Paul, A. Camargo, and F. Jorge. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142:1141–1153.

De tudo que eu poderia falar sobre a Mata Atlântica – e acredite, há muito o que se dizer – gostaria de contar um pouco sobre as interações biológicas. De modo simplificado, as interações biológicas são caracterizadas por relações entre seres vivos que têm um impacto – positivo ou negativo – para a sobrevivência e reprodução dos membros envolvidos. Um exemplo de interação com um impacto negativo para um dos envolvidos é o da onça-pintada (*Pantera onca*) com a anta (*Tapirus terrestris*), no qual a onça sai ganhando – no caso, alimento – e a anta sai perdendo – no caso, a vida! Mas não se preocupe, não haverá ninguém perdendo a vida nesta história por conta das nossas interações, pelo menos não diretamente. A interação na qual estamos interessados é o das plantas com seus polinizadores. Essa interação é extremamente importante por diversos motivos: ela é essencial para a reprodução de boa parte das plantas e para a manutenção dos organismos a longo prazo na comunidade. Além disso, ela também influencia a existência de grupos em uma área e, portanto, a estrutura das comunidades. Sei que estou introduzindo vários termos técnicos, então antes de continuar com a nossa história, preciso explicar algumas coisas. Mas não se preocupe, será bem interessante!!!

Bom, todos sabem que as plantas não andam. Talvez nem todos saibam que as plantas são seres vivos, justamente por causa dessa aparente inatividade delas. Além de não andar, elas também não produzem sons audíveis, elas se alimentam de forma que não possamos enxergar (mas sim através de reações químicas chamada fotossíntese), elas não ficam felizes quando você chega em casa... mas sim, elas estão vivas e se reproduzem. E, assim como vários outros seres vivos, as plantas se reproduzem principalmente de forma sexuada. Não, não precisa ruborizar. Em biologia, a palavra sexuada simplesmente significa que há junção de gametas dos pais. Mas o que são gametas, você me pergunta. Gametas são células que existem simplesmente para realizar a fecundação e originar um novo ser vivo. Vou usar um exemplo mais próximo do nosso, a espécie humana – *Homo sapiens sapiens* – no qual os gametas femininos são os óvulos e os masculinos são os espermatozoides. Primeiramente, é necessário aqui informar que as flores são, na verdade, as estruturas reprodutivas das plantas e, na grande maioria dos casos, a estrutura masculina – androceu – e a feminina – gineceu – estão presentes na mesma flor. No gineceu são produzidos os gametas femininos

também denominados óvulos e no gineceu, os gametas masculinos, conhecidos como pólen. A fecundação ocorre quando o pólen do androceu de uma flor é transportado para o gineceu de outra flor, aonde ele germina e alcança o óvulo. Neste momento você me interrompe e pergunta: mas se a flor normalmente tem as duas estruturas reprodutivas, ela não pode simplesmente passar o pólen para ela mesma? Bom, sim e algumas plantas fazem isso em um processo chamado autofecundação. No entanto, não é interessante para as plantas se autofecundarem em muitas condições ambientais, pois uma população de uma espécie tem mais chance de sobreviver se houverem vários indivíduos diferentes provenientes da fecundação cruzada, prontos para enfrentarem as adversidades do mundo. É aí que entra a polinização.

A polinização consiste neste transporte do pólen de uma flor para a outra e existem diversas formas no qual esse processo pode acontecer. Algumas plantas se aproveitam do vento: elas produzem um pólen bem levinho e soltinho que quando o vento bate, ele é espalhado pelo ambiente e eventualmente cai em uma nova flor. No entanto, esse processo pode ser bem incerto e normalmente na natureza não é bom ter tantas incertezas. Por isso, a maioria das plantas que produzem flores – cerca de 90% delas para ser mais exata – contam com uma ajudinha de alguns animais para que esse transporte ocorra. Bem legal esses animais, não? Bom, na verdade não. Na verdade, eles nem têm consciência de que realizam esse favorzão para as plantas. Os animais têm um interesse claro nessa relação: eles vão em busca de recursos que as plantas produzem e que podem servir de alimentos para eles. Néctar, óleos e o próprio pólen as vezes. As plantas, inclusive, investem muita energia em produzir não só esses recursos, mas também formas de atrair esses animais. Por exemplo, a cor das pétalas das flores pode chamar a atenção dos animais para elas. A produção de odores também é uma forma de atrair alguns animais. Assim como os animais, as plantas também não têm consciência das coisas que fazem para atrair os animais. Tudo isso acontece devido a um processo chamado de evolução por meios da seleção natural.

Quem elaborou essa ideia da evolução por meio da seleção natural foi um pesquisador bem conhecido, que você já deve ter ouvido falar, principalmente se tem um biólogo na família (o que não deve ser muito difícil). Esse pesquisador chamava Sir Charles Darwin. Darwin sempre teve um interesse pela história natural, mas o pai dele

queria que ele fosse médico. Ele até chegou a ir para a faculdade de medicina, mas o pobre Darwin mal podia ver sangue que passava mal. Furioso, o pai dele o enviou para estudar artes, o que na época era o primeiro passo para se tornar um clérigo. Enquanto na faculdade de artes, ele cultivou diversas práticas naturalistas, como colecionar besouros e também conheceu um botânico chamado Henslow, de quem ficou muito amigo. E foi Henslow que convidou Darwin para um rolê que ia mudar sua vida: uma viagem a bordo do *HMS Beagle*, um navio que partiu do Reino Unido com destino ao mundo, passando por várias áreas (inclusive na nossa Mata Atlântica) com o objetivo de explorar terras e mares por onde passasse. Essa viagem durou cinco anos! As observações feitas por Darwin durante sua viagem a bordo do *HMS Beagle*, principalmente observando um grupo de aves (chamadas de tentilhões) em Madagascar juntamente com outras informações que juntou ao longo dos anos o levou a elaborar sua teoria da evolução. Nela, ele diz o seguinte: não tem recurso pra todos os seres vivos na natureza e eles precisam competir entre si para conseguir esses recursos. Além disso, apesar de serem bem parecidos, há algumas pequenas diferenças entre os indivíduos de uma espécie. Quando eles competem entre si pelos recursos, essas pequenas diferenças podem ser decisivas ao determinar quem vai conseguir ou não o recurso. E isso, pode custar a vida ou a capacidade deles de se reproduzirem. Por exemplo, os tentilhões possuem variação no tamanho do bico, sendo que alguns são maiores que outros. Eles se alimentam de sementes, que por sua vez também possuem tamanhos diferentes. Se a natureza por algum motivo diminuir a quantidade de sementes pequenas, os indivíduos que possuem bicos menores têm uma desvantagem grande para conseguir esse alimento porque aquelas com bicos maiores irão consumir essas sementes de forma mais eficiente. E tem mais: se essas características forem herdáveis e passarem de geração para geração, tem-se o combustível para a evolução acontecer! Ah, apesar da teoria da seleção natural ser atribuída ao Darwin, um outro pesquisador chamado Alfred Russel Wallace chegou a conclusões semelhantes às de Darwin, o que fez com que a teoria que explica a evolução das espécies fosse de coautoria dos dois.

Com essas informações, já podemos voltar a nossa história. Apesar de eu ter falado um pouco sobre polinização, você certamente ouviu falar sobre isso. E provavelmente, a primeira coisa que vem à sua cabeça são abelhas. Mas essa história

também não é sobre as abelhas. Veja, as abelhas são as rainhas do processo de polinização, mas tem um outro grupo de animais que também é extremamente importante para a reprodução as plantas. Diferentemente das abelhas, este grupo de animais são vertebrados. A diferença básica entre eles e as abelhas (e todos os outros insetos, vermes, moluscos entre outros) é a presença de uma estrutura rígida chamada coluna vertebral. Neste grupo estão inclusos os peixes, os répteis, as aves, os anfíbios e os mamíferos. Um grupo bastante diverso. Eu imagino que neste momento diversas perguntas devem estar surgindo na sua cabeça: Mas quem são exatamente os animais vertebrados que polinizam as plantas na Mata Atlântica? Quais são as características desses animais? Quais são as características das flores? Quais são os animais que polinizam mais? Como todos esses polinizadores se organizam para obter o recurso alimentar? Essas questões também surgiram para mim e, para tentar responder todas elas, eu elaborei o Capítulo 1 dessa história. Nele, eu busquei na internet todos os trabalhos de pesquisa feitos desde 1948 até hoje na Mata Atlântica. Algumas pessoas com interesse e que observam este sistema também se juntaram a mim. Com as informação disponíveis, organizei as de modo que hoje podemos conhecer: o exato local onde o estudo foi realizado, quantos estudos estão disponíveis e como eles se distribuem por esta área de mata, em quais meses as plantas estavam com flor bem como a cor, o formato e o comprimento da flor, se esta tinha ou não odor, a produção de néctar entre outras características. Para os animais vertebrados, busquei informações sobre a massa corpórea e o tamanho do bico ou focinho. Também busquei informações da interação, como o local onde o pólen era depositado no corpo do animal, o comportamento do animal na flor e o número de visitas a uma flor específica considerando todas as visitas de um animal. Aqui é importante dizer que eu considerei apenas as informações que vieram da observação de campo da ocorrência das interações entre as flores e os animais. Além disso, eu também conversei com os pesquisadores da área para contribuírem com a construção deste banco de dados. Afinal de contas, eu organizei, conferi e padronizei todos esses dados, mas a Mata Atlântica é tão grande e tão diversa que é necessária muita gente para poder compreende-la melhor e este é um trabalho de toda uma comunidade científica. Em seguida, todos esses dados foram comparados em busca de padrões que nos ajudassem a entender melhor como as flores e os polinizadores vertebrados são organizados na Mata

Atlântica. Eu mal posso esperar para ver os resultados disso tudo e espero que você me acompanhe até lá!

Mas calma, a história não acaba aí. De todos os vertebrados que visitam as plantas, um grupo em especial chama a atenção. São os beija-flores, aves que pertencem à uma família Trochilidae. E eles chamam atenção não somente porque são aves lindas, mas porque eles são importantes polinizadores dos Neotrópicos, ou seja, das áreas tropicais do Novo Mundo. Esses animais provavelmente surgiram na Eurásia, há cerca de 42 milhões de anos, mas hoje estão extintos por lá. Antes de serem extintos, há 22 milhões de anos eles vieram para a América do Sul e aqui se diversificaram e se dispersaram para toda a América. Existem hoje cerca de 331 espécies de beija-flores e, baseado nas características desses animais, eles eram classificados em duas subfamílias: Trochilinae e Phaethornithinae. Essa classificação permaneceu por muito tempo, mas descobertas recentes demonstraram que essa classificação não demonstrava a real história evolutiva do grupo, pois algumas espécies da subfamília Trochilinae não compartilham o mesmo ancestral que os outros beija-flores no mesmo grupo. Logo, eles não são considerados aparentados. Os beija-flores foram então divididos em nove clados. Você deve estar se perguntando se perdeu alguma coisa: Ancestral comum? Clado? Bom, vamos fazer uma nova pausa da nossa história para falar um pouco disso.



Quando se fala em evolução, normalmente o que vem na cabeça das pessoas é aquela imagem do macaco se tornando um homem. Essa imagem, na verdade, está incorreta. Você nunca verá uma espécie magicamente se transformando em outra. A evolução consiste em um fenômeno muito complexo, com vários processos ocorrendo simultaneamente ou não – entre eles, está a seleção natural de Darwin e Wallace – e gerando modificação em indivíduos e populações de indivíduos. Eventualmente, esses processos podem gerar a especiação, ou seja, a formação de novas espécies. Normalmente, a especiação ocorre quando uma população de uma espécie qualquer é separada por uma barreira geográfica. Vamos usar um exemplo para ficar mais fácil de entender. Vamos supor que exista uma espécie de tentilhão – vamos chama-la de A em homenagem a Darwin – que possui variação no tamanho do bico. O local onde essa espécie vivia separada em duas ilhas, bem diferentes entre si em vários aspectos, como o clima e até mesmo as outras espécies em cada local. Com isso, as duas populações de

A estão agora sujeitas a várias condições ambientais diferentes. Pelo processo de seleção natural, os indivíduos de bico maior vão ter vantagens em uma determinada ilha enquanto que os de bico menor, na outra. Além disso, pequenas mudanças no DNA dessas aves estão acontecendo o tempo todo, dando vantagens ou desvantagens para os indivíduos. Dado tempo suficiente, essas duas populações de tentilhões terão acumulado tantas diferenças que se colocadas juntos novamente, elas não conseguirão cruzar entre si e dar origem a novos descendentes. Assim, você tem a formação de duas espécies. Essas duas espécies – vamos chamar de *B* e *C* – possuem um ancestral em comum – a espécie *A* – e, portanto, são consideradas um clado. Um clado é formado por todos indivíduos que possuem um ancestral em comum.

Essas relações evolutivas que tentei explicar de uma forma simples (espero ter conseguido) normalmente levam muito tempo para ocorrer. Como nós não temos uma DeLorean para voltar no tempo, tudo que podemos fazer é tentar elaborar hipóteses de como essas histórias evolutivas teriam ocorrido. Fazemos isso através da comparação de características dos organismos com o objetivo de montar uma árvore filogenética. Antigamente, essas árvores, também chamadas de filogenias, eram montadas usando características morfológicas (formato do corpo ou da flor, por exemplo). Hoje em dia, são usados dados do DNA dos organismos, pois estes são mais confiáveis. Mas na falta de dados moleculares (DNA), a morfologia pode ser usada. Com essas informações em mãos, os pesquisadores organizam os organismos em grupos baseado nas características que eles compartilham e que são diferentes do ancestral que os originou. Quanto mais características compartilhadas, mais “aparentados” são os organismos. É possível também estimar quando as espécies se originaram se houver um fóssil datado do grupo. Com esses dados em mão, são gerados modelos matemáticos que são posteriormente testados para dar confiança para a árvore. No final, é produzida uma representação gráfica da qual podemos entender um pouco mais sobre a origem das espécies.

Agora, voltando aos beija-flores. Quando a gente olha com bastante atenção para esses organismos, a gente pode perceber que algumas espécies apresentam várias diferenças quando comparadas com outros. Essas diferenças nos permitem formar dois

grupinhos ecológicos de beija-flores: os **eremitas** e os **não eremitas**. As principais diferenças entre eles estão ilustradas no quadro abaixo²:

	Não eremitas	Eremitas	
 <p><i>Amazilia fimbriata</i></p>	Coloração iridescente	Coloração parda	 <p><i>Ramphodon naevius</i></p>
	Bicos com diversos tamanhos e retos	Bicos longos e curvos	
	Buscam alimento estabelecendo e defendendo território	Buscam alimento em rotas pré-definidas	
	Generalistas na exploração do recurso e de ambientes	Especialistas na exploração do recurso e de ambientes	
	Ampla distribuição geográfica	Encontrados especialmente em baixas altitudes e próximo aos trópicos	

Você nem imaginava tantas diferenças, não é? O formato do bico faz com que eles possam visitar flores diferentes. Os eremitas, por ter um bico longo e curvo têm acesso a flores que vários dos não eremitas não têm, como por exemplo as heliconias, cujas flores parecem bananinhas. Além disso, os eremitas buscam o néctar visitando uma série de flores, em sequência, que eles escolhem no início do dia ao passo que os não eremitas escolhem um aglomerado de flores e ficam plantados no lugar, cuidando do seu recurso. Se algum beija-flor desavisado chegar no lugar do não eremita, ele é expulso violentamente. Bom... pelo menos isso é o que normalmente ocorre, mas na natureza as coisas raramente são fixas e os comportamentos dos beija-flores podem mudar dependendo da situação. Por causa dessas características, os eremitas são considerados mais especialistas, ou seja, que visitam poucas espécies de plantas que possuem determinadas características. Já os não eremitas são mais generalistas, pois eles acabam visitando flores de diversos formatos. Mas novamente, isso também não é fixo e alguns não eremitas podem ser especialistas também se eles tiverem a oportunidade e vice versa. Mas por que tudo isso é importante, afinal de contas? Essas características que eu mencionei fazem com que alguns grupos de espécies – aqueles mais especializados – interajam preferencialmente uns com os outros. Isso pode estar acontecendo porque as plantas e o beija-flores especializados evoluíram juntos. Quando esse processo de evolução conjunta acontece, as árvores filogenéticas – aquelas que

² Feinsinger, P., and R. K. Colwell. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *Amer. Zool.* 18:779–795.; Rodríguez-Flores, C. I., J. F. Ornelas, S. Wethington, and M. del Coro Arizmendi. 2019. Are hummingbirds generalists or specialists? Using network analysis to explore the mechanisms influencing their interaction with nectar resources.

comentei acima – desses grupos tendem a ser muito parecidas, quase um espelho uma da outra³! Super legal não? Infelizmente, isso só acontece em interações obrigatórias, como algumas interações entre parasitas e hospedeiro, no qual cada espécie parasita uma única espécie de hospedeiro. Para beija-flores e suas plantas, nós não iremos observar isso de modo tão marcado. Mas calma, não desanime. Apesar da gente não conseguir ver filogenias espelhadas, ainda é possível saber se houve evolução conjunta entre os grupos buscando pelo sinal cofilogenético. Se existir sinal cofilogenético entre duas árvores filogenéticas e se ela for maior do que o esperado ao acaso, é sinal de que os dois grupos evoluíram juntinhos!

Ufa, muita coisa né? Mas vamos resumir o que sabemos até agora: os beija-flores são divididos em dois grupos que possuem muitas diferenças entre si, o que faz com que eremitas sejam mais especialistas que os não eremitas. Além disso, os não eremitas são mais dispersos e podem ser encontrados em mais locais que os eremitas. Essas características que são diferentes entre os dois grupos de beija-flores podem ter sido resultado de uma evolução conjunta e elas fazem com que eles interajam de forma diferente com as plantas nas comunidades. Ao mesmo tempo, as interações são extremamente importantes para as comunidades pois elas determinam a configuração ou seja a estrutura da comunidade em termos de quem se relaciona com quem. Todos esses fatos me levaram a pensar em uma pergunta que originou o Capítulo 2: será que os dois grupos de beija-flores, considerando sua distribuição geográfica, ecologia e evolução, têm impactos diferentes para a estrutura das comunidades? Para tentar responder essa pergunta, eu busquei pelo sinal cofilogenético primeiramente entre plantas e beija-flores dos dois grupos considerando a Mata Atlântica como um todo. Mas como sabemos que os não eremitas são mais dispersos, posteriormente eu busquei o sinal cofilogenético entre plantas e beija-flores dos dois grupos em várias comunidades da Mata Atlântica, divididas em faixas altitudinais e latitudinais. Vou contar para vocês o que eu acho que vai acontecer enquanto a história se desenvolve: os eremitas vão apresentar um sinal cofilogenético maior do que os não eremitas,

³ Brooks, D. R. 1985. Historical Ecology: A New Approach to Studying the Evolution of Ecological Associations. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 72:660–660.

porque eles apresentam características mais especializadas. Com isso, esse grupo terá uma importância um pouco maior para a estrutura das comunidades, uma vez que as interações são mais antigas. Ao contrário, os não eremitas terão uma maior importância em comunidades nos quais os eremitas não estão presentes ou estão presentes em menor quantidade, como em altitudes mais elevadas e latitudes mais ao sul do Brasil. Isso acontece porque esse grupo de beija-flores é mais recente e mais generalista, e sua história evolutiva com as plantas não foi tão forte. Para responder essa pergunta e ver se minhas previsões estão corretas, eu peguei os dados que juntei lá no Capítulo 1. Primeiro classifiquei as plantas de acordo com o grupo de beija-flor que mais as visitam – eremita ou não eremita – e também dividi a Mata Atlântica em oito faixas latitudinais e cinco faixas altitudinais. Para ficar mais fácil de entender, tem um mapa no Capítulo 2 mostrando como essa divisão foi feita. Com as árvores filogenéticas das plantas⁴ e dos beija-flores⁵ em mãos, eu busquei pelo sinal cofilognético entre as duas árvores usando uma análise chamada PACo e depois eu calculei a força desse sinal com uma análise chamada Random Tapas. Essas análises também me falam quais espécies são aquelas cuja interação contribui mais com o sinal e, portanto, aquela cuja importância para a estruturação ou montagem das comunidades é maior.

Agora é hora de responder as nossas perguntas, entender como as interações entre plantas e vertebrados estão estruturadas na Mata Atlântica e ver como os diferentes grupos de beija-flores influenciam na estrutura das comunidades. Vamos lá?

⁴ Smith, S. A., and J. W. Brown. 2018. Constructing a broadly inclusive seed plant phylogeny. *American Journal of Botany* 105:302–314.

⁵ McGuire, J. A., C. C. Witt, J. V. Remsen, A. Corl, D. L. Rabosky, D. L. Altshuler, and R. Dudley. 2014. Molecular phylogenetics and the diversification of hummingbirds. *Current Biology* 24:910–916.

DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

Enfim, temos nossos resultados e nossas conclusões. Eu sei que fui injusta com você, pois exigi algo que não sabia se você tinha – o domínio da língua inglesa. Peço perdão, mas por ser um trabalho científico escrito para ser publicado em uma revista internacional, eu precisei escrever em inglês. Mas não se preocupe, nessa sessão você irá saber como termina esta parte de minha história com os vertebrados polinizadores na Mata Atlântica.

A primeira coisa que eu concluí com esse trabalho é que a Mata Atlântica é realmente um lugar incrível para se trabalhar e conduzir trabalhos sobre a Biodiversidade e não sou só eu quem acha isso. Conseguimos informações associadas a 213 trabalhos diferentes, realizado em 160 comunidades. A grande maioria desses estudos foi realizado na região sudeste do país, talvez por nesta região estar o maior incentivo financeiro à pesquisa oriunda da FAPESP. Esse primeiro resultado chama atenção para que venha maior incentivo financeiro para pesquisas em outras regiões do Brasil. Nesses trabalhos, foram observadas diversas famílias de plantas sendo que as bromélias foram as que apresentaram o maior número de interações com mais de 600, seguidas das leguminosas com cerca de 300 interações. Com relação aos animais, foram observados aves, morcegos, macacos, gambás e até uma espécie de lagarto. Os beija-flores foram o grupo dominante na Mata Atlântica com cerca de 1700 interações, seguido pelos morcegos com cerca de 90. Os beija-flores não eremitas tiveram um maior número de interações principalmente devido a dois gêneros, *Phaethornis* e *Ramphodon*. Dos não eremitas, os gêneros *Thalurania* e *Amazilia* apresentaram maior número de interações.

A maioria das plantas na Mata Atlântica ficam com flor de três a cinco meses e isso independe do grupo que as poliniza. Apesar disso, algumas flores de beija-flor e morcego ficam com flor o ano todo, provavelmente devido a importância desses dois grupos para a polinização na Mata Atlântica. Já o tamanho da flor muda conforme o grupo que as poliniza. O tamanho das corolas foi bastante variável em todos os grupos, sendo que flores polinizadas por beija-flores apresentam uma variação maior, indo de 8 até 55 mm. Pode parecer pouco, mas para os animais essa diferença no tamanho já é o suficiente para definir se eles irão ou não conseguir seu alimento. Essa variação nas

flores de beija-flores pode estar relacionada com as diferenças no tamanho dos bicos dos beija-flores, que pode variar de 10 até 37 mm. No geral, a produção de néctar – o principal recurso energético para os vertebrados – é baixa na Mata Atlântica. Todas essas características indicam que as interações entre plantas e vertebrados na Mata Atlântica não são especializadas, ou seja, todos os animais poderiam visitar todas as flores. De fato, as características florais de diferentes espécies de plantas são muito parecidas com relação ao seu formato e sua fisiologia, ou seja, seu “funcionamento”, independente do grupo que a visita. Apesar disso, a baixa produção de alimento pode favorecer a competição pelo néctar e, principalmente para os beija-flores, deve influenciar nos comportamentos alimentares desses animais, favorecendo rotas de captura. Com isso, apesar da morfologia e fisiologia das flores poder indicar generalização dos sistemas compostos por flores e vertebrados, o comportamento dos beija-flores pode estar favorecendo uma especialização, pelo menos neste grupo.

Apesar da Mata Atlântica ter variação nas condições climáticas como a temperatura mínima e a precipitação e ter variação altitudinal que potencialmente influencia na composição das comunidades, esses fatores não estão relacionados com características importantes das interações, como o período que as plantas estão com flores, a quantidade de néctar que elas produzem, no número de interações observados nas comunidades e a massa corpórea dos polinizadores. Isso reforça o fato de que as regiões amostradas não apresentam condições ambientais severas que impedem a ocorrência e interações de espécies. Assim, fatores bióticos – como por exemplo, a presença ou ausência de um polinizador – pode ser mais importante para estruturar as comunidades.

Como morcegos e beija-flores foram o grupo com maior número de interações registradas, é possível olhar essas interações com maior atenção e tentar tirar algumas conclusões. No geral, as comunidades apresentam uma variedade grande de espécies não aparentadas, ou seja, que pertencem a gêneros e famílias distintas. Além disso, o número de interações nos diferentes locais não está relacionado com essa semelhança entre as espécies. Na verdade, o número de interações tende a permanecer igual nas diferentes comunidades, independentemente se as espécies de plantas são ou não

aparentadas entre si. O mesmo acontece com a frequência relativa de visitas e essas tendências ocorrem para ambos os grupos.

De forma geral, na Mata Atlântica, a norma parece ser a especialização nas interações. A maioria das espécies de plantas recebe visita de uma única espécie de animal polinizador. Isso também ocorre quando olhamos somente para o grupo com mais interação, os beija-flores. Quando separamos os beija-flores naqueles dois grupos mencionados anteriormente – eremitas (Phaethornithinae) e não-eremitas (Trochilinae) – plantas visitadas por eremitas recebem visitas de menos espécies do que não-eremitas. Com relação aos polinizadores, a maioria deles também visitam poucas espécies de plantas: geralmente, cada polinizador visita três espécies de plantas. Com relação aos beija-flores, os eremitas buscam o alimento em uma diversidade de plantas maior que os não-eremitas. Isto faz sentido quando pensamos nas características dos beija-flores eremitas e também no seu comportamento de buscar alimento em rotas de visitas, o que os força a visitarem uma diversidade maior do que aquelas encontradas em manchas defendidas pelos não-eremitas.

Neste ponto da história, já sabemos que a polinização na Mata Atlântica é um sistema bastante especializado, principalmente quando se trata de beija-flores. Tudo indica também que eremitas são mais especialistas que os não eremitas. Nós também sabemos que essa especialização pode ser resultado de um longo processo de evolução conjunta entre as espécies. Agora é hora de saber aquelas minhas expectativas do que ia acontecer na história de fato aconteceu. Vocês lembram quais eram? Vamos relembra. Eu esperava maior sinal cofilogenéticos para os eremitas já que eles são mais especializados. Já para os não eremitas, eu esperava que o sinal fosse menor e que eles seriam importantes para a estrutura das comunidades quando os eremitas não estivessem presentes. No final das contas, eu estava certa... bom, mais ou menos certa. Realmente, os eremitas apresentam um sinal cofilogenético forte, enquanto que os não eremitas apresentam sinal, mas ele é fraco. Isso significa que processos evolutivos são os responsáveis por estruturar as interações entre eremitas e suas plantas enquanto que para os não-eremitas, processos evolutivos antigos não são tão importantes e o que influencia nessa interação são fatores ecológicos atuais.

Esse sinal cofilogenético forte para os eremitas é esperado e já foi indicado em outros estudos que esses beija-flores são de fato extremamente importantes para a estrutura das comunidades, especialmente aquelas mais próxima ao nível do mar e especialmente com um grupo de plantas: as bromélias. Bromélias são plantas extremamente importantes na Mata Atlântica e elas são a principal fonte de alimento para os beija-flores. A história evolutiva das bromélias e dos eremitas realmente parecem coincidir. O sinal filogenético fraco também é esperado para os não eremitas, uma vez que essas espécies são mais flexíveis em relação às suas interações. Eles também são encontrados em uma maior variedade de ambientes, o que fazem com que eles sejam mais oportunistas. Até esse ponto minhas previsões estavam corretas! Mas eu não acertei quando eu disse que os não-eremitas só teriam uma importância quando os eremitas não estivessem presentes, ou seja, em altitudes mais elevadas e latitudes mais ao sul do Brasil. Não observamos sinal cofilogenético maior em altitudes mais baixas e latitudes mais próximas à linha do Equador – locais com maior diversidade de eremitas. Isso nos indica que a ecologia tem um papel muito importante para a estrutura de comunidades, sobressaindo-se à importância evolutiva em alguns casos. Os fatores ecológicos que podem estar atuando na estrutura das comunidades são a composição dos beija flores, a forma com que eles adquirem o alimento e a disponibilidade de alimento em diferentes locais. Levando em consideração que todos esses fatores mudam muito entre uma comunidade e outra e que eremitas e não-eremitas podem se comportar de diferentes formas dependendo do contexto, as condições locais de cada comunidade pode forçar ou permitir que não-eremitas se comportem de forma mais especializada e, com isso, tenham grande impacto para a estrutura das comunidades.

REFERÊNCIAS

- Abreu, C., R. M., and M. F. Vieira. 2004. Os beija-flores e seus recursos florais em um fragmento florestal de Viçosa, sudeste brasileiro. *Lundiana* 5:129–134.
- Agostini, K. 2008. Ecologia da reprodução de duas espécies de *Mucuna* (Leguminosae, Faboideae, Phaseoleae) : embriologia, citogenética e variabilidade genética - do litoral norte de São Paulo.
- Agostini, K., M. Sazima, and I. Sazima. 2006. Bird pollination of explosive flowers while foraging for nectar and caterpillars. *Biotropica* 38:674–678.
- Almeida, E., and M. A. S. Alves. 2003. Comportamento de aves nectarívoras em *Erythrina speciosa* Andrews (Leguminosae-Papilionoidae) em uma área de Floresta Atlântica, Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Revista de Etologia* 5:15–21.
- Almeida, E. M. de, and M. A. S. Alves. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. Brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 14:335–346.
- Almeida, E. M., A. Storni, P. D. Ritter, and M. A. S. Alves. 2004. Floral visitors of *Tillandsia stricta* Sol. (Bromeliaceae) at Restinga of Jurubatiba, Macaé, Rio de Janeiro, Brazil. *Vidalia* 2:30–35.
- Alves, M. A. S., C. F. D. da Rocha, M. V. Sluys, and H. de G. Bergallo. 2000. Guilda de beija-flores polinizadores de quatro espécies de Bromeliaceae de Mata Atlântica da Ilha Grande, RJ, Brasil: composição e taxa de visitação. Pages 171–185 in M. A. S. Alves, J. M. C. Cardoso, M. V. Sluys, H. de G. Bergallo, and C. F. D. da Rocha, editors. *A Ornitologia no Brasil: Pesquisa e Atual Perspectivas*. First edition. EDUERJ, Rio de Janeiro.
- Amorim, F. W., L. Galetto, and M. Sazima. 2013. Beyond the pollination syndrome: Nectar ecology and the role of diurnal and nocturnal pollinators in the reproductive success of *Inga sessilis* (Fabaceae). *Plant biology* 15:317–327.
- Anderson, S. H., D. Kelly, J. J. Ladley, S. Molloy, and J. Terry. 2011. Cascading effects of bird functional extinction reduce pollination and plant density. *Science (New York, N.Y.)* 331:1068–1071.
- Araujo, A. C. de. 1996. Beija-flores e seus recursos florais numa area de planície costeira do litoral norte de São Paulo.
- Araujo, A. C., E. A. Fischer, and M. Sazima. 1994. Floração sequencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região de Juréia, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 17:113–118.
- Araujo, A., E. Fischer, and M. Sazima. 2004. As bromélias na região do Rio Verde. Pages 162–171 *Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna*. Holos Editora, Ribeirão Preto, São Paulo.
- Assumpção, C. T. D. 1981. *Cebus apella* and *Brachyteles arachnoides* (Cebidae) as Potential Pollinators of *Mabea fistulifera*. *J. Mammalogy* 62:386–388.
- Avila, S. R., and L. Freitas. 2011. Frequency of visits and efficiency of pollination by diurnal and nocturnal lepidopterans for the dioecious tree *Randia itatiaiae* (Rubiaceae). *Australian Journal of Botany* 59:176–184.

- Aximoff, I., and L. Freitas. 2009. Composição e comportamento de aves nectarívoras em *Erythrina falcata* (Leguminosae) durante duas florações consecutivas com intensidades diferentes. *Revista Brasileira de Ornitologia* 17:194–203.
- Azevedo, D. B. 2013. Fenologia reprodutiva e estrutura populacional de *Bromelia antiacantha* em uma área de restinga da Ilha da Marambaia - Mangaratiba/RJ.
- Barnosky, A. D., N. Matzke, S. Tomiya, G. O. U. Wogan, B. Swartz, T. B. Quental, C. Marshall, J. L. McGuire, E. L. Lindsey, K. C. Maguire, B. Mersey, and E. A. Ferrer. 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471:51–57.
- Bastos, M. J. S. M., L. P. Bastos, E. H. de Souza, T. L. Soares, D. V. Morais, F. V. D. de Souza, and M. A. P. de C. Costa. 2017. Floral and reproductive biology of *Alcantarea nahoumii* (Bromeliaceae), a vulnerable endemic species of the Atlantic Forest. *Acta Botanica Brasilica* 31:665–676.
- Bawa, K. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21:399–422.
- Bello, C., M. Galetti, D. Montan, M. A. Pizo, T. C. Mariguela, L. Culot, F. Bufalo, F. Labecca, F. Pedrosa, R. Constantini, C. Emer, W. R. Silva, F. R. Silva, O. Ovaskainen, and P. Jordano. 2017. Atlantic-frugivory: A plant-frugivore interaction dataset for the Atlantic Forest. *Ecology* 98:1729–1729.
- Benevides, C. R., D. M. Evans, and M. C. Gaglianone. 2013. Comparing the structure and robustness of passifloraceae - Floral visitor and true pollinator networks in a lowland atlantic forest. *Sociobiology* 60:295–305.
- Bergamo, P. J., A. R. Rech, V. L. G. Brito, and M. Sazima. 2016. Flower colour and visitation rates of *Costus arabicus* support the 'bee avoidance' hypothesis for red-reflecting hummingbird-pollinated flowers. *Functional Ecology* 30:710–720.
- Bergamo, P. J., M. Wolowski, P. K. Maruyama, J. Vizentin-Bugoni, L. G. Carvalheiro, and M. Sazima. 2017. The potential indirect effects among plants via shared hummingbird pollinators are structured by phenotypic similarity. *Ecology* 98:1849–1858.
- Boehm, M. M. A., and M. M. A. Boehm. 2018. Biting the hand that feeds you: wedge-billed hummingbird is a nectar robber of a sicklebill-adapted Andean bellflower. *Acta Amazonica* 48:146–150.
- Borges, L. A. 2006. Fenologia e biologia reprodutiva do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam., Leguminosae - Caesalpinioideae) em remanescente de Floresta Atlântica Semidecidual em Pernambuco.
- Borges, L. A., M. S. Sobrinho, and A. V. Lopes. 2009. Phenology, pollination, and breeding system of the threatened tree *Caesalpinia echinata* Lam. (Fabaceae), and a review of studies on the reproductive biology in the genus. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 204:111–130.
- Braun, M. 2010. Floral biology, breeding system, pollination and reproductive success of selected understory tree species in fragments of Atlantic rainforest in Pernambuco,.
- Braz, D. M., M. F. Vieira, and R. M. de Carvalho-Okano. 2000. Aspectos reprodutivos de espécies de Acanthaceae juss. de um fragmento florestal do município de Viçosa, Minas Gerais.

Bueno, R. D. O. 2012. Fatores que influenciam interações entre beija-flores e plantas em Mata Atlântica: disponibilidade de recursos e ajustes morfológicos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

Butchart, S. H. M., M. Walpole, B. Collen, A. van Strien, J. P. W. Sharlemann, R. E. Almond, J. E. M. Baillie, B. Bomhard, C. Brown, J. Bruno, K. E. Carpenter, G. M. Carr, J. Chanson, A. M. Chenery, J. Csirke, N. C. Davidson, F. Dentener, M. Foster, A. Galli, J. N. Galloway, P. Genovesi, R. D. Gregory, M. Hockings, V. Kapos, J.-F. Lamarque, F. Levrington, J. Loh, M. A. McGeoch, L. McRae, A. Minasyan, M. H. Morcillo, T. E. E. Oldfield, D. Pauly, S. Quader, C. Revenga, J. R. Sauer, B. Skolnik, D. Spear, D. Stanwell-Smith, S. N. Stuart, A. Symes, M. Tierney, T. D. Tyrrell, J.-C. Vié, and R. Watson. 2010. Global biodiversity : Indicators of recent declines. *Science* 1164:1164–1169.

Buzato, S. 2014. Polinização e demografia de espécies vegetais. Page Biologia da Polinização. Projeto Cultural, Rio de Janeiro, Brazil.

Buzato, S., and A. L. M. Franco. 1992. *Tetrastylis ovalis*: A second case of bat-pollinated passionflower (Passifloraceae). *Plant Systematics and Evolution* 181:261–267.

Buzato, S., T. C. Giannini, I. C. Machado, M. Sazima, and I. Sazima. 2012. Polinizadores vertebrados: uma visão geral para espécies brasileiras. Pages 119–141 in V. L. Imperatriz-Fonseca, D. A. L. Canhos, D. A. Alves, and A. M. Saraiva, editors. *Polinizadores no Brasil*. First edition. Edusp, São Paulo.

Buzato, S., M. Sazima, and I. Sazima. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32:824–841.

Buzato, S., M. Sazima, I. Sazima, and I. Sazama. 1994. Pollination of three species of *Abutilon* (Malvaceae) intermediate between bat and hummingbird flower syndromes. *Flora* 189:327–334.

Caballero-Villalobos, L., G. A. Silva-Arias, C. R. Buzatto, M. H. Nervo, and R. B. Singer. 2017. Generalized food-deceptive pollination in four *Cattleya* (Orchidaceae: Laeliinae) species from Southern Brazil. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 234:195–206.

Canela, M. B. F. 2006. Interações entre plantas e beija-flores numa comunidade de Floresta Atlântica Montana em Itatiaia, Rio de Janeiro.

Canela, M. B. F., and M. Sazima. 2003a. *Aechmea pectinata*: A Hummingbird-dependent bromeliad with inconspicuous flowers from the rainforest in south-eastern Brazil. *Annals of Botany* 92:731–737.

Canela, M. B. F., and M. Sazima. 2003b. Florivory by the crab *Armases angustipes* (Grapsidae) influences hummingbird visits to *Aechmea pectinata* (Bromeliaceae). *Biotropica* 35:289–294.

Canela, M. B. F., and M. Sazima. 2005. The pollination of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae) in southeastern Brazil: Ornithophilous versus melittophilous features. *Plant Biology* 7:411–416.

Capitani, L. C. 2016. ECOLOGIA FLORAL DE *Bauhinia forficata* Link: INTERAÇÕES ECOLÓGICAS NA RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS.

Carvalho, R., and I. C. Machado. 2006. *Rodriguezia bahiensis* Rchb. f.: floral biology, pollinators, and first record of Acroceridae fly pollination in Orchidaceae. *Brazilian Journal of Botany* 29:461–470.

Castro, C. C., and A. Araujo. 2004. Distyly and sequential pollinators of *Psychotria nuda* (Rubiaceae) in the Atlantic rain forest, Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 244:131–139.

- Coelho, A. G. 2013. A comunidade de plantas utilizada por beija-flores no sub-bosque de um fragmento de Mata Atlântica da Bahia, Brasil.
- Correia, M. C. R., M. C. B. Pinheiro, and H. A. de Lima. 2005. Floral and pollination biology of *Arrabidaea conjugata* (Vell.) Mart. (Bignoniaceae). *Acta Botanica Brasilica* 19:501–510.
- Costa, R. A. C. V. 2006. Visitantes florais de *Erythrina crista-galli* L. e *Erythrina falcata* Benth (Leguminosae: Faboideae) na região urbana de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Costa, R. A. C. V., and A. B. B. de Moraes. 2008. Fenologia e visitantes florais de *Erythrina crista-galli* L. (Leguminosae: Faboideae) em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biotemas* 21:51–56.
- Cruz, D. D., M. de Castro e Silva, and N. S. de Albuquerque. 2014. Floral syndrome, resources and pollinator guilds: A case study of *Heliconia psittacorum* L. f. (Heliconiaceae). *Iheringia, Serie Botanica* 69:303–312.
- Cruz, D. D., M. A. R. Mello, and M. Van Sluys. 2006. Phenology and floral visitors of two sympatric *Heliconia* species in the Brazilian Atlantic forest. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 201:519–527.
- Cruz-Neto, O., I. C. Machado, L. Galetto, and A. V. Lopes. 2015. The influence of nectar production and floral visitors on the female reproductive success of *Inga* (Fabaceae): A field experiment. *Botanical Journal of the Linnean Society* 177:230–245.
- Dean, W., and S. B. Schwartz. 1997. *With Broadax and Firebrand: The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. Edição: 1. University of California Press.
- Dias, L. do C. D. 2014. *Biologia reprodutiva de Aechmea bruggeri* Leme (Bromeliaceae): uma espécie endêmica da Floresta Atlântica ameaçada de extinção.
- Dietz, J. M., C. A. Peres, and L. Pinder. 1997. Foraging ecology and use of space in wild golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). *American Journal of Primatology* 41:289–305.
- Dodd, M. E., J. Silvertown, M. W. Chase, N. Jun, and W. Chase. 1999. Phylogenetic Analysis of Trait Evolution and Species Diversity Variation among Angiosperm Families. *Evolution* 53:732–744.
- El Ottra, J. H. L., J. R. Pirani, and E. R. Pansarin. 2015. Floral biology and pollination of two sympatric species of Galipeinae (Galipeeae, Rutaceae) endemic to the Brazilian Atlantic Forest. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 221:107–116.
- El Ottra, J. H. L., J. R. Pirani, and E. R. Pansarin. 2016. Tackling pollination of tubular flowers in Rutaceae and a case study of *Conchocarpus rubrus* (Galipeinae, Rutaceae). *Revista Brasileira de Botanica* 39:913–924.
- Faria, D. M. 1995. Os morcegos da Santa Genebra. Pages 100–106 *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana - Reserva de Santa Genebra*. Editora Unicamp, Campinas, Brasil.
- Feinsinger, P., and R. K. Colwell. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *Amer. Zool.* 18:779–795.
- Feinsinger, P., K. G. Murray, S. Kinsman, and W. H. Busby. 1986. Floral Neighborhood and Pollination Success in Four Hummingbird-Pollinated Cloud Forest Plant Species. *Ecology* 67:449–464.

- Ferrari, S. F., and K. B. Strier. 1992. Exploitation of *Mabea fistulifera* nectar by marmosets (*Callithrix flaviceps*) and muriquis (*Brachyteles arachnoides*) in south east Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 8:225–239.
- Fischer, E. A. 1994. Polinização, fenologia e distribuição espacial de Bromeliaceae numa comunidade de Mata Atlântica, litoral sul de São Paulo. Dissertação de Mestrado em Ecologia - UNICAMP:80–80.
- Fischer, E., F. A. Jimenez, and M. Sazima. 1992. Polinização por morcegos em duas espécies de Bombacaceae na Estação Ecológica da Juréia, São Paulo. *Revista Brasil. Bot.* 15:67–72.
- Fleming, T., and W. J. Kress. 2013. The ornaments of life. Page (T. Fleming and W. J. Kress, Eds.). First edition. The University of Chicago Press, Chicago.
- Foley, J. A., R. Defries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty, and P. K. Snyder. 2005. Global consequences of land use. *Science* 8:570–574.
- Fonseca, L. C. N. 2007. Recursos florais utilizados por beija-flores (Aves: Trochilidae) em área de restinga aberta de Clusia, Macaé, udeste do Brasil.
- Fonseca, L. C. N. 2012. Transporte de pólen de espécies ornitófilas e energia disponível para beija-flores em área de Mata Atlântica, Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, SP.
- Fonseca, L. C. N., E. M. de Almeida, and M. A. S. Alves. 2008. Fenologia, morfologia floral e visitantes de *Psychotria brachypoda* (Müll. Arg.) Britton (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22:63–69.
- Fonseca, L. C. N. da, A. R. Rech, P. J. Bergamo, V. Gonçalves-Esteves, M. Sazima, L. C. N. da Fonseca, A. R. Rech, P. J. Bergamo, V. Gonçalves-Esteves, and M. Sazima. 2016. Heterospecific pollen deposition among plants sharing hummingbird pollinators in the Brazilian Atlantic Forest. *Rodriguésia* 67:335–345.
- Fonseca, L. C. N., J. Vizentin-Bugoni, A. R. Rech, M. A. S. Alves, L. C. N. Fonseca, J. Vizentin-Bugoni, A. R. Rech, and M. A. S. Alves. 2015. Plant-hummingbird interactions and temporal nectar availability in a restinga from Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 87:2163–2175.
- Franco, A. L. M., and S. Buzato. 1992. Biologia floral de *Nematanthus fritschii* (Gesneriaceae). *Revista Brasil. Bot.* 52:661–666.
- Freitas, L., L. Galetto, and M. Sazima. 2006. Pollination by hummingbirds and bees in eight syntopic species and a putative hybrid of Ericaceae in Southeastern Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 258:49–61.
- Freitas, L., A. Salino, L. M. Neto, T. Almeida, S. Mortara, J. Stehmann, A. M. Amorim, E. Guimaraes, M. A. N. Coelho, A. Zanin, and R. Forzza. 2016. A comprehensive checklist of vascular epiphytes of the Atlantic Forest reveals outstanding endemic rates. *PhytoKeys* 58:65–79.
- Freitas, L., and M. Sazima. 2001. Nectar Features in *Esterhazyia macrodonta*, a Hummingbird-Pollinated Scrophulariaceae in Southeastern Brazil. *Journal of Plant Research* 114:187–191.
- Freitas, L., and M. Sazima. 2006. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: interactions at the community level. *Annals of Missouri Botanical Garden* 93:465–516.
- Frick, W. F., R. D. Price, P. A. Heady, and K. M. Kay. 2013. Insectivorous bat pollinates columnar cactus more effectively per visit than specialized nectar bat. *The American Naturalist* 181:137–144.

- Galetti, M., R. Guevara, M. C. Côrtes, R. Fadini, S. V. Matter, A. B. Leite, F. Labecca, T. Ribeiro, C. S. Carvalho, R. G. Collevatti, M. M. Pires, P. R. Guimarães, P. H. Brancalion, M. C. Ribeiro, and P. Jordano. 2013. Functional Extinction of Birds Drives Rapid Evolutionary Changes in Seed Size. *Science* 340:1086–1090.
- Gava, H. Z. 2012. Flores ornitófilas e suas aves polinizadoras em uma área cacauera na mata atlântica do Sul da Bahia: Uma análise para conservação da biodiversidade local.
- Hadley, A. S., S. J. K. Frey, W. D. Robinson, and M. G. Betts. 2018. Forest fragmentation and loss reduce richness, availability, and specialization in tropical hummingbird communities. *Biotropica* 50:74–83.
- Hasui, É., J. P. Metzger, R. G. Pimentel, L. F. Silveira, A. A. d. A. Bovo, A. C. Martensen, A. Uezu, A. L. Regolin, A. Bispo de Oliveira, C. A. F. R. Gatto, C. Duca, C. B. Andretti, C. Banks-Leite, D. Luz, D. Mariz, E. R. Alexandrino, F. M. de Barros, F. Martello, I. M. d. S. Pereira, J. N. da Silva, K. M. P. M. d. B. Ferraz, L. N. Naka, L. dos Anjos, M. A. Efe, M. A. Pizo, M. Pichorim, M. S. S. Gonçalves, P. H. C. Cordeiro, R. A. Dias, R. d. L. Muylaert, R. C. Rodrigues, T. V. V. da Costa, V. Cavarzere, V. R. Tonetti, W. R. Silva, C. N. Jenkins, M. Galetti, and M. C. Ribeiro. 2018. ATLANTIC BIRDS: a data set of bird species from the Brazilian Atlantic Forest. *Ecology* 99:497–497.
- Healy, S. D., and T. A. Hurly. 2013. What hummingbirds can tell us about cognition in the wild.
- Hmeljevski, K. V. 2007. Caracterização reprodutiva de *Dyckia ibiamensis* Reitz, uma bromélia endêmica do Alto do Vale do Itajaí, SC.
- Hmeljevski, K. V., L. Freitas, R. Domingues, A. R. Pereira, A. S. Cancio, A. C. S. Andrade, M. A. Machado, L. F. Viccini, and R. C. Forzza. 2014. Conservation assessment of an extremely restricted bromeliad highlights the need for population-based conservation on granitic inselbergs of the Brazilian Atlantic Forest. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 209:250–259.
- Hmeljevski, K. V., M. Wolowski, R. C. Forzza, and L. Freitas. 2017. High outcrossing rates and short-distance pollination in a species restricted to granitic inselbergs. *Australian Journal of Botany* 65:315–326.
- Inouye, D. W. 1980. The Terminology of Floral Larceny. *Ecology* 61:1251–1253.
- Joly, C. A., J. P. Metzger, and M. Tabarelli. 2014. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist*:1–15.
- Kaehler, M. 2003. Partilha de recursos para a polinização de Bromeliaceae em uma área de Floresta Ombrófila Densa Alto-montana no Estado do Paraná, Brasil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Kaehler, M., I. G. Varassin, and R. Goldenberg. 2005. Polinização em uma comunidade de bromélias em floresta atlântica alto-montana no estado do Paraná, Brasil. *Brazilian Journal of Botany* 28:219–228.
- Kamke, R., S. Schmid, A. Zillikens, B. C. Lopes, and J. Steiner. 2011. The importance of bees as pollinators in the short corolla bromeliad *Aechmea caudata* in southern Brazil. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 206:749–756.
- Kay, K. M., P. A. Reeves, R. G. Olmstead, and D. W. Schemske. 2005. Rapid speciation and the evolution of hummingbird pollination in neotropical *Costus* subgenus *Costus* (Costaceae): Evidence from nrDNA ITS and ETS sequences. *American Journal of Botany* 92:1899–1910.

Kay, K. M., and R. D. Sargent. 2009. The Role of Animal Pollination in Plant Speciation: Integrating Ecology, Geography, and Genetics.

Koschnitzke, C., A. Tereza, D. A. Rodarte, R. D. Cássia, and R. Gama. 2009. Flores ornitófilas odoríferas: Duas espécies de *Palicourea* (Rubiaceae) na Estação Biológica de Santa Lúcia, ES, Brasil. *Hoehnea* 36:497–499.

Kriek, C. 2008. Ecologia reprodutiva de *Dyckia encholirioides* var. *encholirioides* (Gaud) Mez. (Bromeliaceae) em costões oceânicos de Florianópolis, Santa Catarina.

Lagomarsino, L. P., E. J. Forrestel, N. Muchhala, and C. C. Davis. 2017. Repeated evolution of vertebrate pollination syndromes in a recently diverged Andean plant clade. *Evolution* 71:1970–1985.

Lê, S., J. Josse, and F. Husson. 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software* 25:1–18.

Leite, A. V., and I. C. Machado. 2007. Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinizadores de duas espécies simpátricas de Marantaceae em um fragmento de Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30:221–231.

Lenzi, M., J. Z. de Matos, and A. I. Orth. 2006. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasilica* 20:487–500.

Leone, F. R. 2011. Plantas ornitófilas, com enfoque em *Sinningia sceptrum* (Mart.) Wiehler (Gesneriaceae), em fragmento de Floresta Atlântica: aspectos reprodutivos e rede de interações mutualísticas.

Lima, L. M. 2014, January 21. Aves da Mata Atlântica: riqueza, composição, status, endemismos e conservação. text, Universidade de São Paulo.

Locatelli, E., I. C. Machado, P. Medeiros, E. Locatelli, I. C. Machado, and P. Medeiros. 1997. Floral Biology and Bat Pollination in *Pilosocereus catingicola* (Cactaceae) in Northeastern Brazil. *Floral Biology and Bat Pollination in Pilosocereus catingicola (Cactaceae) in Northeastern Brazil* 15:28–34.

Lopes, A. V. de F. 2002. Polinização por Beija-Flores em Remanescentes da Mata Atlântica Pernambucana, Nordeste do Brasil. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. *Doutorado*:139–139.

Lopes, L. E. 2007, December 17. Densidade de recursos florais em múltiplas escalas espaciais: consequências para a interação planta-polinizador e demografia de *Abutilon rufinerve* (Malvaceae). text, Universidade de São Paulo.

Lopes, L. E., and S. Buzato. 2007. Variation in pollinator assemblages in a fragmented landscape and its effects on reproductive stages of a self-incompatible treelet, *Psychotria suterella* (Rubiaceae). *Oecologia* 154:305–314.

Machado, I. C., and A. V. Lopes. 1998. A polinização biótica e seus mecanismos na Reserva Ecológica de Dois Irmãos. Pages 173–195 *Reserva Ecológica de Dois Irmãos: Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife - Pernambuco - Brasil)*. Editora Universitária da UFPE, Recife, Brasil.

Machado, I. C., and A. V. Lopes. 2000. *Souroubea guianensis* Aubl.: Quest for its legitimate pollinator and the first record of tapetal oil in the Marcgraviaceae. *Annals of Botany* 85:705–711.

- Machado, I. C. S. 1983. Biologia floral de *ipomoea hederifolia* L.E. *ipomoea quamochit* L. (convolvulaceae).
- Machado, I. C. S., I. Sazima, and M. Sazima. 1998. Bat pollination of the terrestrial {herb} *alata* {(Gentianaceae)} in northeastern Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 209:231–237.
- Malanotte, M. L. 2018. Ligando flores e polinizadores: Como os padrões de floração estruturam as comunidades de beija-flores?
- Malucelli, T. S. 2014. Fatores envolvidos na estruturação das redes de polinização beija-flor-planta em um gradiente sucessional.
- Marques, J. S., M. C. Tagliati, and A. P. G. Faria. 2015. Diurnal versus nocturnal pollination success in *Billbergia horrida* Regel (Bromeliaceae) and the first record of chiropterophily for the genus. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 87:835–842.
- Martinelli, G. 1994. Reproductive biology of Bromeliaceae in the Atlantic Rainforest of Southeastern Brazil:345–345.
- Martinelli, G., and M. A. Moraes. 2013. Livro Vermelho da Flora do Brasil.
- Maruyama, P. K., J. Vizentin-Bugoni, B. Dalsgaard, I. Sazima, and M. Sazima. 2015a. Nectar robbery by a hermit hummingbird: association to floral phenotype and its influence on flowers and network structure. *Oecologia* 178:783–793.
- Maruyama, P. K., J. Vizentin-Bugoni, B. Dalsgaard, I. Sazima, and M. Sazima. 2015b. Nectar robbery by a hermit hummingbird: association to floral phenotype and its influence on flowers and network structure. *Oecologia* 178:783–793.
- Maruyama, P. K., J. Vizentin-Bugoni, B. Dalsgaard, and M. Sazima. 2015c. Pollination and breeding system of *Canna paniculata* (Cannaceae) in a montane Atlantic Rainforest: asymmetric dependence on a hermit hummingbird. *Acta Botanica Brasilica* 29:157–160.
- Meireles, A. S. de. 2011. Fenologia e ecologia da polinização de duas espécies de Bromeliaceae na Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ.
- Mendonça, L. B., and L. dos Anjos. 2005. Beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus recursos florais em uma área urbana do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22:51–59.
- Mendonça, L. B., and L. dos Anjos. 2006. Feeding behavior of hummingbirds and perching birds on *Erythrina speciosa* Andrews (Fabaceae) flowers in an urban area, Londrina, Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23:42–49.
- Mendonça, L. B., and L. Dos Anjos. 2006. Flower morphology, nectar features, and hummingbird visitation to *Palicourea crocea* (Rubiaceae) in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 78:45–57.
- Missagia, C. C. C. 2014. Ecologia da polinização de duas espécies simpátricas de *Heliconia* L. (Heliconiaceae) em área de Mata Atlântica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.
- Missagia, C. C. C., and M. A. S. Alves. 2015. The rate of visitation by *Amazilia fimbriata* (Apodiformes: Trochilidae) influences seed production in *Tillandsia stricta* (Bromeliaceae). *Zoologia (Curitiba)* 32:260–262.
- Missagia, C. C. C., and M. A. S. Alves. 2016. Territorial foraging behavior in the male Violet-capped Woodnymph is dependent on the density of patches of inflorescences of *Heliconia*

- spathocircinata Aristeg. (Heliconiaceae) in the Brazilian Atlantic forest. *Revista Brasileira de Botânica* 39:1145–1150.
- Missagia, C. C. C., and M. A. S. Alves. 2017. Florivory and floral larceny by fly larvae decrease nectar availability and hummingbird foraging visits at *Heliconia* (Heliconiaceae) flowers. *Biotropica* 49:13–17.
- Missagia, C. C. C., and M. A. S. Alves. 2018. Does beak size predict the pollination performance of hummingbirds at long and tubular flowers? A case study of a Neotropical spiral ginger. *Journal of Zoology*:1–7.
- Missagia, C. C. C., F. C. Verçosa, and M. A. S. Alves. 2014. Reproductive phenology and sharing of floral resource among hummingbirds (Trochilidae) in inflorescences of *Dahlstedtia pinnata* (Benth.) Malme. (Fabaceae) in the Atlantic forest. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 86:1693–1702.
- Missagia, C. C. C., and F. C. Verçosa. 2011. Fenologia reprodutiva, polinização e frutificação de *Heliconia spathocircinata* Aristeg. (Heliconiaceae) em fragmento de Floresta Atlântica do município do Rio de Janeiro DOI: 10.5007/2175-7925.2011v24n3p13. *Biotemas* 24:13–23.
- Mittermeier, R. A., P. R. Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C. G. Mittermeier, J. Lamoreux, and G. A. B. da Fonseca. 2004. Hotspots revisited.
- Moreira, M. M. 2018. Sinais florais em espécies com generalização fenotípica em uma comunidade de Floresta Atlântica Montana, RJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.
- Morellato, L. P. C., and C. F. B. Haddad. 2000. Introduction : The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32:786–792.
- Muchhala, N. 2006. Nectar bat stows huge tongue in its rib cage. *Nature* 444:701–702.
- Muylaert, R. L., R. D. Stevens, C. E. L. Esbérard, M. A. R. Mello, G. S. T. Garbino, L. H. Varzinczak, D. Faria, M. M. Weber, P. K. Rogeri, A. L. Regolin, H. F. M. Oliveira, L. M. Costa, M. A. S. Barros, G. Sabino-Santos Jr, M. A. C. Morais, V. S. Kavagutti, F. C. Passos, E.-L. Marjakangas, F. G. M. Maia, M. C. Ribeiro, and M. Galetti. 2017. Atlantic Bats: a dataset of bat communities from Atlantic Forests of South America. *Ecology* 98:3227–3227.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Neves, C. B. 2000. Polinização por beija-flores e partilha de polinizadores em duas espécies de *Heliconia* (Heliconiaceae). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Nogueira, J. I. 2013, July 31. Padrão geográfico de diversificação floral indica novos caminhos envolvidos na especiação do clado neotropical de *Sinningia* (Gesneriaceae). text, Universidade de São Paulo.
- Nogueira, M. R., I. P. de Lima, R. Moratelli, V. da C. Tavares, R. Gregorin, and A. L. Peracchi. 2014. Checklist of Brazilian bats, with comments on original records. *Check List* 10:808–821.
- Nolasco, E. C., a G. Coelho, and C. G. Machado. 2013. First verified record of ornithophily in *Calathea* (Marantaceae). Primeiro registro de ornitofilia confirmado em *Calathea* (Marantacea) 29:1327–1337.
- Nunes, C. E. P. 2011. Biologia da polinização e reprodução de *Elleanthus* C. Presl. (Orchidaceae) na Mata Atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo.

- Nunes-Freitas, A. F., and C. F. D. Rocha. 2011. Reproductive phenology and flower visitors' guild of *Canistropsis microps* (Bromeliaceae) in an atlantic rainforest of southeastern Brazil. *Journal of Natural History* 45:1021–1034.
- Paggi, G. 2009. Aspectos genéticos e ecológicos da biologia reprodutiva de *Vriesea gigantea* (Bromeliaceae). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Paglia, A., G. Fonseca, A. Rylands, G. Herrmann, L. Aguiar, A. Chiarello, Y. Leite, L. Costa, S. Siciliano, M. Kierulff, S. Mendes, V. Tavares, R. A. Mittermeier, and J. L. Patton. 2012. Annotated checklist of Brazilian mammals 6:1–76.
- Pansarin, E. R., and S. R. M. de Pedro. 2016. Reproductive biology of a hummingbird-pollinated *Billbergia*: light influence on pollinator behaviour and specificity in a Brazilian semi-deciduous forest. *Plant Biology* 18:920–927.
- Pardini, R., D. Faria, G. M. Accacio, R. R. Laps, E. Mariano-Neto, M. L. B. Paciencia, M. Dixo, and J. Baumgarten. 2009. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. *Biological Conservation* 142:1178–1190.
- Parrini, R., and M. A. Raposo. 2008. Associação entre aves e flores de duas espécies de árvores do gênero *Erythrina* (Fabaceae) na Mata Atlântica do sudeste do Brasil. *Iheringia. Série Zoologia* 98:123–128.
- Passos, L., and M. Sazima. 1995. Reproductive Biology of the Distylous *Manettia luteo-rubra* (Rubiaceae). *Botanica Acta* 108:309–313.
- Pelligrinotti, A., H. Malaguetta, D. G. Luvizotto, J. L. Souza, and Parise, B. 2010. Biologia reprodutiva de *Quesnelia arvensis* em indivíduos de borda e interior da restinga da Ilha Comprida, litoral sul de São Paulo. Page Anais do 8º Simposio de Ensino de Graduação da 8º Mostra Acadêmica da Unimep. Piracicaba, Brazil.
- Peracchi, A. L., and S. T. Albuquerque. 1993. Quirópteros do município de Linhares, estado do Espírito Santo, Brasil (Mammalia, Chiroptera). *Revista Brasileira de Biologia* 54:575–581.
- Pereira, M. F. P. de A. 1998. Biologia da polinização de duas espécies simpátricas de Alcanthacear, na região de Campinas, São Paulo.
- Perret, M., A. Chautems, R. Spichiger, M. Peixoto, and V. Savolainen. 2001. Nectar sugar composition in relation to pollination syndromes in *Sinningieae* (Gesneriaceae). *Annals of Botany* 87:267–273.
- Peterle, P. L., A. B. Galvêas, and L. D. Thomaz. 2007. Biologia Floral e Polinização de *Pseudobombax Grandiflorum* (Cav.) A. Rob. (Bombacaceae) na região de Barra do Jucu - Vila Velha - ES. Page Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu, Brasil.
- Piacentini, V. D. Q., and I. G. Varassin. 2007. Interaction network and the relationships between bromeliads and hummingbirds in an area of secondary Atlantic rain forest in southern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 23:663–671.
- Piacentini, V. de Q., A. Aleixo, C. E. Agne, G. N. Mauricio, J. F. Pacheco, G. A. Bravo, G. R. R. Brito, L. N. Naka, F. Olmos, S. Posso, L. F. Silveira, G. S. Betini, E. Carrano, I. Franz, A. C. Lees, L. M. Lima, D. Pioli, F. Schunck, F. R. Amaral, G. A. Bencke, M. Cohn-Haft, L. F. Figueiredo, F. C. Straube, and E. Cesari. 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. *Revista Brasileira de Ornitologia* 23:91–298.

- Piechowski, D., S. Dötterl, and G. Gottsberger. 2010. Pollination biology and floral scent chemistry of the Neotropical chiropterophilous *Parkia pendula*. *Plant Biology* 12:172–182.
- Pinto, A. R. 2017. Integração fenotípica, distília e polinização generalista em *Psychotria nuda* (Rubiaceae). Instituto de Pesquisa Jardim Botânico, Rio de Janeiro, Brazil.
- Piratelli, A. J. 1992. Ecologia comportamental de beija-flores em duas espécies de *Hippeastrum* herb. (Amaryllidaceae) na região de Atibaia, Estado de São Paulo.
- Piratelli, A. J. 1993. Comportamento alimentar de Beija-Flores em flores de *Inga* ssp (Leguminosae, Mimosoidae) e *Jacaratia spinosa* (Caricaceae) em um fragmento florestal do sudeste brasileiro. *Ipef* 46:43–51.
- Pizo, M. A. 1996. Feeding ecology of two *Cacicus* species (Emberizidae, Icterinae). *Ararajuba* 4:87–92.
- Pizo, M. A., I. Simão, and M. Galetti. 1995. Diet and flock size of sympatric parrots in the Atlantic forest of Brazil. *Ornitologia neotropical*:87–95.
- Pyke, G. H., J. R. M. Kalman, D. M. Bordin, L. Blanes, and P. A. Doble. 2020. Patterns of floral nectar standing crops allow plants to manipulate their pollinators. *Scientific Reports* 10:1660.
- Quirino, Z., and I. Machado. 2001. Biologia da polinização e da reprodução de três espécies de *Combretum* Loefl. (Combretaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 24:181–193.
- Ratto, F., B. I. Simmons, R. Spake, V. Zamora-Gutierrez, M. A. MacDonald, J. C. Merriman, C. J. Tremlett, G. M. Poppy, K. S. Peh, and L. V. Dicks. 2018. Global importance of vertebrate pollinators for plant reproductive success: a meta-analysis. *Frontiers in Ecology and the Environment* 16:82–90.
- Regan, E. C., L. Santini, L. Ingwall-King, M. Hoffmann, C. Rondinini, A. Symes, J. Taylor, and S. H. M. Butchart. 2015. Global Trends in the Status of Bird and Mammal Pollinators. *Conservation Letters* 8:397–403.
- Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni, M. M. Hirota, M. Cezar, J. Paul, A. Camargo, and F. Jorge. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142:1141–1153.
- Richman, S. K., R. E. Irwin, J. T. Bosak, and J. L. Bronstein. 2018. Consequences of secondary nectar robbing for male components of plant reproduction. *American Journal of Botany* 105:943–949.
- Ricklefs, R. E., and S. S. Renner. 1994. Species richness within families of flowering plants. *Evolution* 48:1619–1636.
- Rocca, M. A. 2006. Recurso floral para aves em uma comunidade de Mata Atlântica de encosta: sazonalidade e distribuição vertical.
- Rocca, M. A., and M. Sazima. 2008. Ornithophilous canopy species in the Atlantic rain forest of southeastern Brazil. *Journal of Field Ornithology* 79:130–137.
- Rocca, M. A., and M. Sazima. 2013. Quantity versus quality: Identifying the most effective pollinators of the hummingbird-pollinated *Vriesea rodigasiana* (Bromeliaceae). *Plant Systematics and Evolution* 299:97–105.

- Rocca, M. a., M. Sazima, and I. Sazima. 2006. Woody woodpecker enjoys soft drinks: The blond-crested woodpecker seeks nectar and pollinates canopy plants in south-eastern Brazil. *Biota Neotropica* 6:1–9.
- Rocha, C. F. D., D. Vrcibradic, V. a. Menezes, and C. V. Ariani. 2009. Ecology and Natural History of the Easternmost Native Lizard Species in South America, *Trachylepis atlantica* (Scincidae), from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. *Journal of Herpetology* 43:450–459.
- Rodrigues, M. S. 2008. Partilha de recursos florais por beija-flores em uma área de Mata Atlântica na Ilha da Marambaia, RJ.
- Rogalski, J. M., A. Reis, M. S. D. Reis, and K. V. Hmeljevski. 2009. Biologia reprodutiva da reófito *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), no Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 32:691–702.
- Ruschi, A. 1949. A polinização realizada pelos Trochilíneos, a sua área de alimentação e repovoamento. *Boletim do Museu Prof. Mello-Leitão* 2:1–51.
- Rylands, A. B. 1989. Sympatric Brazilian callitrichids: The Black Tufted-Ear Marmoset, *Callithrix kuhli*, and the Golden-headed Lion Tamarin, *Leontopithecus chrysomelas*. *Journal of Human Evolution* 18:679–695.
- Safford, H. D. 1999a. Brazilian Páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. *Journal of Biogeography* 26:693–712.
- Safford, H. D. 1999b. Brazilian Páramos II. Macro- and mesoclimate of the campos de altitude and affinities with high mountain climates of the tropical Andes and Costa Rica. *Journal of Biogeography* 26:713–737.
- San Martín-Gajardo, I. 2004. Biologia da polinização de espécies da tribo Sinningieae (Gesneriaceae) no sudeste do Brasil.
- San Martín-Gajardo, I., and L. Freitas. 1999. Hummingbird pollination in *Besleria longimucronata* Hoehne (Gesneriaceae) in Southeastern Brazil. *Biociências* 7:13–24.
- Sanmartin-Gajardo, I., and M. Sazima. 2005a. Chiropterophily in sinningieae (Gesneriaceae): *Sinningia brasiliensis* and *Paliavana prasinata* are bat-pollinated, but *P. sericiflora* is not. Not yet? *Annals of Botany* 95:1097–1103.
- Sanmartin-Gajardo, I., and M. Sazima. 2005b. Espécies de *Vanhouttea* Lem. e *Sinningia* Nees (Gesneriaceae) polinizadas por beija-flores: Interações relacionadas ao hábitat da planta e ao néctar. *Revista Brasileira de Botânica* 28:441–450.
- SanMartín-Gajardo, I., and J. R. S. Vianna. 2010. Pollination of *Nematanthus brasiliensis*: An Epiphytic Gesneriaceae Endemic to the Southeastern Atlantic Forests of Brazil. *Selbyana* 30:216–220.
- Santos, C. G. M. 2000. Distribuição espacial, fenologia e polinização de bromeliaceae na Mata Atlântica do Alto da Serra de Paranapiacaba, SP.
- Sato, T. M., M. C. de Carvalho-Ricardo, W. Uieda, and F. C. Passos. 2015. Estrutura da comunidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) da Estação Experimental de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)* 55:1–11.
- Sazima, I. 1976. Observations on the Feeding Habits of Phyllostomatid Bats (*Carollia*, *Anoura*, and *Vampyrops*) in Southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 57:381–382.

- Sazima, I., S. Buzato, and M. Sazima. 1993. The bizarre inflorescence of *Norantea brasiliensis* (Marcgraviaceae): Visits of hovering and perching birds. *Botanica Acta* 106:507–513.
- Sazima, I., S. Buzato, and M. Sazima. 1996. An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in a montane forest in southeastern Brazil. *Botanica Acta* 109:149–160.
- Sazima, I., S. Buzato, M. Sazima, S. Buzato, and M. S. T. S. H. Ram-. 1995a. The saw-billed hermit *Ramphodon naevius* and its flowers in southeastern Brazil. *Journal fur Ornithologie* 136:195–206.
- Sazima, I., W. Fischer, M. Sazima, and E. Fischer. 1994a. The fruit bat *Artibeus lituratus* as a forest and city dweller (1994). *Ciência & Cultura* 46:164–168.
- Sazima, I., C. Sazima, and M. Sazima. 2005. Little dragons prefer flowers to maidens: A lizard that laps nectar and pollinates trees. *Biota Neotropica* 5:185–192.
- Sazima, I., and M. Sazima. 1977. Solitary and group foraging - two flower-visiting patterns of lesser spear-nosed bat *Phyllostomus discolor*. *Web of Science*.
- Sazima, M., S. Buzato, and I. Sazima. 1995b. Bat pollination of *Vriesea* in southeastern Brazil. *Bromélia* 2:29–37.
- Sazima, M., S. Buzato, and I. Sazima. 1999. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic forest sites in Brazil. *Annals of Botany* 83:705–712.
- Sazima, M., S. Buzato, and I. Sazima. 2003. *Dysochroma viridiflorum* (Solanaceae): A reproductively bat-dependent epiphyte from the Atlantic rainforest in Brazil. *Annals of Botany* 92:725–730.
- Sazima, M., and I. Sazima. 1978. Bat Pollination of the Passion Flower, *Passiflora mucronata*, in Southeastern Brazil. *Biotropica*.
- Sazima, M., and I. Sazima. 1980. Bat visits to *Marcgravia myriostigma* Tr. et Planch. (Marcgraviaceae) in southeastern Brazil. *Flora* 169:84–88.
- Sazima, M., and I. Sazima. 1987. Additional observations on *Passiflora mucronata*, the bat-pollinated passionflower. *Ciência e Cultura* 39:310–312.
- Sazima, M., and I. Sazima. 1988. *Helicteres-Ovata* (Sterculiaceae), Pollinated By Bats in Southeastern Brazil. *Botanica Acta* 101:269–271.
- Sazima, M., and I. Sazima. 1995. Os beija-flores e suas flores. Pages 60–63 *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra*. Editora da Unicamp, Campinas, Brasil.
- Sazima, M., and I. Sazima. 1999. The perching bird *Coereba flaveola* as a co-pollinator of bromeliad flowers in southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology* 77:47–51.
- Sazima, M., I. Sazima, and S. Buzato. 1994b. Nectar by day and night: *Siphocampylus sulfureus* (Lobeliaceae) pollinated by hummingbirds and bats. *Plant Systematics and Evolution* 191:237–246.
- Scarano, F. 2002. Structure, Function and Floristic Relationships of Plant Communities in Stressful Habitats Marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. *Annals of Botany* 90:517–524.
- Scarano, F. R. 2007. Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. *Brazilian Journal of Botany* 30:561–568.

- Schemske, D. W., B. C. Husband, M. H. Ruckelshaus, C. Goodwillie, I. M. Parker, and J. G. Bishop. 1994. Evaluating Approaches to the Conservation of Rare and Endangered Plants. *Ecology* 75:585–606.
- Schmid, S., V. S. Schmid, A. Zillikens, B. Harter-Marques, and J. Steiner. 2011a. Bimodal pollination system of the bromeliad *Aechmea nudicaulis* involving hummingbirds and bees. *Plant Biology (Stuttgart, Germany)* 13 Suppl 1:41–50.
- Schmid, S., V. S. Schmid, A. Zillikens, and J. Steiner. 2011b. Diversity of flower visitors and their role for pollination in the ornithophilous bromeliad *Vriesea friburgensis* in two different habitats in Southern Brazil. *Ecotropica* 17:91–102.
- Scrok, G. J., and I. G. Varassin. 2011. Reproductive biology and pollination of *Aechmea distichantha* Lem. (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasilica* 25:571–576.
- Scultori, H. C. S. 2010. Comunidade de morcegos, interações com flores e estratificação vertical em Mata Atlântica do Sul do Brasil.
- Sigrist, M. R., and M. Sazima. 2002. *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra (Acanthaceae): Fenologia da floração, biologia da polinização e reprodução. *Revista Brasileira de Botânica* 25:35–42.
- Silva, B.G., and A.J. Piratelli. 2014. Foraging behaviour of the Scale-throated Hermit *Phaethornis eurynome* Lesson, 1832 (Aves, Trochilidae) in *Vriesea incurvata* Gaudich (Bromeliaceae). *Brazilian Journal of Biology* 74:311–314.
- Silva, C. A., M. F. Vieira, and C. H. D. Amaral. 2010. Floral attributes, ornithophily and reproductive success of *Palicourea longepedunculata* (Rubiaceae), a distylous shrub in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 33:207–213.
- Silva, L. B. 2008. Ecologia reprodutiva de *Tillandsia stricta* Sol. e *T. gardneri* Lind. (Bromeliaceae), no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.
- Silva, S. S. P. da. 1991. Utilização de recursos florais na alimentação de morcegos filostomídeos no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí-RJ.
- Silva, S. S. P. da, and A. L. Peracchi. 1995. Observação da visita de morcegos (Chiroptera) às flores de *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns. *Revista Brasileira de Zoologia* 12:859–865.
- Silva, S. S. P., and A. L. Peracchi. 1999. Visits of bats to flowers of *Lafoensia glyptocarpa* KOEHN (LYTHRACEAE). *Revista Brasileira de Biologia* 59:19–22.
- Simon, R., M. W. Holderied, C. Koch, and O. von Helversen. 2011. Floral Acoustics: Conspicuous Echoes of a Dish-Shaped Leaf Attract Bat Pollinators. *Science*.
- Singer, R. B., and M. Sazima. 2000. The pollination of *Stenorrhynchos lanceolatus* (Aublet) L. C. Rich. (Orchidaceae: Spiranthinae) by hummingbirds in southeastern Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 223:221–227.
- Singer, R. B., and M. Sazima. 2001. Flower morphology and pollination mechanism in three sympatric Goodyerinae orchids from southeastern Brazil. *Annals of Botany* 88:989–997.
- Siqueira Filho, J. A. de, and I. C. S. Machado. 2001. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 15:427–443.

Siqueira-Filho, J. A. 2003. Fenologia da floração, ecologia da polinização e conservação de Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordeste. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Sluys, M. V., C. A. Cardozo, R. Mangolin, and C. F. D. Rocha. 2001. Rates of pollinator visitation to *Vriesea procera* (Bromeliaceae) at Ilha Grande, Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Bromélia* 6:18–24.

Snow, B. K., and D. W. Snow. 1972. Feeding Niches of Hummingbirds in a Trinidad Valley. *Journal of Animal Ecology* 41:471–485.

Snow, D. W., and B. K. Snow. 1986. Feeding ecology of hummingbirds in the Serra do Mar, southeastern Brazil. *El Hornero* 012:286–296.

Snow, D. W., and D. L. Teixeira. 1982. Hummingbirds and their flowers in the coastal mountains of southeastern Brazil. *Journal of Ornithology* 123:446–450.

Souza, R. de F., R. L. M. Novaes, A. Siqueira, C. Sauwen, G. Jacob, C. E. L. Santos, S. Felix, E. Ribeiro, C. Sant’Anna, D. Vrcibradic, L. Avilla, I. Sbragia, and R. T. Santori. 2014. Bats (Mammalia, Chiroptera) in a remnant of Atlantic Forest, Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* 10:9–14.

Steege, H. ter, N. C. A. Pitman, T. J. Killeen, W. F. Laurance, C. A. Peres, J. E. Guevara, R. P. Salomão, C. V. Castilho, I. L. Amaral, F. D. de A. Matos, L. de S. Coelho, W. E. Magnusson, O. L. Phillips, D. de A. L. Filho, M. de J. V. Carim, M. V. Irumé, M. P. Martins, J.-F. Molino, D. Sabatier, F. Wittmann, D. C. López, J. R. da S. Guimarães, A. M. Mendoza, P. N. Vargas, A. G. Manzatto, N. F. C. Reis, J. Terborgh, K. R. Casula, J. C. Montero, T. R. Feldpausch, E. N. H. Coronado, A. J. D. Montoya, C. E. Zartman, B. Mostacedo, R. Vasquez, R. L. Assis, M. B. Medeiros, M. F. Simon, A. Andrade, J. L. Camargo, S. G. W. Laurance, H. E. M. Nascimento, B. S. Marimon, B.-H. Marimon, F. Costa, N. Targhetta, I. C. G. Vieira, R. Brienen, H. Castellanos, J. F. Duivenvoorden, H. F. Mogollón, M. T. F. Piedade, G. A. A. C, J. A. Comiskey, G. Damasco, N. Dávila, R. García-Villacorta, P. R. S. Diaz, A. Vincentini, T. Emilio, C. Levis, J. Schiatti, P. Souza, A. Alonso, F. Dallmeier, L. V. Ferreira, D. Neill, A. Araujo-Murakami, L. Arroyo, F. A. Carvalho, F. C. Souza, D. D. do Amaral, R. Gribel, B. G. Luize, M. P. Pansonato, E. Venticinque, P. Fine, M. Toledo, C. Baraloto, C. Cerón, J. Engel, T. W. Henkel, E. M. Jimenez, P. Maas, M. C. P. Mora, P. Petronelli, J. D. C. Revilla, M. Silveira, J. Stropp, R. Thomas-Caesar, T. R. Baker, D. Daly, M. R. Paredes, N. F. da Silva, A. Fuentes, P. M. Jørgensen, J. Schöngart, M. R. Silman, N. C. Arboleda, B. B. L. Cintra, F. C. Valverde, A. D. Fiore, J. F. Phillips, T. R. van Andel, P. von Hildebrand, E. M. Barbosa, L. C. de M. Bonates, D. de Castro, E. de S. Farias, T. Gonzales, J.-L. Guillaumet, B. Hoffman, Y. Malhi, I. P. de A. Miranda, A. Prieto, A. Rudas, A. R. Ruschell, N. Silva, C. I. A. Vela, V. A. Vos, E. L. Zent, S. Zent, A. Cano, M. T. Nascimento, A. A. Oliveira, H. Ramirez-Angulo, J. F. Ramos, R. Sierra, M. Tirado, M. N. U. Medina, G. van der Heijden, E. V. Torre, C. Vriesendorp, O. Wang, K. R. Young, C. Baider, H. Balslev, N. de Castro, W. Farfan-Rios, C. Ferreira, C. Mendoza, I. Mesones, A. Torres-Lezama, L. E. U. Giraldo, D. Villarroya, R. Zagt, M. N. Alexiades, K. Garcia-Cabrera, L. Hernandez, I. Huamantupa-Chuquimaco, W. Milliken, W. P. Cuenca, S. Pansini, D. Pauletto, F. R. Arevalo, A. F. Sampaio, E. H. V. Sandoval, and L. V. Gamarra. 2015. Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species. *Science Advances* 1:e1500936.

Stein, K., and I. Hensen. 2013. The reproductive biology of two understory plants in the Atlantic rain forest, Brazil. *Ecological Research* 28:593–602.

Teixeira, L. A. G. 2005. Mecanismos de polinização e sistema reprodutivo de espécies de Maranthaceae da Estação Ecológica do Tapacurá, Pernambuco, Nordeste do Brasil. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

- Teixeira, L. a. G., and I. C. Machado. 2004. *Sabicea cinerea* Aubl. (Rubiaceae): Distilia e polinização em um fragmento de floresta Atlântica em Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27:193–204.
- Temeles, E. J., C. R. Koulouris, S. E. Sander, and W. J. Kress. 2009. Effect of flower shape and size on foraging performance and trade-offs in a tropical hummingbird. *Ecology* 90:1147–1161.
- Tschapka, M. 2004. Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of Neotropical flower-visiting bats. *Journal of Zoology* 263:7–21.
- Vamosi, J. C., T. M. Knight, J. A. Steets, S. J. Mazer, M. Burd, and T. Ashman. 2006. Pollination decays in biodiversity hotspots. *PNAS* 103:956–961.
- Varassin, I. G. 2002. Estrutura espacial e temporal de uma comunidade de bromeliaceae e seus polinizadores em floresta atlantica no sudeste do Brasil.
- Varassin, I. G., and M. Sazima. 2012. Spatial heterogeneity and the distribution of bromeliad pollinators in the Atlantic Forest. *Acta Oecologica* 43:104–112.
- Varassin, I. G., J. R. Trigo, and M. Sazima. 2001. The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society* 136:139–152.
- Varzinczak, L. H., I. P. Bernardi, and F. C. Passos. 2016. Is the knowledge of bat distribution in the Atlantic Rainforest sufficient? Comments about new findings and a case study in the Paraná State coastal area, Brazil. *Mammalia* 80:263–269.
- Vasconcellos, N. C., and L. Freitas. 2007. Floral resources for hummingbirds in the arboretum of the Rio de Janeiro Botanical Garden, Brazil. *Davidsonia* 18:3–15.
- Verçosa, F. C., G. Martinelli, J. F. A. Baumgratz, and C. E. L. Esbérard. 2012. Polinização e dispersão de sementes de *Dysochroma viridiflora* (Sims) Miers (Solanaceae) por morcegos no Parque Nacional da Tijuca, um remanescente de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Natureza On Line* 10:7–11.
- Vieira, M. F., and R. M. Carvalho-Okano. 1996. Pollination biology of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) in Southeastern Brazil. *Biotropica* 28:61–68.
- Vieira, M. F. V., R. M. Carvalho-Okano, and M. Sazima. 1991. The common opossum, *Didelphis marsupialis*, as a pollinator of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae). *Ciência e Cultura* 43:390–393.
- Vitali-Veiga, M. J., and V. L. L. Machado. 2000. Visitantes florais de *Erythrina speciosa* Andr. (Leguminosae). *Revista Brasileira de Zoologia* 17:369–383.
- Vizentin-Bugoni, J., P. K. Maruyama, V. J. Debastiani, L. da S. Duarte, B. Dalsgaard, and M. Sazima. 2016. Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant-hummingbird network. *Journal of Animal Ecology* 85:262–272.
- Vizentin-Bugoni, J., P. K. Maruyama, and M. M. Sazima. 2014. Processes entangling interactions in communities: Forbidden links are more important than abundance in a hummingbird-plant network. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281:20132397–20132397.
- Vogel, S. 1968. Chiropterophilie in der neotropischen Flora: Neue Mitteilungen I. *Flora oder Allgemeine botanische Zeitung. Abt. B, Morphologie und Geobotanik* 157:562–602.
- Vogel, S. 2015. Vertebrate pollination in Compositae: Floral syndromes and field observations. *Stapfia* 103:5–26.

- Vosgueritchian, S. B., and S. Buzato. 2006. Reprodução sexuada de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) e interação planta-animal. *Revista Brasileira de Botânica* 29:433–442.
- Weinstein, B. G., and C. H. Graham. 2017. Persistent bill and corolla matching despite shifting temporal resources in tropical hummingbird-plant interactions. *Ecology Letters* 20:326–335.
- Wendt, T., M. B. F. Canela, D. E. Klein, and R. I. Rios. 2002. Selfing facilitates reproductive isolation among three sympatric species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). *Plant Systematics and Evolution* 232:201–212.
- Wendt, T., T. S. Coser, G. Matallana, and F. A. G. Guilherme. 2008. An apparent lack of prezygotic reproductive isolation among 42 sympatric species of Bromeliaceae in southeastern Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 275:31–41.
- Wendt, T., M. B. Ferreira Canela, A. P. Gelli De Faria, and R. Iglesias Rios. 2001. Reproductive biology and natural hybridization between two endemic species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). *American Journal of Botany* 88:1760–1767.
- Wolowski, M., T. L. Ashman, and L. Freitas. 2013a. Community-wide assessment of pollen limitation in hummingbird-pollinated plants of a tropical montane rain forest. *Ann. Bot.* 112:903–910.
- Wolowski, M., C. E. P. Nunes, F. W. Amorin, J. Vizentin-Bugoni, I. Aximoff, P. K. Maruyama, P. K. Brito, and L. Freitas. 2016. Interação entre planta-polinizador em vegetação de altitude na Mata Atlântica. *Oecologia Australis* 20:7–23.
- Wolowski, M., C. F. Saad, T. L. Ashman, and L. Freitas. 2013b. Predominance of self-compatibility in hummingbird-pollinated plants in the Neotropics. *Naturwissenschaften* 100:69–79.
- Zappi, D. C., F. L. Ranzato Filardi, P. Leitman, V. C. Souza, B. M. T. Walter, J. R. Pirani, M. P. Morim, L. P. Queiroz, T. B. Cavalcanti, V. F. Mansano, and R. C. Forzza. 2015. Growing knowledge: An overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguesia* 66:1085–1113.