



Polinizadores no Brasil

CONTRIBUIÇÃO E PERSPECTIVAS PARA A BIODIVERSIDADE,
USO SUSTENTÁVEL, CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS AMBIENTAIS

Vera Lucia Imperatriz-Fonseca

Dora Ann Lange Canhos

Denise de Araujo Alves

Antonio Mauro Saraiva

ORGS.

Polinizadores no Brasil

CONTRIBUIÇÃO E PERSPECTIVAS PARA A BIODIVERSIDADE,
USO SUSTENTÁVEL, CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS AMBIENTAIS



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor João Grandino Rodas
Vice-reitor Hélio Nogueira da Cruz



EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Diretor-presidente Plínio Martins Filho

COMISSÃO EDITORIAL

Presidente Rubens Ricupero
Vice-presidente Carlos Alberto Barbosa Dantas
Antonio Penteadó Mendonça
Chester Luiz Galvão Cesar
Ivan Gilberto Sandoval Falleiros
Mary Macedo de Camargo Neves Lafer
Sedi Hirano

Editora-assistente Carla Fernanda Fontana
Chefe Div. Téc. Editorial Cristiane Silvestrin



Polinizadores no Brasil

CONTRIBUIÇÃO E PERSPECTIVAS PARA A BIODIVERSIDADE,
USO SUSTENTÁVEL, CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS AMBIENTAIS

Vera Lucia Imperatriz-Fonseca

Dora Ann Lange Canhos

Denise de Araujo Alves

Antonio Mauro Saraiva

(ORGS.)



Copyright © 2012 by Organizadores

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e autoria, proibindo qualquer uso para fins comerciais.

Ficha Catalográfica elaborada pelo Departamento Técnico
do Sistema Integrado de Bibliotecas da USP

Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais / organizadores, Vera Lucia Imperatriz-Fonseca... [et al.]. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.
488 p.; 28 cm.

Inclui bibliografia.
Inclui lista de siglas.
Inclui fotos.
ISBN 978-85-314-1344-5

1. Polinizadores. 2. Segurança alimentar. 3. Serviços ambientais. 4. Biodiversidade. I. Imperatriz-Fonseca, Vera Lucia. II. Canhos, Dora Ann Lange. III. Alves, Denise de Araujo. IV. Saraiva, Antonio Mauro. V. Título: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais.

CDD 631.847
CDD 635.934

Direitos desta edição reservados à

Edusp – Editora da Universidade de São Paulo
Av. Corifeu de Azevedo Marques, 1975, térreo
05581-001 – Butantã – São Paulo – SP – Brasil
Divisão Comercial: Tel. (11) 3091-4008 / 3091-4150
SAC (11) 3091-2911 – Fax (11) 3091-4151
www.edusp.com.br – e-mail: edusp@usp.br

Printed in Brazil 2012
Foi feito o depósito legal

Apoio



Ao professor dr. Paulo Nogueira-Neto, que durante sua vida científica e pública tem escrito livros, formado alunos, promovido a plantação de bosques e a proteção de florestas e áreas naturais. Vem estimulando de todas as formas o uso sustentável e os serviços ambientais dos polinizadores. Participou da Comissão Brundtland, que cunhou a expressão “desenvolvimento sustentável”. Está intensamente ligado ao movimento ambientalista brasileiro, sendo um dos seus líderes mais respeitados.

Em suas pesquisas científicas, vem se dedicando ao estudo de abelhas sem ferrão, como criá-las, quais as plantas importantes que constituem recursos de nidificação e alimentares, qual o papel delas na polinização agrícola.

Durante a elaboração de *Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais*, dr. Paulo acompanhou as discussões que levaram à sua formalização, valorizando-as com seus conhecimentos e sua experiência.

A ele, nosso querido mestre, que vem sempre nos inspirando, dedicamos este trabalho.

Ao professor dr. César Ades, a nossa homenagem. Cientista renomado, deixa-nos a imagem do gestor eficiente e parceiro, com muita visão de futuro e compreensão dos problemas do presente. Como então Diretor do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, ele acolheu o projeto deste livro e apoiou seu desenvolvimento, pela contribuição que a iniciativa poderia oferecer para a implementação de políticas públicas com base no conhecimento científico.

Sumário

<i>Instituições Participantes</i>	11
<i>Equipe</i>	13
<i>Siglas</i>	15
<i>Prefácio: Polinizadores no Brasil</i>	19
Parte 1. Polinizadores e Polinização – um Tema Global	
1. Polinizadores e Polinização – um Tema Global.....	25
Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, Dora Ann Lange Canhos, Denise de Araujo Alves, Antonio Mauro Saraiva	
Parte 2. Polinizadores e Polinização no Brasil	
2. A Importância dos Polinizadores nos Biomas Brasileiros, Conhecimento Atual e Perspectivas Futuras para Conservação.....	49
Márcia Motta Maués, Isabela Galarda Varassin, Leandro Freitas, Isabel Cristina Sobreira Machado, Paulo Eugenio Alves Macedo de Oliveira	
3. A Polinização no Contexto da Paisagem: O que de Fato Sabemos e o que Precisamos Saber?.....	67
Blandina Felipe Viana, Danilo Boscolo, Eduardo Mariano Neto, Luciano Elsinor Lopes, Ariadna Valentina Lopes, Patrícia Alves Ferreira, Camila Magalhães Pigozzo, Luis Primo	
4. Polinização Agrícola e sua Importância no Brasil.....	103
Breno Magalhães Freitas, Patrícia Nunes-Silva	
5. Polinizadores Vertebrados: Uma Visão Geral para as Espécies Brasileiras.....	119
Silvana Buzato, Tereza Cristina Giannini, Isabel Cristina Machado, Marlies Sazima, Ivan Sazima	
6. Relações entre Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e Flores no Brasil – Panorama e Perspectivas de Uso de Polinizadores.....	143
Rubem Samuel de Avila Junior, Reislá Oliveira, Carlos Eduardo Pinto, Felipe Wanderley de Amorim, Clemens Schlindwein	

7. Besouros (Insecta, Coleoptera) como Polinizadores no Brasil – Perspectivas no Uso Sustentado e Conservação na Polinização..... 153
 Artur Campos Dália Maia, Airton Torres Carvalho, Hipólito Ferreira Paulino-Neto, Clemens Schindwein
8. Por que os Levantamentos de Abelhas Falham Quando se Trata de Entender suas Comunidades?..... 175
 Astrid de Matos Peixoto Kleinert, André Eterovic, Pêrsio de Souza Santos Filho

Parte 3. Abelhas como Polinizadores

9. As Abelhas Solitárias e Perspectivas para seu Uso na Polinização no Brasil..... 183
 Carlos Alberto Garófalo, Celso Feitosa Martins, Cândida Maria Lima de Aguiar, Marco Antonio Del Lama, Isabel Alves-dos-Santos
10. Perspectivas e Desafios para o Uso das Abelhas *Apis mellifera* como Polinizadores no Brasil.....203
 Michelle Manfrini Morais, David De Jong, Dejair Message, Lionel Segui Gonçalves
11. Meliponicultura no Brasil: Situação Atual e Perspectivas Futuras para o Uso na Polinização Agrícola..... 213
 Giorgio Cristino Venturieri, Denise de Araujo Alves, Jerônimo Kahn Villas-Bôas, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, Cristiano Menezes, Ayrton Vollet-Neto, Felipe Andrés Leon Contrera, Marilda Cortopassi-Laurino, Paulo Nogueira-Neto, Vera Lucia Imperatriz-Fonseca
12. Situação da Sanidade das Abelhas no Brasil.....237
 Dejair Message, Érica Weinstein Teixeira, David De Jong
13. As Abelhas e os Defensivos Agrícolas.....257
 Roberta Cornélio Ferreira Nocelli, Osmar Malaspina, Stephan Malfitano Carvalho, Clara Tavares Lourenço, Thaisa Cristina Roat, Andriago Monroe Pereira, Elaine Cristina Mathias da Silva-Zacarin

Parte 4. Ferramentas para Uso e Conservação de Polinizadores

14. O Impedimento Taxonômico no Brasil e o Desenvolvimento de Ferramentas Auxiliares para Identificação de Espécies.....273
 Favízia Freitas de Oliveira, Tiago Mauricio Franco, Thiago Mahlmann, Astrid de Matos Peixoto Kleinert, Dora Ann Lange Canhos
15. Construção de Cenários Futuros para o Uso e Conservação de Polinizadores....301
 Tereza Cristina Giannini, André Luis Acosta, Antonio Mauro Saraiva, Isabel Alves-dos-Santos, Paulo de Marco Junior
16. *Bombus terrestris* na América do Sul: Possíveis Rotas de Invasão deste Polinizador Exótico até o Brasil..... 315
 Antonio Mauro Saraiva, André Luis Acosta, Tereza Cristina Giannini, Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, Paulo de Marco Junior

17. Impacto de Mudanças Climáticas em Abelhas Solitárias: Um Estudo de Caso Envolvendo Duas Espécies de <i>Centris</i>	335
Tereza Cristina Giannini, André Luis Acosta, Antonio Mauro Saraiva, Isabel Alves-dos-Santos, Carlos Alberto Garófalo	
18. Influência das Alterações Climáticas sobre a Distribuição de Algumas Espécies de <i>Melipona</i> no Brasil.....	349
Antonio Mauro Saraiva, André Luis Acosta, Tereza Cristina Giannini, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, Rogério Marcos de Oliveira Alves, Murilo Sérgio Drummond, Betina Blochtein, Sidia Witter, Isabel Alves-dos-Santos, Vera Lucia Imperatriz-Fonseca	
19. Monitorando a Fauna de Abelhas Polinizadoras.....	361
Isabel Alves-dos-Santos, Mardiore Pinheiro, Guaraci Duran Cordeiro, Cristiane Krug, Maria Cristina Gaglianone	
20. O Uso da Palinologia como Ferramenta em Estudos sobre Ecologia e Conservação de Polinizadores no Brasil.....	369
Cláudia Inês da Silva, Camila Maia-Silva, Francisco de Assis Ribeiro dos Santos, Soraia Girardi Bauermann	
21. Sistemas de Informação e Ferramentas Computacionais para Pesquisa, Educação e Disseminação do Conhecimento sobre Polinizadores.....	385
Antonio Mauro Saraiva, Dora Ann Lange Canhos	
Parte 5. Polinizadores, Políticas Públicas e Propostas de Estratégias de Ação	
22. Polinizadores e Políticas Públicas.....	435
Helio Jorge da Cunha, Marina Crespo Pinto Pimentel Landeiro	
23. Proposta de Estratégia e Ações para Conservação e Uso Sustentável dos Polinizadores no Brasil.....	463
Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, Dora Ann Lange Canhos, Antonio Mauro Saraiva	
Sobre os Autores	479
Créditos das Imagens	485

Instituições participantes

APTA/SAA-SP	Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Vale do Paraíba (SP)
Cria	Centro de Referência em Informação Ambiental (SP)
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (AM, PA)
Fepagro	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (RS)
Funbio	Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Brasília)
IFBaiano	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (BA)
JBRJ	Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RJ)
PUC	Pontifícia Universidade Católica (RS)
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana (BA)
Uenf	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (RJ)
UFBA	Universidade Federal da Bahia (BA)
UFABC	Universidade Federal do ABC (SP)
UFC	Universidade Federal do Ceará (CE)
Ufersa	Universidade Federal Rural do Semiárido (RN)
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul (SC)
UFG	Universidade Federal de Goiás (GO)
UFMA	Universidade Federal do Maranhão (MA)
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais (MG)
Ufop	Universidade Federal de Ouro Preto (MG)
UFPA	Universidade Federal do Pará (PA)
UFPB	Universidade Federal da Paraíba (PB)
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco (PE)
UFPR	Universidade Federal do Paraná (PR)
UFRB	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (BA)
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina (SC)

UFSCar	Universidade Federal de São Carlos (SP)
UFU	Universidade Federal de Uberlândia (MG)
UFV	Universidade Federal de Viçosa (MG)
Ulbra	Universidade Luterana do Brasil (RS)
Unesp	Universidade Estadual Paulista (SP)
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas (SP)
Unifesp	Universidade Federal de São Paulo (SP)
Unijorge	Centro Universitário Jorge Amado (BA)
Unipampa	Universidade Federal do Pampa (RS)
USP	Universidade de São Paulo (SP)

Equipe

COORDENAÇÃO

Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, USP e Ufersa

VICE-COORDENAÇÃO

Antonio Mauro Saraiva, USP

Denise de Araujo Alves, USP

Dora Ann Lange Canhos, Cria

PARTICIPANTES

Ademílson Espencer Egea Soares, USP

Afonso Inácio Orth, UFSC

Airton Torres Carvalho, UFPB

André Eterovic, UFABC

André Luís Acosta, USP

Andrigo Monroe Pereira, Unesp

Antonio Mauro Saraiva, USP

Ariadna Valentina Lopes, UFPE

Artur Campos Dália Maia, UFPB

Astrid de Matos Peixoto Kleinert, USP

Ayrton Vollet-Neto, USP

Betina Blochtein, PUC

Blandina Felipe Viana, UFBA

Breno Magalhães Freitas, UFC

Camila Magalhães Pigozzo, Unijorge

Camila Maia-Silva, USP

Cândida Maria Lima Aguiar, UEFS

Carlos Alberto Garófalo, USP

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, UFRB

Carlos Eduardo Pinto, USP

Celso Feitosa Martins, UFPB

Clara Tavares Lourenço, UFSCar

Cláudia Inês da Silva, USP

Clemens Schlindwein, UFMG

Cristiane Krug, Embrapa

Cristiano Menezes, Embrapa

Danilo Boscolo, Unifesp

David de Jong, USP

Dejair Message, UFV e APTA/SAA-SP

Denise de Araujo Alves, USP

Dora Ann Lange Canhos, Cria

Eduardo Mariano Neto, UFBA

Elaine C. M. da Silva-Zacarin, UFSCar

Érica Weinstein Teixeira, APTA/SAA-SP

Favízia Freitas de Oliveira, UFBA

Felipe Andrés Leon Contrera, UFPA

Felipe Wanderley de Amorim, Unicamp

Francisco de Assis Ribeiro dos Santos, UEFS

Giorgio Cristino Venturieri, Embrapa

Guaraci Duran Cordeiro, USP

Helio Jorge da Cunha, Funbio

Hipólito Ferreira Paulino-Neto, USP

Isabel Alves dos Santos, USP

Isabel Cristina Sobreira Machado, UFPE

Isabela Galarda Varassin, UFPR

Ivan Sazima, Unicamp

Jerônimo Kahn Villas-Bôas, UFPB

Leandro Freitas, JBRJ

Lionel Segui Gonçalves, USP e Ufersa

Luciano Elsinor Lopes, UFSCar

Lucio Antonio de Oliveira Campos, UFV

Luis Primo, UFBA

Márcia de Fátima Ribeiro, Embrapa

Márcia Maria Corrêa Rêgo, UFMA

Márcia Motta Maués, Embrapa

Marco Antônio Del Lama, UFSCar

Mardiore Pinheiro, UFFS

Maria Cristina Gaglianone, Uenf

Marilda Cortopassi-Laurino, USP

Marina C. P. Pimentel Landeiro, CNPq

Marina Siqueira de Castro, EBDA e UEFS

Marlies Sazima, Unicamp

Michelle Manfrini Morais, Unifesp
Murilo Sergio Drummond, UFMA
Osmar Malaspina, Unesp
Patrícia Alves Ferreira, UFBA
Patrícia Nunes-Silva, Ufersa
Paulo de Marco Júnior, UFG
Paulo Eugênio Oliveira, UFU
Paulo Nogueira Neto, USP
Pérsio de Souza Santos Filho, USP
Reisla Silva de Oliveira, Ufop
Renato Bochicchio, UFPR
Roberta Cornélio Ferreira Nocelli, UFSCar

Rogério Marcos de Oliveira Alves, IFBaiano
Rubem Samuel de Avila Jr., Unipampa
Sídia Witter, Fepagro
Silvana Buzato, USP
Soraia Girardi Bauermann, Ulbra
Stephan Malfitano Carvalho, Unesp
Tereza Cristina Giannini, USP
Thaís Cristina Roat, Unesp
Thiago Mahlmann, UFBA
Tiago Mauricio Franco, USP
Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, USP e Ufersa

Siglas

ABC	Academia Brasileira de Ciências
ABIS	Automatic Bee Identification System
AES	Agri Environmental Schemes
AglUE	Agricultural Land Use and Expansion Model
AHB	Africanized Honey Bee
ALA	Atlas of Living Australia
ALARM	Assessing Large scale Risks for biodiversity with tested Methods
API	African Pollinator Initiative
APP	Áreas de Preservação Permanente
APV	Acute Paralysis
ARS	Agricultural Research Service
AToL	Assembling the Tree of Life
BHL	Biodiversity Heritage Library
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CATE	Creating A Taxonomic E-Science
CBD	Convention on Biological Diversity
CBOL	Consortium for the Barcode Of Life
CCCMA	Canadian Center for Climate Modelling and Analysis
CCD	Colony Collapse Disorder
CE	Comunidade Europeia
Ciat	International Centre for Tropical Agriculture
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP	Conference Of Parties
Cria	Centro de Referência em Informação Ambiental

DL	Discover Life
DWV	Deform Wing Virus
EDIT	European Distributed Institute of Taxonomy
EOL	Encyclopedia of Life
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAP	Fundação de Amparo à Pesquisa
Funbio	Fundo Brasileiro para a Biodiversidade
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GEF	Global Environment Facilities
Geopam	Georreferenciamento em larga escala de Populações de Abelhas Meliponina
HVFF	Herbário Virtual da Flora e dos Fungos
IABIN	Inter American Biodiversity Information Network
IAN	Instituto de Abelhas Nativas
IAPV	Israeli Acute Paralysis Virus
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBP	Iniciativa Brasileira de Polinizadores
ICPBR	Comissão Internacional das Relações Abelha-Planta
IMOSEB	International Mechanism on Scientific Expertise on Biodiversity
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
Inpa	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPBES	Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPI	International Pollinators Initiative
IUCN	International Union for Conservation of Nature
Mapa	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NAPPC	North American Pollinator Protection Campaign
NIFA	National Institute of Food and Agriculture
NRC	National Research Council
NSF	National Science Foundation
OEA	Organização dos Estados Americanos
OECD	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas

OPI	The Oceania Pollinator Initiative
PBI	Planetary Biodiversity Inventory
PDF B	Project Development Facility phase B
PEET	Partnerships to Enhance Expertise in Taxonomy
Pnuma	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
Probio	Projeto nacional de ações integradas público-privadas para a Biodiversidade
Pronaf	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
Protax	Programa de capacitação em Taxonomia
PTN	Pollinators Thematic Network
Repol	Rede baiana dos Polinizadores
REVSYS	Revisionary Syntheses in Systematics
Riispoa	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal
RL	Reserva Legal
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero de Chile
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SinBiota	Programa Biota
STEP	Status and Trends of European Pollinators
TDWG	Taxonomic Database Working Group
TEEB	The Economics of Ecosystem and Biodiversity
TI	Tecnologia da Informação
TRIN	Taxonomic Research and Information Network
TLWP	Tree of Life Web Project
UNEP	United Nations Environment Programme
USDA	United States Department of Agriculture
WWF	World Wildlife Fund

Prefácio: Polinizadores no Brasil

CONTRIBUIÇÃO E PERSPECTIVAS PARA A BIODIVERSIDADE,
USO SUSTENTÁVEL, CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS AMBIENTAIS

O grupo de estudos de Serviços Ambientais do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo foi criado pelo seu diretor, dr. César Ades, com o objetivo de iniciar os seus trabalhos focalizando o tema “Polinizadores no Brasil e serviços ambientais”, sob a coordenação de Vera Lucia Imperatriz-Fonseca. Com um projeto-encomenda do CTAGRO/CNPq (processo 575069/2008-2), para tratar desse tema, reunimos 85 pesquisadores de 38 instituições científicas, localizadas em dezesseis estados brasileiros, especializados em áreas correlatas a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais de polinizadores. O objetivo deste estudo era saber qual a situação dos polinizadores do Brasil, qual o impacto deles na agricultura, na biodiversidade e no agronegócio.

A avaliação recente publicada na América do Norte sobre o declínio dos polinizadores e seus impactos na agricultura local (*Status of Pollinators in North America*, 2007) foi seguida de um quadro drástico de diminuição de agentes polinizadores causado pela síndrome do desaparecimento das abelhas. O número de colônias de *Apis mellifera* desde então tem diminuído cerca de 30% ao ano nos Estados Unidos, e a falta de polinizadores para a agricultura preocupa a todos. Nas políticas públicas norte-americanas, vários programas foram implementados para tratar desta questão e de suas consequências para a economia e a agricultura.

Uma série de contribuições científicas no mundo todo foi feita sobre o tema, esclarecendo dúvidas, complementando informações, sugerindo soluções e abrindo novas possibilidades com relação a ferramentas de trabalho, utilização de polinizadores alternativos, papel econômico deste serviço ambiental (estimado por Gallai *et al.*, 2009, como sendo 9,5% do valor da agricultura global em 2007). Uma surpresa foi verificar que grande parte da polinização, necessária para a produção de sementes, frutas e verduras, que atua em 87,5% das plantas com flores (Ollerton *et al.*, 2011), depende de polinizadores bióticos.

Aqui, apresentamos um extenso volume que se inicia com a conservação de biomas e as síndromes de polinização e polinizadores vertebrados, com uma lista inédita destes reunida por especialistas brasileiros. Falamos da polinização no contexto da paisagem, da polinização na agricultura, dos outros polinizadores, como

coleópteros e esfingídeos. A seguir, nos concentramos nas abelhas, os polinizadores mais manejados para a agricultura, que precisamos conhecer melhor e criar. Contudo, há problemas para o uso sustentado de polinizadores, já que sabemos pouco sobre os efeitos dos defensivos agrícolas ou mesmo sobre a resistência deles a diferentes patógenos e parasitas. Aliás, não conhecemos a maioria dos nossos polinizadores, não os estudamos ainda. Não há exemplares nos museus, que são hoje fontes de informações muito úteis, inclusive para modelagem ecológica.

Tratamos também de modelagem climática. Fizemos um resumo do que conhecemos sobre ela, e apresentamos três estudos de caso construídos especialmente para este trabalho: quais os cenários futuros para 2050 e 2080 para polinizadores importantes, de hábitos solitários, do gênero *Centris*, para abelhas nativas do gênero *Melipona* e para as abelhas invasoras *Bombus terrestris*, que se encontram livres na natureza em território argentino, com sugestões de monitoramento e discussão sobre procedimentos no Brasil a respeito dessa provável invasão.

A ferramenta computacional e a utilização de redes foi discutida aqui, com sua abrangência. Dependemos muito de padrões e dos esforços já efetivados no Brasil nessa área, em contínuo desenvolvimento, assim como da implementação de coleções biológicas sobre polinizadores. Por fim, fizemos uma análise de pontos fortes e fracos em todos os capítulos deste volume e uma proposta de estratégia de desenvolvimento da área, com o envolvimento de todos os participantes.

Não esgotamos o assunto, mas houve uma mobilização da comunidade de estudos sobre abelhas e polinizadores do Brasil em torno do tema. Alguns dos grupos convidados a participar não puderam concluir sua contribuição. Os que o fizeram prepararam o capítulo em linguagem simples, acessível ao público, para ser utilizado como o primeiro documento síntese em português sobre polinizadores no Brasil, assunto que desperta interesse crescente.

O apoio institucional recebido do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo foi fundamental para a execução deste projeto. Agradecemos ao seu então diretor, prof. dr. César Ades, e a todos da equipe competente deste Instituto que colaboraram conosco.

Um agradecimento especial para o prof. dr. José Oswaldo Siqueira e ao Fundo Setorial do Agronegócio pelo convite para a realização desta avaliação sobre os *Polinizadores no Brasil*; à equipe do CNPq, em nome da dra. Maria Auxiliadora da Silveira, que muito nos apoiou; aos colegas que tanto se empenharam com seu apoio técnico para compor este volume (André L. Acosta, Cláudia I. Silva, Denise A. Alves, Dirk Koedam, Kátia P. Aleixo, Ricardo C. Oliveira e Sergio D. Hilário).

Muitos pesquisadores e suas respectivas instituições contribuíram para a realização deste trabalho. O projeto temático Biota-Fapesp *Biodiversidade e Uso Sustentado de Polinizadores, com Ênfase em Abelhas*, nos deu as diretrizes para a coordenação deste projeto. A comunidade científica já estava envolvida pela Iniciativa

Brasileira de Polinizadores, de modo que apresentar neste momento o estado da arte dos polinizadores no Brasil foi uma tarefa oportuna.

Agradecemos também a Inês Maria de Moraes Imperatriz, a Tarcila Filomena Lucena, a Tereza Cristina Giannini e a Dalva Maria S. Molnar, pelas sugestões pertinentes e pelo auxílio contínuo no decorrer do projeto.

A todos, e às agências de fomento à pesquisa que nos apoiam nas atividades ligadas aos polinizadores, o nosso agradecimento especial.

OS ORGANIZADORES



PARTE 1

Polinizadores e Polinização –
um Tema Global



1. Polinizadores e Polinização – um Tema Global

Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, Dora Ann Lange Canhos,
Denise de Araujo Alves, Antonio Mauro Saraiva

A IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DOS POLINIZADORES

Qual é a dependência das plantas com flores de agentes biológicos para sua polinização? Ollerton *et al.* (2011) avaliaram os dados da literatura e responderam a essa importante questão: 87,5% das espécies de plantas com flores conhecidas dependem, em algum momento, de animais polinizadores. No entanto, na agricultura, o homem utiliza menos de 0,1% dessas espécies.

O papel funcional dos serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores é fundamental na manutenção da biodiversidade e da composição florística (Biesmeijer *et al.*, 2006; Potts *et al.*, 2010) e a sua conservação é de valor incalculável, pois atua na base da cadeia alimentar dos biomas. Sem polinizadores muitas plantas não se reproduzem nem produzem sementes, e as populações que delas dependem também declinam. Cerca de 75% da alimentação humana depende direta ou indiretamente de plantas polinizadas ou beneficiadas pela polinização animal (Klein *et al.*, 2007). Por isso, mesmo quando estudamos uma espécie de polinizador (generalista, espécie chave, endêmica) em um bioma, ela está de tal modo relacionada com as espécies de plantas locais, sendo fundamental para o funcionamento desse bioma. O seu papel também pode ser avaliado por meio da Ecologia das Interações e da Modelagem Ecológica (Giannini *et al.*, 2011).

Há muito tempo a ação dos polinizadores é conhecida e considerada como um elemento chave da produção agrícola e da conservação ambiental. Os estudos relacionados ao tema desenvolveram-se muito no século passado, mas de modo independente e com a finalidade de ampliar a base de conhecimento.

Para usar abelhas na agricultura, precisamos de espécies com ampla distribuição geográfica cujo manejo e multiplicação de ninhos sejam conhecidos. *Apis mellifera*, a abelha do mel, é apontada como o polinizador de importância agrícola mais utilizado no mundo, por ser uma espécie generalista (coleta alimento em grande variedade de flores), com muitas operárias por ninho que comunicam umas às outras as fontes de alimento disponíveis. Ocorre em todo o globo, sendo nativa na Europa, na África e em parte da Ásia e introduzida nas Américas e na

Austrália por colonizadores, que a consideravam doméstica. Entretanto, a razão de sua enorme utilização pelo homem, e o desenvolvimento da apicultura, como é denominada a sua criação, tem sido a produção de mel, um produto muito valioso. Embora em 2007, o valor global do mel exportado tenha sido de 1,25 bilhão de dólares (Van Engelsdorp *et al.*, 2010), a sua importância econômica foi muito inferior ao valor dos serviços ecossistêmicos da polinização, que foi de 212 bilhões de dólares (Gallai *et al.*, 2009; Potts *et al.*, 2010).

O uso de abelhas como polinizadores de importância agrícola foi muito incrementado, no século XX, na América do Norte (especialmente nos Estados Unidos e no Canadá), onde a prática da agricultura em áreas extensas estava em desenvolvimento. O livro de McGregor (1976), constantemente atualizado em versão eletrônica, exemplifica bem esse conhecimento e suas aplicações. Também na América do Norte surgiram os estudos para viabilizar o uso de abelhas solitárias como polinizadores agrícolas, destacando *Megachile rotundata*, para a polinização da alfafa (Pitts-Singer e Cane, 2011), e *Osmia cornifrons*, para a polinização de maçã e amêndoas nos Estados Unidos. *O. lignaria* é a nova candidata à criação comercial nos Estados Unidos (Bosch e Kemp, 2001) e *Nomia melanderi* foi usada comercialmente para polinização de alfafa nos Estados Unidos e na Nova Zelândia.

Na Europa, a primeira contribuição científica para reunir o conhecimento sobre a utilização de polinizadores na agricultura em um único volume foi a de Free (1970). A grande mudança para a utilização de novos polinizadores foi realizada na Holanda e na Bélgica, com a implantação das grandes companhias de criação em larga escala das mamangavas (*Bombus* spp.), polinizadores eficientes de culturas agrícolas mantidas em ambientes protegidos (estufas, casas de vegetação). A atividade comercial teve início em 1987, com a criação e multiplicação de colônias dessas abelhas em laboratório. Além disso, essas companhias inovaram com a implantação de serviço de entrega dos ninhos diretamente aos agricultores e tiveram sucesso crescente com a venda de cerca de um milhão de colônias de abelhas *B. terrestris* apenas no ano de 2004 (Velthuis e van Doorn, 2006). Entretanto, essa indústria também encontra problemas de sustentabilidade, como a dependência do pólen coletado por abelhas *A. mellifera* para manter a criação das diversas colônias de *Bombus*, além de alguns problemas “éticos”, uma vez que muitos países consideram indesejável a introdução de polinizadores exóticos (para uma síntese, ver Saraiva *et al.*, neste volume). Embora *B. terrestris* tenha sido introduzida em vários países para ser usada na polinização de culturas agrícolas em estufas, sua dispersão para outros ambientes ocorreu. Essa dispersão deu origem a estudos específicos (Dafni *et al.*, 2010; Goulson, 2010) e aos *white papers* (considerações em cartas abertas) sobre as consequências ecológicas da liberação no meio ambiente de polinizadores importados para uso em ambientes protegidos.

As outras espécies de abelhas sociais que têm grande potencial como agentes polinizadores de culturas agrícolas são as abelhas sem ferrão, os Meliponini (Heard, 1999; Castro *et al.*, 2006; Slaa *et al.*, 2006). Esse é um grupo de abelhas sociais mais diverso, distribuído nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Apenas nas Américas tropicais e subtropicais são conhecidas cerca de quatrocentas espécies (Camargo e Pedro, 2007). As abelhas sem ferrão polinizam culturas economicamente importantes, e muitas podem fazer polinização por vibração (Nunes-Silva *et al.*, 2010), com a mesma eficiência que as abelhas *Bombus* criadas em companhias de polinizadores no exterior (Nunes-Silva, 2011). Além disso, elas são polinizadoras nativas de grande valor ecológico, com potencialidade para enorme valoração econômica. A recomendação de privilegiarmos os polinizadores nativos e sua criação também está baseada nas questões de variabilidade genética das populações locais e as possíveis adaptações regionais, uma riqueza de valor inestimável.

A ECONOMIA DA POLINIZAÇÃO

A importância econômica das abelhas como polinizadoras de plantas que servem como alimento para o homem (também baseadas em Klein *et al.*, 2007) foi demonstrada por Gallai *et al.* (2009), assim como a vulnerabilidade da produção de alimento ao declínio de polinizadores no mundo. O valor econômico anual total da polinização calculado por esses autores é de cerca de 153 bilhões de euros, que representam 9,5% do valor da produção agrícola mundial usada como alimentação humana em 2005. As verduras e frutas lideram as categorias de alimento que necessitam de insetos para polinização (50 bilhões de euros para cada um deles). Seguem as culturas oleaginosas, estimulantes, amêndoas e especiarias. Os mesmos autores calcularam que, em média, o valor das culturas que não dependem da polinização por insetos é de 151 bilhões de euros por ano, enquanto o das que dependem da polinização é de 761 bilhões. Estimaram que o declínio de polinizadores pode ter como consequência a redução da produção de frutas, verduras e estimulantes (como café, por exemplo) para números abaixo do necessário para o consumo atual se pensarmos numa escala global. Segundo Gallai *et al.* (2009), para que esta situação possa ser considerada um cenário, é necessário que sejam introduzidas as respostas estratégicas dos mercados.

AMEAÇAS GLOBAIS AO USO E À CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES

Ações antrópicas, como a fragmentação de habitats e o uso indiscriminado de pesticidas, causam declínio na população de polinizadores (Biesmeijer *et al.*, 2006). Entretanto, são as mudanças climáticas globais que ameaçam a distribuição das espécies, as interações entre elas, afetando os serviços ecossistêmicos da polinização e a distribuição das culturas agrícolas. Estudos nesse sentido foram realizados recentemente no Brasil, focalizando o efeito das alterações climáticas previstas para os próximos quarenta anos, por exemplo, na agricultura, e seu grande impacto econômico (Assad e Pinto, 2008). A modelagem de espécies em relação a diferentes cenários climáticos é uma importante ferramenta de análise e de suporte para decisões relativas ao planejamento futuro para o agronegócio e para a conservação ambiental.

Mudanças bruscas de temperatura também alteram ciclos biológicos e extensão de áreas favoráveis à dispersão de espécies de polinizadores. Por isso, uma possível solução, que está em discussão global no momento, é a possibilidade de migração assistida de espécies, colonização assistida e relocação manejada. Essas possibilidades pressupõem conhecimento biológico de sobrevivência de pequenas populações de polinizadores, dados genéticos somente obtidos por ferramentas moleculares, de conhecimento das relações plantas-polinizadores e de dietas para polinizadores e melhoramentos genéticos para sobrevivência nas novas condições climáticas. Há uma urgência de pesquisas básicas e aplicadas para conhecermos as respostas locais a essas questões globais.

AS CONSEQUÊNCIAS ECOLÓGICAS DO DECLÍNIO DOS POLINIZADORES

As abelhas estão entre os polinizadores mais utilizados na agricultura. Pelo seu sistema haplodiploide de determinação de sexo, sabemos que a pequena variabilidade genética leva à produção de machos diploides (Zayed, 2009; Alves *et al.*, 2011) e ao declínio das populações.

O declínio de populações de abelhas *Bombus* tem sido documentado na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos para algumas espécies (Goulson *et al.*, 2008). A utilização de ferramentas moleculares na análise comparativa de exemplares mantidos em coleções biológicas e os coletados recentemente é de grande importância para a conservação e manejo dessas abelhas (Darvill *et al.*, 2006; Lozier e Cameron, 2009; Cameron *et al.*, 2011). Um amplo estudo realizado nos Estados Unidos mostrou o declínio de quatro espécies de *Bombus* e a relação dessas populações em

declínio com uma maior contaminação com patógenos, um dado novo e preocupante (Cameron *et al.*, 2011).

O DECLÍNIO DE POLINIZADORES E A INICIATIVA INTERNACIONAL DOS POLINIZADORES

O declínio das abelhas *Apis* no Hemisfério Norte, causado por ação de patógenos, em especial do ácaro *Varroa destructor*, a partir da década de 1970, foi um alerta importante para pesquisadores e tomadores de decisão. Como o número de colônias de *A. mellifera* disponível para a polinização de culturas estava declinando muito rapidamente, foi necessário proteger os polinizadores e principalmente ampliar, regionalmente, o número de espécies nativas criadas em larga escala para aumentar o rendimento agrícola. O livro *The Forgotten Pollinators* (Buchmann *et al.*, 1996), escrito para o grande público, foi um grande suporte para a divulgação do tema nos Estados Unidos. A ação de ONGs foi outro suporte de extrema importância, destacando-se aqui a NAPPC (North American Pollinator Protection Campaign – Campanha Norte-Americana de Proteção aos Polinizadores) e a IUCN (International Union for Conservation of Nature – União Internacional para a Conservação da Natureza). O tema cresceu em importância também na pesquisa, com publicações em números temáticos de periódicos de destaque e envolvimento de grupos de excelência acadêmica na investigação científica.

Uma ação decisiva para aprofundar o conhecimento sobre os polinizadores foi, sem dúvida, o estabelecimento da Convenção da Diversidade Biológica (CBD), criada na ONU como consequência da crescente conscientização sobre o desenvolvimento sustentável (Byrne e Fitzpatrick, 2009). A CBD, ratificada na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro em 1992, agregou naquele momento 175 países, sendo que atualmente há 193 países signatários. Esses analisam propostas específicas relacionadas à biodiversidade, estabelecem metas e aprovam linhas de financiamento para os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento através do Global Environmental Facility (Fundo Mundial para o Ambiente, GEF), que atua como mecanismo financeiro da CBD.

Em 1996, por iniciativa do governo brasileiro, a CBD propôs a análise do tema “polinizadores”, para avaliar se lhes caberia um programa especial na convenção. Para estudar a formulação de um programa global de proteção e uso sustentável de polinizadores, em 1998 foi realizado em São Paulo o *workshop Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees*, reunindo 61 especialistas de quinze países. O documento resultante desta reunião foi chamado de “Declaração de São Paulo sobre os Polinizadores”¹ (Dias *et al.*, 1999; Kevan e

1. <<http://www.cbd.int/doc/ref/agr-pollinator-rpt.pdf>>

Imperatriz-Fonseca, 2006). Essa declaração, submetida à CBD, foi aprovada na V Conferência das Partes da CBD (COP5), realizada em Nairóbi em 2000, na sessão de diversidade agrícola². Nessa ocasião, foi criada a Iniciativa Internacional para o Uso Sustentado e Conservação dos Polinizadores (também conhecida como International Pollinator Initiative – IPI), que deveria promover ações coordenadas com o objetivo de:

1. monitorar o declínio de polinizadores, suas causas e seu impacto nos serviços de polinização;
2. tratar da falta de informações taxonômicas sobre polinizadores;
3. medir o valor econômico da polinização e o impacto econômico do declínio dos serviços de polinização;
4. promover a conservação, a restauração e o uso sustentável da diversidade de polinizadores na agricultura e em ecossistemas relacionados.

Várias questões adicionais precisavam de respostas objetivas e rápidas, entre elas qual seria realmente a dependência do homem desses serviços prestados pelos polinizadores. A comunidade científica internacional passou a responder pontualmente às dúvidas mencionadas na literatura sobre a pertinência deste programa (questionado por Ghazoul, 2005), realizando meta-análises a partir dos bancos de dados existentes na FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) sobre a exportação de alimentos e o conhecimento científico de que dispunham para essa tarefa. Além disso, programas para atender às demandas da COP5 foram estabelecidos nos vários continentes, como comentado a seguir.

AS INICIATIVAS DE POLINIZADORES NO MUNDO

A Iniciativa Europeia de Polinizadores

A Comunidade Europeia (CE) tratou o tema “polinizadores” de diferentes formas, seja na pesquisa, nas políticas públicas e nas avaliações econômicas. Na pesquisa, o planejamento foi para dez anos, em duas etapas. Na primeira delas, com o programa Alarm (Assessing Large scale Risks for biodiversity with tested Methods) para os primeiros cinco anos e o Step (Status and Trends of European Pollinators) para os cinco anos subsequentes. O Alarm teve os seguintes objetivos para seu módulo de polinizadores:

- quantificar as tendências de distribuição dos principais agentes polinizadores na Europa;

2. <<http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7147>>

- medir a biodiversidade e os riscos econômicos associados à perda dos serviços de polinização nos sistemas agrícolas e naturais, através do desenvolvimento e da aplicação de ferramentas padronizadas e de protocolos;
- determinar a importância relativa, individual e combinada, da perda de polinizadores (uso da terra, mudanças globais, pesticidas, fatores socioeconômicos);
- desenvolver modelos preditivos para a perda de polinizadores e riscos decorrentes dessa perda.

Iniciado em 2010, o Step é a segunda parte do projeto da CE. Dentre os principais objetivos estão:

- avaliar o estado atual e as tendências dos polinizadores na Europa;
- quantificar a importância relativa dos agentes de mudanças nas populações de polinizadores, como mudanças globais, perda de habitats, fragmentação, agroquímicos, patógenos, espécies invasoras, poluição e a interação entre eles;
- identificar estratégias de mitigação e instrumentos pertinentes de política;
- divulgar os resultados para uma ampla gama de interessados.

Esses objetivos gerais são apoiados por sete objetivos específicos que refletem o programa de trabalho global do Step:

- documentar o estado e as tendências de polinizadores (as abelhas manejadas e silvestres e as moscas antófilas) e de populações de plantas polinizadas por animais;
- determinar e analisar as múltiplas pressões que estão gerando mudanças nos polinizadores e plantas polinizadas por animais em diferentes escalas no contexto da paisagem de toda a Europa;
- avaliar o impacto das mudanças nas populações de polinizadores sobre as comunidades de plantas silvestres e cultivadas, bem como o impacto de mudanças dos recursos florais nas populações de polinizadores;
- avaliar e sintetizar as estratégias para minimizar os impactos das mudanças nos animais polinizadores e plantas polinizadas por eles;
- avaliar como várias forças motrizes afetam animais polinizadores e as plantas polinizadas por eles, tanto em micro quanto em macroescalas, tendo o foco em testes empíricos e em observações;
- analisar e melhorar a interface entre o conhecimento científico, baseado em instrumentos de avaliação de polinizadores, e as políticas públicas, a fim de reduzir a perda de polinizadores e/ou polinização e atenuar os seus efeitos;
- desenvolver comunicação e vínculos educacionais sobre a importância das mudanças globais recentes sobre os polinizadores, as principais forças motrizes, os impactos das mudanças de polinizadores e as estratégias de mitigação através da disseminação da informação.

O programa científico da CE contou com a participação de 85 instituições e apresentou um enorme avanço nas bases de conhecimento. Seus resultados têm sido implementados em outras áreas de gerência de recursos ligadas à agricultura e à manutenção da biodiversidade (AES, Agri Environmental Schemes). Esse é um programa da União Europeia (UE), sob a chancela da Política Agrícola Comum, que atua em 25% das fazendas nos quinze países mais antigos da UE. Oferece aos beneficiários muitas opções nas quais são recompensados financeiramente, o que inclui a restauração de habitats nas chamadas “zonas-tampão”, limites às áreas plantadas, ou o incentivo para utilizar de modo menos intensivo as áreas cultiváveis. Em 2003, os recursos financeiros aplicados foram cerca de 3,7 bilhões de euros. Os resultados até o momento têm mostrado avanços significativos na restauração das populações de polinizadores (Winfrey *et al.*, 2009).

A Iniciativa dos Polinizadores da América do Norte

Para a América do Norte, a Iniciativa de Polinizadores estabeleceu ações nos três países, Canadá, Estados Unidos e México. O documento “*Status dos Polinizadores na América do Norte*” foi planejado para mostrar, aos tomadores de decisão e ao grande público, a importância dos polinizadores para a produção agrícola norte-americana, além de oferecer recomendações aos órgãos governamentais de financiamento de programas e apoios especiais à pesquisa nessa área. Cabe ressaltar que a polinização realizada por abelhas manejadas já era prática agrícola antiga nos Estados Unidos, e seu impacto econômico já havia sido estimado em várias ocasiões. A maior preocupação era de que essa agricultura eficiente se baseava principalmente em um único polinizador (*A. mellifera*), e que o número de ninhos manejados nos Estados Unidos declinara, em 61 anos (entre 1947 e 2008), de 5,9 milhões para 2,4 milhões (NRC, 2006). O relatório *Status of Pollinators in North America*, preparado pela Academia de Ciências dos Estados Unidos em 2006, recomendou as seguintes ações:

- O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) deve estabelecer levantamentos dos animais polinizadores para muitas culturas agrícolas na América do Norte para identificar as contribuições das espécies silvestres na polinização agrícola.
- Para tratar do impedimento taxonômico na avaliação do *status* dos polinizadores, o Serviço de Pesquisa Agrícola do USDA (ARS, Agricultural Research Service) deve expandir a pesquisa básica em sistemática e taxonomia e desenvolver ferramentas para identificação rápida.
- O U.S. Geological Survey, o Fish and Wildlife Service e outras agências responsáveis pela proteção de recursos naturais devem estabelecer levantamentos para descobrir os polinizadores de espécies de plantas raras, ameaçadas ou em perigo de extinção.

- O governo federal deve estabelecer uma rede interligada de projetos de monitoramento de polinizadores a longo prazo, usando metodologias padronizadas com interpretação conjunta de dados em colaboração com o Canadá e o México. Uma avaliação rápida, *online*, do *status* atual de polinizadores silvestres da América do Norte, para estabelecer uma base de dados para monitoramento a longo prazo, é um objetivo inicial.
- A National Science Foundation (NSF) e o USDA devem reconhecer a polinização como um tema transversal nos seus programas competitivos de bolsas de estudos. Também devem trabalhar juntos com a pesquisa integrada que vai desde a genômica das abelhas *Apis* até a sistemática e ecologia de polinizadores silvestres, incluindo os efeitos das mudanças climáticas nas interações planta-polinizadores.
- As agências de pesquisa devem incluir a conscientização da comunidade sobre polinizadores-polinização, de modo mais amplo através de programas de monitoramento de cidadãos-cientistas, e da educação de professores, de estudantes e da população em geral.

Entretanto, inesperadamente, logo após a divulgação do referido relatório, algo novo acontecia com as abelhas *Apis* locais, que são os principais polinizadores da agricultura norte-americana. Muitas colônias morriam subitamente, com alimento e cria. Várias explicações foram dadas a este fato, que ficou conhecido como a síndrome para o desaparecimento das abelhas (CCD, Colony Collapse Disorder) (Van Engelsdorp e Meixner, 2009; Ratnieks e Carreck, 2010). O fenômeno foi também observado na CE. As estatísticas mostram que a perda de colônias nos Estados Unidos de 2007 a 2009 foi de aproximadamente 30% ao ano (Van Engelsdorp *et al.*, 2009, 2010).

A existência da CCD, a necessidade urgente de preservar os polinizadores para a agricultura nos Estados Unidos (com um valor anual de seus serviços avaliados de 5 a 19 bilhões de dólares) e o documento “Status of Pollinators in North America” causaram uma reorganização da pesquisa e dos financiamentos governamentais para a restauração agrícola nos Estados Unidos (Pettis e Delaplane, 2010). A restauração das áreas agrícolas tem financiamentos do chamado Farm Bill (que formalmente delibera sobre alimento, conservação e agência de serviços agrícolas), administrado em nível estadual pelo serviço de conservação de recursos naturais e pela agência de serviços rurais (Farm Service Agency). Nesse serviço de conservação, o governo americano gastou, entre 2002 e 2007, 3,5 bilhões de dólares ao ano, oferecendo recursos àqueles que querem restaurar suas propriedades rurais.

Em resposta ao desafio imposto pelo CCD, o governo norte-americano aplicou no USDA um aumento nos recursos destinados à pesquisa e à educação, para diminuir o declínio das abelhas naquele país. Esses recursos foram canalizados em

dois órgãos, o ARS e o Nifa (Instituto Nacional de Alimento e Agricultura). O ARS financiou os laboratórios de pesquisa com abelhas nos Estados Unidos, e o Nifa distribuiu suas verbas através de um Projeto Agrícola Coordenado (CAP)³, que foi destinado à pesquisa e à educação em vários níveis. Esses dois braços do USDA, através de financiamentos para redes de pesquisa, ampliaram a abrangência nacional, reduziram a redundância nas abordagens, maximizaram as colaborações e produziram materiais para o grande público, disponibilizados *online*⁴. Em 2008, uma versão do Farm Bill destinava-se exclusivamente às abelhas como foco de restauração ambiental (Vaughan e Skinner, 2008). Os investimentos em pesquisa integrada e capacitação têm sido muito grandes nos Estados Unidos, por meio desses mecanismos determinados por lei.

Outra importante ação desenvolvida pela NAPPC foi estabelecer as “semanas de polinizadores” e uma enorme interação com a população para o envolvimento de todos nas questões ligadas ao uso sustentável e à conservação de polinizadores. Um trabalho muito bem planejado foi executado com as autoridades locais e, nos Estados Unidos, houve a integração de políticas públicas de vários Estados que se manifestaram favoravelmente à causa dos polinizadores. Atualmente, há uma adesão oficial de 37 Estados americanos e uma revitalização desse apoio ocorre nas semanas nacionais dos polinizadores. Essas semanas são planejadas de acordo com calendário anual, e o comitê organizador da NAPPC oferece material de divulgação eletrônica, textos, um tema anual e suporte científico variado para que as várias mídias possam noticiar sobre os polinizadores e sua importância, e as ações de políticas públicas possam ser revitalizadas e ampliadas.

A Iniciativa Canadense de Polinização (Canpolin)

Teve início no Canadá a *Canadian Pollination Initiative* (NSERC-Canpolin)⁵, uma nova rede estratégica envolvendo pesquisadores de 26 universidades, ONGs e centros de pesquisa que, durante cinco anos, estudará o problema do declínio dos polinizadores. Pela primeira vez especialistas em entomologia, ecologia, biologia reprodutiva das plantas, genômica, modelagem e economia tratam o problema da polinização por vários aspectos, desde o vigor dos polinizadores e a conservação do fluxo gênico nas plantas, ao impacto das mudanças globais e a economia da polinização.

3. <<http://www.beecdcap.uga.edu>>

4. <http://www.extension.org/bee_health>

5. <<http://www.uoguelph.ca/canpolin/Publications/CANPOLIN%20background.pdf>>

A Iniciativa Brasileira de Polinizadores (IBP)

O Brasil participou do processo da consolidação da Iniciativa Internacional dos Polinizadores desde o início, coordenando o processo e apresentando a “Declaração de S. Paulo” para ser submetida à aprovação na CBD (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2007).

Uma vez aprovada a Iniciativa Internacional dos Polinizadores, o governo brasileiro, através do dr. Bráulio F. S. Dias, então no Ministério do Meio Ambiente (MMA), manteve contato estreito com a FAO e auxiliou no planejamento e na execução do projeto internacional FAO/Unep/GEF, “Conservação e manejo de polinizadores para a agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica”. O objetivo inicial do governo brasileiro foi o de colocar os polinizadores na agenda governamental e obter fundos para dar suporte a uma rede de pesquisa para estudar seu papel em várias culturas agrícolas. O Plano Plurianual 2004-2007 incluiu como linha de ação a Conservação e Uso Sustentável de Polinizadores na Agricultura, com o MMA como órgão executor com um orçamento de 3,5 milhões de reais.

Em 2004 foi lançado o edital (Probio nº 01/2004) “Uso Sustentável e Restauração da Diversidade de Polinizadores Autóctones na Agricultura e nos Ecossistemas Relacionados”, para apoiar projetos para elaboração de plano de manejo de espécie polinizadora associada à espécie vegetal de interesse socioeconômico. Oito projetos, selecionados no Probio (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira), estudaram a polinização de culturas agrícolas, o valor econômico dos polinizadores e como manejá-los. Posteriormente, o MMA coordenou a participação brasileira no projeto FAO/Unep/GEF, definindo suas metas e a aplicação de seus recursos financeiros.

Nesse intervalo (2000-2010), as diretrizes da IPI nortearam várias atividades desenvolvidas por iniciativas individuais e por grupos de pesquisa. Merecem destaque os Encontros sobre Abelhas em Ribeirão Preto, reuniões bianuais nas quais são apresentados os trabalhos dos pesquisadores brasileiros. Os polinizadores e o programa brasileiro de polinizadores encontraram ali um espaço de divulgação e revitalização. Um destaque especial deve ser dado para os cursos internacionais de polinização, organizados pela dra. Blandina F. Viana, da Universidade Federal da Bahia, e pelo dr. Peter Kevan, da Universidade de Guelph, Canadá, com a participação de vários especialistas do Brasil e do exterior. Esses cursos de campo, nas suas várias edições, já foram realizados em várias regiões do país e treinaram cerca de 150 pesquisadores.

Outro destaque são os trabalhos de digitalização dos dados dos acervos de coleções biológicas e sua integração em sistemas de informação *online* (Iabin para as Américas, *speciesLink* para o Brasil) (veja Saraiva e Canhos, neste volume). A pesquisa contou ainda com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), em projeto temático que incluiu cinco instituições paulistas, contribuindo com um grande progresso à base corrente de conhecimento, com

resultados inéditos e novas metodologias para vários aspectos das atividades dos polinizadores, e do CNPq, que implementou a Rede Brasileira de Polinizadores.

A Iniciativa Brasileira de Polinizadores foi formatada com iniciativas da comunidade científica, apoiadas pela ação governamental desenvolvida pelo MMA e seu ponto focal perante a IPI, dr. Bráulio F. S. Dias. Iniciativas regionais de polinizadores também surgiram no Brasil, destacando-se entre elas a Repol (Rede Bahiana dos Polinizadores), coordenada pela comunidade científica e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), que atualmente se expandiu para outros Estados do nordeste brasileiro. Esse é um exemplo de organização da comunidade científica através de um projeto comum, estabelecendo metas e trabalhos complementares, com resultados muito positivos.

O projeto FAO/Unep/GEF contou com uma primeira fase de planejamento que envolveu um número elevado de pessoas e instituições, que participaram de discussões e consultas para a elaboração de uma proposta brasileira para o projeto global. Essa fase terminou em 2006. Após uma longa tramitação internacional o projeto global foi aprovado, porém com uma ênfase maior em polinização agrícola do que em pesquisa sobre os polinizadores. A implementação do subprojeto brasileiro começou em 2009, sob a coordenação do MMA. Em paralelo foi viabilizado um edital CNPq para o apoio à realização de pesquisas com polinizadores de culturas agrícolas selecionadas, complementando o projeto global. Foi adotada a estratégia de formação de redes de pesquisa, com várias instituições participantes dos dois projetos. Sem dúvida há um ganho muito grande nos projetos desenvolvidos em redes. Mas, até o momento, os recursos governamentais brasileiros aplicados em projetos de polinização e polinizadores são tímidos e insuficientes. Falta um programa abrangente de desenvolvimento da área no país.

A IBP é um exemplo de organização que promove, em vários âmbitos, atividades transversais a programas prioritários de pesquisa e desenvolvimento do país, estimulando o envolvimento da comunidade científica em torno desse tema fundamental para a sobrevivência das espécies. A abordagem dos serviços ambientais prestados pelos polinizadores é a mais abrangente e atual. As tecnologias da informação têm possibilitado grandes avanços no acesso aos dados dispersos em todo o planeta, e a modelagem ecológica auxilia no planejamento de ações futuras. São componentes importantes do cenário atual e futuro da BPI e dos serviços de polinização.

A Iniciativa dos Polinizadores da África (API)

A Iniciativa dos Polinizadores da África teve início em 1999⁶. Em 2002 realizou sua primeira reunião em Nairóbi, quando desenvolveu o Plano de Ação para a Iniciativa Africana, com dois objetivos principais:

6. <<http://www.arc.agric.za/home.asp?pid=3493>>

1. Facilitar a participação de países africanos no projeto FAO/Unep/GEF da Iniciativa Internacional de Polinizadores (Conservação e manejo dos polinizadores para a agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica).
2. Implementar a conservação da biodiversidade dos polinizadores e a polinização de culturas e plantas silvestres através de redes de colaboração.

O projeto FAO/Unep/GEF foi implementado em 2010, com a participação de Gana, Quênia e África do Sul. O segundo objetivo está em andamento, com a participação de vários cientistas, e sua página da *web* mostra o resultado dessas redes de pesquisa.

A Iniciativa de Polinizadores da Oceania (OPI)

A Oceania, como bem explicam Newstrom-Lloyd *et al.* (2009), é formada por ilhas que evoluíram isoladamente das massas continentais e apresentam relações plantas-polinizadores frágeis e únicas. Estas são vulneráveis às alterações climáticas, à intensificação do uso da terra, à perda de habitats e à invasão de espécies. A OPI⁷ é formada por uma rede de ecólogos da polinização e outros pesquisadores, por formuladores de políticas públicas, fazendeiros, agrônomos, apicultores, conservacionistas e pelo público em geral interessado em promover a conservação e a sustentabilidade dos polinizadores nos ecossistemas agrícolas e naturais da região. A OPI está alinhada com as outras iniciativas internacionais de polinizadores, sob o guarda-chuva da CBD e da IPI, facilitada e coordenada pela FAO.

Outras iniciativas internacionais

A Rede Temática de Polinizadores da Iabin

A Rede Interamericana de Informações sobre Biodiversidade (Iabin) é uma iniciativa dos países da América estabelecida pela Organização dos Estados Americanos (OEA). Criada em 1996, visa ao estabelecimento de uma rede para promover a digitalização, integração e troca de informações relevantes para a tomada de decisão e a educação sobre biodiversidade nas Américas (veja Saraiva e Canhos, neste volume).

Composta por redes temáticas, dedicou uma delas aos polinizadores⁸, a Rede Temática de Polinizadores da Iabin (Iabin PTN, ou Iabin Polinizadores). Esta, além de trabalhar no desenvolvimento de ferramentas e de uma rede de dados, também implementou um programa de capacitação de pessoas nas ferramentas

7. <www.oceaniapollinator.org>

8. <<http://pollinators.iabin.net>>

e nos conceitos de informática para biodiversidade. O projeto da rede PTN com recursos do GEF, via OEA, teve início em 2006 e terminou em 2011, período no qual distribuiu recursos para digitalização de acervos para coleções pequenas especializadas e promoveu treinamento. Hoje integra coleções de onze países da América, incluindo o Brasil.

O projeto global de polinização FAO/Unep/GEF

Inspirados pelas premissas da IPI, algumas instituições e países mobilizaram-se e efetivaram um projeto internacional sobre polinização. O Global Pollination Project on “Conservation and Management of Pollinators for Sustainable Agriculture, through an Ecosystem Approach” é um projeto que obteve, para os países em desenvolvimento, recursos do GEF coordenados pela FAO e pelo Unep (Programa das Nações Unidas para o Ambiente). Visa identificar práticas e capacitar no manejo de serviços de polinização. O objetivo imediato é o de aproveitar os benefícios dos serviços de polinização providos por polinizadores nativos para uma agricultura sustentável através de um enfoque ecossistêmico.

Participam do projeto sete países que foram divididos em três blocos. Um subprojeto na África, do qual participam Quênia, Gana e África do Sul; um subprojeto na Ásia com a Índia, Nepal e Paquistão; e um subprojeto apenas para o Brasil. Os resultados esperados desta iniciativa são:

- uma base de conhecimento consolidada, integrando conhecimento tradicional com conhecimento científico;
- boas práticas agrícolas (identificadas, testadas, implementadas, documentadas e promovidas) para conservação e uso sustentável dos polinizadores;
- o desenvolvimento de uma melhor capacidade para conservação e uso sustentável de polinizadores;
- aumento da conscientização do público em geral e dos formuladores de políticas sobre a conservação e o uso sustentável dos polinizadores.

OS SERVIÇOS AMBIENTAIS DA POLINIZAÇÃO E POLÍTICAS GLOBAIS

Em 2000, o secretário-geral da ONU, Kofi Annan, estabeleceu um novo programa, a Avaliação do Milênio, que tinha como objetivo subsidiar os tomadores de decisão respondendo tecnicamente à pergunta: qual a importância do meio ambiente para o bem-estar humano? Para isso, foram reunidos cerca de 1300 pesquisadores e tomadores de decisão e foi estabelecido um programa de ação, baseado nos serviços dos ecossistemas. Esse termo havia sido popularizado em publicações

anteriores de grande impacto, como a de Costanza *et al.* (1997), quando pela primeira vez o capital natural foi quantificado economicamente, e o valor da natureza, se esta pudesse ser reconstruída, foi avaliado em 33 trilhões de dólares por ano; o dos serviços da polinização, na época, em 17 bilhões de dólares por ano. Os serviços ecossistêmicos ou ambientais são todos aqueles bens que a natureza provê, por exemplo, as árvores junto aos mananciais que permitem a preservação das fontes de água, a polinização que traz a fertilização das flores e o aumento de safras agrícolas, a dispersão de sementes, a preservação do solo, fibras, pesca etc., incluindo até o valor estético da natureza.

A Avaliação do Milênio da ONU⁹, concluída em 2005, foi baseada nos serviços ecossistêmicos, no valor da biodiversidade para a manutenção desses serviços e nas informações obtidas que eram traduzidas em propostas de ações aos tomadores de decisão. O trabalho envolveu também simulações das condições futuras, da sustentabilidade das ações humanas. A importante síntese de Röckstrom *et al.* (2009) sobre o impacto das ações humanas na Terra mostrou que já avançamos o sinal vermelho na capacidade de regeneração do planeta, pelo menos em relação a três tópicos: perda de biodiversidade, mudanças climáticas e ciclo de nitrogênio¹⁰. É preciso urgentemente incluir, em todas as agendas governamentais, o manejo da biodiversidade e a sua tradução em ações concretas pelo setor produtivo e pelo público em geral.

O impacto da Avaliação do Milênio da ONU foi grande, uma vez que, na população da Terra, estimada em 6,5 bilhões de habitantes em 2005, cerca de 2 bilhões viviam exclusivamente desses bens e produtos (em 2011 atingimos 7 bilhões de habitantes na Terra). Entretanto, esperava-se um retorno mais rápido dos governos a respeito das recomendações de trabalharmos com os serviços de ecossistemas. Estimativas sobre o impacto desse estudo nos governos foram realizadas pela ONU e por outros órgãos auxiliares que concluíram que a falha poderia ter sido a falta de representação política dos governos durante a elaboração da Avaliação do Milênio.

Durante a conferência *Ciência e Governança* em 2005, o presidente da França sugeriu a formação de um mecanismo consultivo para a interface entre ciência e política, que foi denominado International Mechanism on Scientific Expertise on Biodiversity (Imoseb), concluído em 2007. O Imoseb reavaliou os resultados globais obtidos até aquela data e sugeriu uma complementaridade de ações às propostas pela Millennium Assessment, sendo por isso considerado como o segundo precursor do Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). Seus resultados vieram à tona antes da COP9,

9. <<http://www.maweb.org/en/index.aspx>>

10. <http://www.stockholmresilience.org/download/18.1fe8f33123572b59ab800012568/pb_longversion_170909.pdf>

realizada em Bonn, quando começou a ser discutido mais intensamente um novo modelo intergovernamental de painel consultivo tratando do tema “biodiversidade e serviços ecossistêmicos”.

A solução foi a implementação de um novo Painel Intergovernamental na ONU, o IPBES (Plataforma Intergovernamental de Política Científica sobre a Biodiversidade e os Serviços Ecossistêmicos), aprovado em dezembro de 2010 na Assembleia Geral das Nações Unidas, que vai funcionar nos moldes do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) (Gorg *et al.*, 2010; Larigauderie e Mooney, 2010; Perrings *et al.*, 2011). O IPBES foi criado para atuar como interface entre a comunidade científica e formuladores de políticas e tem por objetivo capacitar e fortalecer o uso da ciência na formulação de políticas. Este painel recomenda um mecanismo pelo qual serão oferecidas informações baseadas em ciência, mas que devam indicar as tendências do uso de recursos, da biodiversidade e serviços ecossistêmicos associados, analisar suas causas e explorar as mudanças futuras previstas, informando aos órgãos de decisão (como, por exemplo, Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010).

OS AVANÇOS NO CONHECIMENTO

Enquanto os dois polos mundiais de desenvolvimento científico (América do Norte e Comunidade Europeia) montavam os seus programas de monitoramento e estudos específicos sobre polinizadores, muitos deles focados nas doenças das abelhas e outros no impacto das condições ambientais sobre a população dos polinizadores, seu uso e conservação, a pesquisa científica trouxe outras respostas e esclarecimentos sobre o tema. As bases de dados existentes passaram a ser analisadas pelos especialistas, que consideraram não somente as informações existentes em museus e academia, mas também o esforço dos cientistas-cidadãos como, por exemplo, os grupos organizados de jardinagem com dados contínuos sobre plantas e seus polinizadores.

Biesmeijer *et al.* (2006) demonstraram, pela primeira vez, a ligação entre o declínio das abelhas polinizadoras na Grã-Bretanha e na Holanda e a alteração da abundância relativa das plantas polinizadas por abelhas e por moscas. O trabalho mereceu a capa no periódico *Science* e teve uma excelente repercussão. Os polinizadores, atuando no sucesso reprodutivo das plantas, influenciam na fisionomia dos ecossistemas.

Klein *et al.* (2007) utilizaram dados sobre os alimentos mais exportados de duzentos países (FAO) e concluíram que frutas, vegetais e produção de sementes de 87 das culturas globais mais importantes dependem da polinização por animais, enquanto 28 não dependem. Entretanto, os autores também citam que se considerarmos os volumes de produção dessas culturas, temos outra perspectiva, uma

vez que 60% da produção global de alimentos vêm de plantas que não dependem da polinização animal, 35% de culturas que dependem e 5% não foram avaliadas. Como a polinização pode ser realizada por fatores abióticos (vento, água) ou por autopolinização, os referidos autores concluíram ainda que os polinizadores são essenciais para treze culturas, para outras trinta culturas a produção é altamente dependente de polinizadores, moderadamente para 27, sem importância para sete e de importância desconhecida para as outras nove.

As bases de dados da FAO mostraram ser muito valiosas para outras projeções. Aizen *et al.* (2009) voltaram ao assunto “polinizadores e alimentos”, analisando, na base de dados da FAO para os anos de 1961-2006, o rendimento das culturas que dependem dos polinizadores e o das que não dependem através da compilação de dados das 87 culturas avaliadas por Klein *et al.* (2007). Consideraram os países desenvolvidos e os em desenvolvimento, verificando a produção agrícola das plantas dependentes e as independentes de polinização, para ver se havia uma tendência crescente de declínio de polinizadores. Durante os últimos 45 anos, houve um aumento líquido da área cultivada e um aumento de cultivos de plantas dependentes de polinizadores. Se a tendência continuar, haverá uma enorme demanda de polinizadores no futuro e em escala global (Aizen e Harder, 2009). Além disso, é preciso considerar que o aumento da agricultura se dá em áreas antes ocupadas por vegetação nativa (Morton *et al.*, 2006) ou em pastos, que também perderam polinizadores nativos. Atualmente, mais de dois terços das áreas cultivadas do mundo estão em países subdesenvolvidos, que por sua vez têm uma agricultura 50% mais dependente de polinizadores do que as dos países desenvolvidos (Aizen *et al.*, 2009). A destruição ambiental e o manejo da paisagem não amigável aos polinizadores têm como consequências uma produção agrícola menor, que será compensada por meio de plantios em áreas maiores, impactando ainda mais a conservação dos polinizadores e das áreas naturais. Este limite entre agricultura e conservação é o maior desafio dos tempos modernos, porque os assuntos estão interligados e poucos compreendem isso.

Os autores mencionados verificaram que em 1961 a produção agrícola era semelhante nos países desenvolvidos e em desenvolvimento; entretanto, em 2006 essa produção foi 2,2 vezes maior nos países em desenvolvimento. De 1961 a 2002, a dependência dos polinizadores cresceu 50% nos países desenvolvidos (com *déficit* de polinização de 3% a 5%) e 62% nos países em desenvolvimento (com *déficit* de polinização de cerca de 8%). No período de 1961 a 2006, a área cultivada aumentou 25%. Em 1961, a área cultivada nos países em desenvolvimento era 38% maior do que nos países desenvolvidos, mas essa diferença passou para 130% em 2006. O valor dos serviços da polinização na América do Sul é de 11,6 bilhões de euros por ano (Potts *et al.*, 2010). Dessa forma, considerando o aumento da área cultivada e a dependência da agricultura nos serviços de polinização, a recomendação é tornar as paisagens agrícolas amigáveis à manutenção de populações de polinizadores.

Esta questão do efeito da paisagem no rendimento das culturas agrícolas que dependem de polinização foi revista por Ricketts *et al.* (2008), que compararam os resultados obtidos em 23 estudos, dezesseis culturas em cinco continentes. A síntese mostrou que a riqueza de espécies de polinizadores e a taxa de visitação a flores diminuem exponencialmente à medida que aumenta a distância do ambiente natural. Estudos como esse, que avaliam os efeitos da paisagem aos serviços de polinização, são essenciais já que ajudam a prever as consequências nas comunidades de polinizadores e na produtividade agrícola e, conseqüentemente, nas necessidades humanas (Ricketts *et al.*, 2008).

AGRADECIMENTOS

Em especial gostaríamos de agradecer à Fapesp pelo projeto “Biodiversidade e Uso Sustentável dos Polinizadores, com Ênfase em Abelhas” (processo 04/15801-0), cujas diretrizes nortearam este capítulo, além do planejamento deste volume.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M.; GARIBALDI, L.; CUNNINGHAM, S. & KLEIN, A. “How Much Does Agriculture Depend on Pollinators? Lessons from Long-term Trends in Crop Production”. *Annals of Botany*, 103(9): 1579, 2009.
- AIZEN, M. & HARDER, L. “The Global Stock of Domesticated Honey Bees is Growing Slower than Agricultural Demand for Pollination”. *Current Biology*, 19(11): 915-918, 2009.
- ALVES, D. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; FRANCOY, T. M.; SANTOS-FILHO, P.S.; BILLEN, J. & WENSELEERS, T. “Successful Maintenance of a Stingless Bee Population Despite a Severe Genetic Bottleneck”. *Conservation Genetics*, 12: 647-658, 2011.
- ASSAD, E. & PINTO, H. S. “Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil”. *Embaixada Britânica*, 2008. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf>>. Acesso em: 27/07/2011.
- BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS, S. P. M.; REEMER, M.; OHLEMÜLLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A. P.; POTTS, S. G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D.; SETTELE, J. & KUNIN, W. E. “Parallel Declines in Pollinators and Insect-pollinated Plants in Britain and the Netherlands”. *Science*, 313: 351-354, 2006.
- BOSCH, J. & KEMP, W. P. *How to Manage the Blue Orchard Bee as an Orchard Pollinator*. Maryland, Sustainable Agriculture Network, 2001.
- BUCHMANN, S.; NABHAN, G. & MIROCHA, P. *The Forgotten Pollinators*. Washington, Island Press, 1996.
- BYRNE, A. & FITZPATRICK, U. “Bee Conservation Policy at the Global, Regional and National Levels”. *Apidologie*, 40(3): 194-210, 2009.
- CAMARGO, J. M. F. & PEDRO, S. R. M. “Meliponini Lepeletier, 1836”. In: MOURE, J.S.;

- URBAN, D. & MELO, G.A.R. (Ed.). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007, pp. 272-578.
- CAMERON, S. A.; LOZIER, J. D.; STRANGE, J. P.; KOCH, J. B.; CORDES, N.; SOLTER, L. F. & GRISWOLD, T. L. "Patterns of Widespread Decline in North American Bumble Bees". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(2): 662-667, 2011.
- CASTRO, M.S.; KOEDAM, D.; CONTRERA, F.A.L.; VENTURIERI, G. C.; NATES-PARRA, G.; MALAGODI-BRAGA, K. S.; CAMPOS, L. A. O.; VIANA, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; PERUQUETTI, R. C. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. "Stingless Bees". In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. & DE JONG, D. (Eds.). *Bees as Pollinators in Brazil: Assessing the Status and Suggesting the Best Practices*, Ribeirão Preto, Holos editora, 2006, pp. 75-88.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P. & VANDENBELT, M. "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital". *Nature*, 387: 283-387, 1997.
- DAFNI, A.; KEVAN, P.; GROSS, C. & GOKA, K. "*Bombus terrestris*, Pollinator, Invasive and Pest: an Assessment of Problems Associated with its Widespread Introductions for Commercial Purposes". *Applied Entomology and Zoology*, 45(1): 101-113, 2010.
- DARVILL, B.; ELLIS, J. S.; LYE, G. C. & GOULSON, D. "Population Structure and Inbreeding in a Rare and Declining Bumblebee, *Bombus muscorum* (Hymenoptera: Apidae)". *Molecular Ecology*, 15(3): 601-611, 2006.
- DIAS, B. F.; RAW, A. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. *International Pollinators Initiative: the São Paulo Declaration on Pollinators*. Brazilian Ministry of the Environment. Brasília, 1999.
- FREE, J. B. *Insect Pollination of Crops*. London & New York, Academic Press, 1970. (Horticulture, Textbook, Pollination).
- GALLAI, N.; SALLES, J.; SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B. "Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline". *Ecological Economics*, 68(3): 810-821, 2009.
- GHAZOUL, J. "Buzziness as Usual? Questioning the Global Pollination Crisis". *Trends in Ecology & Evolution*, 20: 367-373, 2005.
- GIANNINI, T. C.; LIRA-SAADE, R.; AYALA, R. B.; SARAIVA, A. M. & ALVES-DOS-SANTOS, I. "Ecological Niche Similarities of *Peponapis* Bees and Non-Domesticated *Cucurbita* Species". *Ecological Modelling*, 222(12): 2011-2018, 2011.
- GORG, C., NESSHÖVER, C. & PAULSCH, A. "A New Link Between Biodiversity Science and Policy". *Gaia*, 19(3): 183-186, 2010.
- GOULSON, D. "Impacts of Non-native Bumblebees in Western Europe and North America". *Applied Entomology and Zoology*, 45(1): 7-12, 2010.
- GOULSON, D.; LYE, G. C. & DARVILL, B. "Decline and Conservation of Bumble Bees". *Annual Review of Entomology*, 53: 191-208, 2008.
- HEARD, T. A. "The Role of Stingless Bees in Crop Pollination". *Annual Review of Entomology*, 44: 183-206, 1999.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & NUNES-SILVA, P. "As Abelhas, os Serviços Ecológicos e o Código Florestal Brasileiro". *Biota Neotropica*, 10(4). Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?article+bn00910042010>>. 2010>.

- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. & GONÇALVES, L. S. “A Iniciativa Brasileira de Polinizadores e os Avanços Atuais para a Compreensão dos Serviços Ambientais Prestados pelos Polinizadores”. *Biosciences Journal*, 23: 100-106, 2007.
- KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Org.). *Pollinating bees: the conservation link between Agriculture and Nature*. 2. ed. Brasília, Ministry of Environment, 2006.
- KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. “Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops”. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608): 303-313, 2007.
- LARIGAUDERIE, A. & MOONEY, H. A. “The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: Moving a Step closer to an IPCC-like Mechanism for Biodiversity”. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2: 9-14, 2010.
- LOZIER, J. D. & CAMERON, S. A. “Comparative Genetic Analyses of Historical and Contemporary Collections Highlight Contrasting Demographic Histories for the Bumble Bees *Bombus pensylvanicus* and *B. impatiens* in Illinois”. *Molecular Ecology*, 18(9): 1875-1886, 2009.
- McGREGOR, S. E. *Insect Pollination of Cultivated Crop Plants*. Washington, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1976. (U.S.D.A. Handbook 496).
- MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; DEL BON ESPÍRITO-SANTO, F.; FREITAS, R. & MORISETTE, J. “Cropland Expansion Changes Deforestation Dynamics in the Southern Brazilian Amazon”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39): 14637-14641, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Status of Pollinators in North America*. Washington, National Academy of Sciences, 2006.
- NEWSTROM-LLOYD, L. E.; COOPER, J.; SPENCER, N. J. & WILTON, A. D. “Integrated Information System for the Oceania Pollinator Initiative Based on a Federation of Distributed Databases”. In: SSYMANK, A.; HAMM, A. & VISCHER-LEOPOLD, M. (Eds.). *Caring for Pollinators – Safeguarding Agro-biodiversity and Wild Plant Diversity*. Bonn, Federal Agency for Nature Conservation, 2009, pp. 78-84.
- NUNES-SILVA, P. *Capacidade Vibratória e Polinização por Vibração nas Abelhas do Gênero Melipona (Apidae, Meliponini) e Bombus (Apidae, Bombini)*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2011.
- NUNES-SILVA, P.; HNR CIR, M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “A Polinização por Vibração”. *Oecologia Australis*, 14(1): 140-151, 2010.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R. & TARRANT, S. “How Many Flowering Plants are Pollinated by Animals?” *Oikos*, 120(3): 321-326, 2011.
- PERRINGS, C.; DURAIAPPAH, A.; LARIGAUDERIE, A. & MOONEY, H. “The Biodiversity and Ecosystem Services Science-Policy Interface”. *Science*, 331: 1139-1140, 2011.
- PETTIS, J. & DELAPLANE, K. “Coordinated Responses to Honey Bee Decline in the USA”. *Apidologie*, 41(3): 256-263, 2010.
- PITTS-SINGER, T.L. & CANE, J.H. “The Alfalfa Leafcutting Bee, *Megachile rotundata*: the World’s Most Intensively Managed Solitary Bee”. *Annual Review of Entomology*, 56: 221-237, 2011.

- POTTS, S.; BIESMEIJER, J.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O. & KUNIN, W. "Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers". *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6): 345-353, 2010.
- RATNIEKS, F. L. W. & CARRECK, N. L. "Clarity on Honey Bee Collapse?". *Science*, 327(5962): 152, 2010.
- RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; OCHIENG, A. & VIANA, B. F. "Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?". *Ecology Letters*, 11(5): 499-515, 2008.
- RÖCKSTROM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, Å.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, L.; CRUTZEN, P. & FOLEY, J.A. "A Safe Operating Space for Humanity". *Nature*, 461: 472-475, 2009.
- SARAIVA, A. M.; ACOSTA, A. L.; GIANNINI, T. C.; IMPERATIZ-FONSECA, V. L. & MARCO JR., P. "*Bombus terrestris* na América do Sul: Possíveis Rotas de Invasão deste Polinizador Exótico até o Brasil". *Neste volume*.
- SLAA, J. E; SANCHEZ CHAVES, L. A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDE, F. E. "Stingless Bees in Applied Pollination: Practive and Perspepectives". *Apidologie*, 37(2): 293-315, 2006.
- VAN ENGELSDORP, D.; EVANS J. D.; SAEGERMAN C.; MULLIN C. & HAUBTUGE E.; NGUYEN B. K.; FRAZIER M.; COX-FOSTER D.; CHEN Y.; UNDERWOOD R.; TARPY D. R. & PETTIS J. S. "Colony Collapse Disorder: a Descriptive Study", *PLoS One*, 4: e6481, 2009.
- VAN ENGELSDORP, D.; HAYES JR., J.; UNDERWOOD, R. M. & PETTIS, J. S. "A Survey of Honey Bee Colony Losses in the United States, Fall 2008 to Spring 2009". *Journal of Apicultural Research*, 49: 7-14, 2010.
- VAN ENGELSDORP D. & MEIXNER, M. D. "A Historical Review of Managed Honeybee Populations in Europe and the United States and the Factors that May Affect Them". *Journal of Invertebrate Pathology* 103: S80-S95, 2010.
- VAUGHAN, M. & SKINNER, M. *Using Farm Bill Programs for Pollinator Conservation*. San Francisco, NRCS / The Xerces Society / San Francisco State University, 2008.
- VELTHUIS, H. H. W. & VAN DOORN, A. "A Century of Advances in Bumblebee Domestication and the Economic and Environmental Aspects of its Commercialization for Pollination". *Apidologie*, 37(4): 421-451, 2006.
- WINFREE, R.; AGUILAR, R.; VÁZQUEZ, D.; LEBUHN, G. & AIZEN, M. "A Meta-Analysis of Bees' Responses to Anthropogenic Disturbance". *Ecology*, 90(8): 2068-2076, 2009.
- ZAYED, A. "Bee Genetics and Conservation". *Apidologie*, 40(3): 237-262, 2009.



PARTE 2

Polinizadores e Polinização no Brasil



2. A Importância dos Polinizadores nos Biomas Brasileiros, Conhecimento Atual e Perspectivas Futuras para Conservação

Márcia Motta Maués, Isabela Galarda Varassin, Leandro Freitas, Isabel Cristina Sobreira Machado, Paulo Eugenio Alves Macedo de Oliveira

A relação entre polinizadores e plantas é influenciada por diversos fatores. Gradientes latitudinais e ecológicos são descritos desde o século XIX (e.g. Müller e Delpino, 1869). A dependência das plantas em relação a polinizadores bióticos parece ser maior em ambientes tropicais que em ambientes temperados, mas a variação nestes níveis de dependência entre ambientes tropicais é menos definida. Entre os biomas brasileiros, apesar de diferenças florísticas e ecológicas serem bem estabelecidas, a dependência das plantas em relação aos serviços de polinização somente começou a ser estudada de maneira sistematizada a partir da década de 1970 (e.g. Sazima, 1972; Sazima e Sazima, 1975; Gottsberger, 1977). Conhecer esses níveis de dependência é fundamental para entender a resiliência dos sistemas frente à perturbação, definir estratégias de conservação (Kearns *et al.*, 1998) e até mesmo valorar a polinização como um serviço ambiental (Kremen *et al.*, 2004). O presente diagnóstico visa compilar e analisar as informações existentes em bases regionais e discutir as consequências para conservação e as oportunidades para uso sustentável dos serviços de polinização nos biomas brasileiros.

Apesar da delimitação mais lógica para tal diagnóstico ser a comparação entre biomas, ela é pouco prática, na medida em que estes ambientes se interpenetram e cobrem amplas áreas do território brasileiro. Usamos, então, uma mistura de divisão política e ecológica do país, *grosso modo*, em cinco regiões: 1. Nordeste (caatinga e ecossistemas associados); 2. Sudeste (Mata Atlântica e restinga); 3. Norte (Floresta Amazônica); 4. Centro-oeste (Cerrado e Pantanal) e 5. Sul (florestas subtropicais e pampas). Buscamos, então, verificar junto a pesquisadores que atuam em cada região a situação dos estudos sobre polinizadores e sistemas de polinização, tentando responder a algumas questões básicas: 1. Existem estudos sobre os sistemas de polinização da região? 2. Como foi a história básica desses estudos? 3. Qual a parcela da flora já efetivamente estudada? Quão representativos são os estudos de polinização em relação à flora da região? 4. Qual o nível de interdependência entre plantas e polinizadores? Dados sobre os sistemas de reprodução

permitem inferir algo sobre a dependência dos serviços de polinização? Existe dominância de grupos de polinizadores ou serviços de polinização? Existem evidências sobre a estruturação das guildas de polinizadores e plantas na região? 5. Quais as consequências destas informações sobre os sistemas de polinização para a conservação na região? 6. Quais as lacunas e prioridades de estudo de maneira que respondam às questões 4 e 5?

O que fica evidente a partir das análises é a heterogeneidade do conhecimento sobre a polinização em cada um desses ambientes. Em algumas dessas regiões, não existem estudos sistematizados nem compilações publicadas dos dados pontuais. Contudo, mesmo para os ambientes mais bem estudados, os dados são disponíveis para porções limitadas da flora e para fisionomias e guildas específicas. Apesar de contarmos hoje com grupos de pesquisa trabalhando com biologia reprodutiva de plantas e polinização em boa parte do país, existem problemas até mesmo para padronizar metodologias e facilitar o intercâmbio de informações. Em alguns casos, essas diferenças geram mais ruído que informação nova, dificultando a organização de um banco de dados comum.

De maneira geral, os estudos sobre biologia floral podem ser agrupados em quatro categorias:

- estudos pontuais – são estudos de caso descritivos com uma ou algumas espécies aparentadas em determinada localidade e por uma ou poucas estações reprodutivas;
- estudos de guildas – envolvem a guilda de plantas associadas a certo grupo de polinizadores com a perspectiva de síndromes ou dos recursos utilizados por este grupo;
- estudos comunitários – têm a perspectiva das interações em comunidades, e no Brasil estão basicamente restritos a formações campestres ou arbustivas;
- estudos de paisagem e conservação – estudos mais recentes pela perspectiva de paisagem, principalmente relacionados a processos de fragmentação e diversidade funcional.

Estudos experimentais poderiam ser outra categoria, mas são ainda raros e menos importantes para as informações na escala de biomas.

Uma descrição dos estudos, bem como um diagnóstico dos conhecimentos sobre os sistemas de polinização nas regiões, é apresentada abaixo.

1. Nordeste: Estudos sobre biologia reprodutiva de plantas do Nordeste brasileiro têm sido realizados por pesquisadores associados inicialmente à Universidade Federal de Pernambuco. Os estudos realizados inicialmente pela dra. Isabel Cristina Machado serviram de base para a formação de novos pesquisadores ao longo das últimas duas décadas e resultaram em outros grupos ativos no Nordeste, traba-

lhando com fisionomias de caatinga e Floresta Atlântica. A chegada de novos pesquisadores e a colaboração com grupos nacionais e internacionais têm resultado numa ampliação das informações sobre sistemas de polinização de plantas na região que foram compiladas em publicações importantes com caráter de revisão (Machado e Lopes, 2004; Machado *et al.*, 2006). Esses dados básicos têm possibilitado análises diagnósticas mais refinadas, inclusive dos impactos e modificações ambientais, dessa forma, afetando as possibilidades de conservação na região.

Os estudos envolvem um grande número de espécies, mas mesmo na caatinga onde os números são mais significativos, as espécies com informações reprodutivas representam no máximo 16% da flora, sendo que aquelas para as quais existem dados mais completos provavelmente representam apenas um terço desse montante. Nas áreas de Floresta Atlântica é impossível precisar, mas os dados reprodutivos estão disponíveis para menos de duas centenas de espécies.

Os dados indicam que, tanto em áreas de florestas úmidas, como em formações de caatinga sujeitas a restrições ambientais mais severas, existem sistemas de polinização diversificados e interdependência entre plantas e vetores bióticos. Mesmo na caatinga, existe um número surpreendente de sistemas especializados, incluindo flores de óleo polinizadas por abelhas Centridini, esfingídeos e morcegos (Machado e Lopes, 2004). Essas espécies de plantas parecem estar associadas a teias de interações com alta conectância e redundância, o que confere uma resiliência grande às modificações na riqueza de plantas e polinizadores. A maioria das plantas é hermafrodita e depende de polinizadores para a reprodução. Os estudos sobre sistemas de reprodução e sexuais indicam a preponderância de alogamia, o que confirma a dependência de vetores. A frequência de dioicia relativamente baixa nos estudos de caatinga é talvez a única diferença marcante entre as áreas florestais da região.

As informações sobre os sistemas de polinização e reprodução das plantas permitiram análises mais refinadas quanto à influência de processos de modificação ambiental. As observações sugerem que, mesmo na caatinga, o *turn-over* de espécies, que poderia advir de modificações antrópicas ou heterogeneidade ambiental normal, não parece afetar marcadamente a disponibilidade de recursos para os vetores bióticos (Machado e Lopes, 2004). Mas a fragmentação de habitats florestais da Mata Atlântica parece levar a uma erosão da diversidade funcional nessas comunidades (Lopes *et al.*, 2009), com a redução da frequência de plantas associadas à polinização por vetores mais especializados e relaxamento da interdependência entre plantas e polinizadores pela diminuição da frequência de plantas alógamas obrigatórias (Girão *et al.*, 2007).

2. *Sudeste*: Os ambientes costeiros da região Sudeste abrigam grandes áreas de florestas ao sul do rio São Francisco, campos de altitude e restingas, além de formações de mangue e outros ambientes de exceção e ecótonos. Não existem estu-

dos mais gerais compilando as informações da biologia reprodutiva de plantas na região, mas existe um grande número de análises abordando desde espécies, ou grupos de espécies isolados, até comunidades. Existem, também, estudos comunitários com sistemas de polinização específicos, incluindo abelhas Meliponini (e.g. Ramalho, 2004), esfingídeos (Avila Jr., 2009), beija-flores (Sazima *et al.*, 1996; Buzato *et al.*, 2000) e morcegos (Sazima *et al.*, 1999). Chama a atenção o grande número de estudos com biologia reprodutiva de Bromeliaceae (e.g. Wendt *et al.*, 2008), Orchidaceae (e.g. Singer e Sazima, 2001; Pansarin e Amaral, 2009) e com espécies heterostílicas de Rubiaceae (e.g. Castro *et al.*, 2004; Klein *et al.*, 2009). Em relação ao hábito, os estudos concentram-se em arbustos e arvoretas de sub-bosque (e.g. Sazima *et al.*, 1996) e plantas herbáceas, com destaque para epífitas, devido principalmente aos estudos em Bromeliaceae e Gesneriaceae (e.g. Sanmartin-Gajardo e Sazima, 2005; Matallana *et al.*, 2010), havendo uma escassez de dados para espécies arbóreas (e.g. Pires e Freitas, 2008; Rocca e Sazima, 2008).

Os estudos nessa região estão dispersos em numerosas publicações, além de livros, dissertações e teses não publicadas, sendo neste momento praticamente impossível estimar a parcela da flora efetivamente estudada e a representatividade dos estudos de polinização na região. As restingas são relativamente pobres em espécies e a parcela de espécies efetivamente estudadas é maior. Áreas de campos de altitude foram estudadas em maior detalhe e nestes casos até 60% das espécies zoófilas de uma área foram avaliadas (Freitas e Sazima, 2006). Fragmentos de floresta, como o da Santa Genebra (e.g. Sigrist e Sazima, 2004), foram estudados em maior detalhe, mas uma compilação geral dos dados ainda necessita ser feita. De qualquer forma, a representatividade dessas áreas no contexto do bioma precisaria ser aferida.

Os dados mostram uma ampla variedade de sistemas de polinização que podem ser influenciados pelo hábitat e pelo hábito das plantas. Restinga e campos de altitude são ilhas numa matriz de florestas, sendo que a amplitude dessas áreas passou por mudanças ao longo do quaternário e isso pode ter influenciado a organização dos sistemas de polinização (Freitas e Sazima, 2006). Em campos de altitude, muitas espécies apresentam mais de dois grupos de polinizadores, o que pode ser visto como uma estratégia para assegurar a reprodução. Por outro lado, as florestas montanas são tradicionalmente vistas como variantes das florestas pluviais tropicais, dominadas por plantas lenhosas de grande porte, usualmente complicadas para estudos reprodutivos. Novamente, existem poucos estudos tentando dar uma visão comunitária dos sistemas de polinização e reprodução das plantas, mas existem muitos que são pontuais ou feitos com grupos de espécies associadas taxonomicamente ou pelo sistema de polinização. Parece ser particularmente importante nestes ambientes florestais a frequência de espécies polinizadas por vertebrados, beija-flores e morcegos, que podem representar algo em torno de 15% a 20% das espécies (Sazima *et al.*, 1999; Buzato *et al.*, 2000). Talvez os gradientes ecológicos,

com variação de umidade e temperatura, expliquem a importância desses vetores com amplitude de voo e capacidade de regulação de temperatura corporal. Mas é necessário chamar a atenção para o fato de que a maior parte desses estudos foram realizados com plantas do sub-bosque, mais acessíveis, no entanto, que dificilmente representam os grupos de plantas dominantes ecologicamente. Considerando as famílias mais ricas em espécies arbóreas, registradas nos numerosos estudos fitossociológicos (e.g. Fabaceae, Melastomataceae e Myrtaceae), espera-se o predomínio de melitofilia, sendo que meliponíneos podem ter uma importância até então subestimada (Pires e Freitas, 2008); o mesmo pode ser dito para Thysanoptera relacionados a Annonaceae, Lauraceae e Monimiaceae (e.g. Danieli-Silva, 2009).

O impacto do processo de fragmentação e degradação sobre restingas e campos abertos dificilmente permitirá que tenhamos uma visão pristina do funcionamento dos sistemas de polinização e da interdependência entre plantas e polinizadores nas áreas de Floresta Atlântica. De qualquer modo, em uma revisão com 85 espécies do bioma incluindo todas as regiões do país, cerca de 60% das espécies não apresentou limitação polínica (Freitas *et al.*, 2010), indicando que o processo de polinização está relativamente bem preservado nos remanescentes desse ecossistema. Porém, observações de áreas em processo de recuperação ou reflorestamento na região sugerem que dificilmente serão recuperados a diversidade funcional e as teias de interações rompidas com o processo de deterioração desses habitats (Vosgueritchian, 2010).

3. *Norte*: A Amazônia representa um desafio para estudos de biologia reprodutiva de plantas. Dominada por florestas com espécies de grande porte, os estudos reprodutivos requerem infraestrutura e logística que usualmente limitam a amplitude e representatividade das informações. A baixa densidade populacional da maior parte das espécies vegetais e o difícil acesso aos locais de estudo (Prance, 1985), somados ao reduzido número de especialistas dedicados a esse tema, contribuem para essa lacuna de informação. Os estudos reprodutivos na Amazônia brasileira começaram com análises de espécies com potencial econômico ou ecológico (e.g. Prance, 1976) e têm sido intensificados com a análise de alguns grupos de interesse por pesquisadores regionais. Entretanto, muitas das análises feitas sobre a reprodução de plantas na Amazônia utilizam analogias a partir de estudos realizados em outras áreas de florestas tropicais no mundo. A ideia de que a distribuição das plantas em florestas megadiversas como a Amazônia brasileira é muito baixa (Black *et al.*, 1950) e afeta as possibilidades de polinização e especiação (Fedorov, 1966) terminou por influenciar toda a pesquisa sobre ecologia de polinização na segunda metade do século XX. No entanto, os estudos pioneiros realizados por essa ótica terminaram por ser feitos em outras áreas (Ashton, 1969; Bawa, 1974).

Dentre os estudos de caso disponíveis na literatura, destacamos, a seguir, aqueles que abordam diferentes sistemas de polinização:

- Melitofilia – Os casos de melitofilia em plantas arbóreas superam os demais sistemas de polinização, como mostram os estudos de Müller *et al.*(1980), Mori e Boeke (1987), Prance e Mori (1987), Maués (2002) e Cavalcante (2008) com diversas espécies de Lecitidáceas; Venturieri (1997) com *Schizolobium amazonicum* e *Sclerolobium paniculatum* (Fabaceae); Dick (2001) sobre o papel de um polinizador exótico (*Apis mellifera*) na manutenção do fluxo gênico de árvores de *Dinizia excelsa* (Fabaceae) isoladas em ambientes antropizados; os estudos de Maués (2002 e 2008) sobre a polinização da castanheira-do-brasil, *Bertholletia excelsa* (Lecythidaceae) e *Jacaranda copaia* (Bignoniaceae), por abelhas nativas; bem como Carvalho e Webber (2000) com *Unonopsis guatterioides*, uma Annonaceae polinizada por Euglossini. Nas plantas arbustivas as abelhas também se destacam, como em *Myrciaria dubia* (Myrtaceae) (Maués e Couturier, 2002), *Byrsonima coccolobifolia* (Malpighiaceae) (Benezar e Pessoni, 2006), *Solanum stramonifolium* (Solanaceae) (Silva *et al.*, 2004) e também entre plantas aquáticas como *Nymphaea amazonum* Mart. & Zucc. (Nymphaeaceae) (Prance, 1980).
- Quiropterofilia – A polinização por morcegos é um sistema encontrado apenas na região neotropical. Na Amazônia, há algumas famílias de plantas que dependem dessa síndrome, como as famílias Bombacaceae e Caryocaraceae. Gribel *et al.* (1999) e Gribel e Gibbs (2002) reportaram a quiropterofilia em *Ceiba pentandra* e *Pseudobombax munguba*, bem como *Caryocar villosum* (Martins e Gribel, 2007); Hopkins (1984) publicou um elegante estudo sobre a polinização de onze espécies de *Paríia* (Fabaceae) na Amazônia Central, a maioria polinizada por morcegos, da mesma forma que Mori *et al.* (1980) descreveu a síndrome de polinização de *Lecythis poiteaui*, uma das poucas espécies da família Lecythidaceae que não é polinizada por abelhas.
- Cantarofilia – A polinização por besouros tem sido representada principalmente nos estudos realizados por Webber e colaboradores, que muito detalhadamente apresentaram os mecanismos de termogênese e a importância dos besouros na polinização de diversas espécies de Annonaceae (Webber, 1981; Webber e Gottsberger, 1993, 1996; Kuchmeister *et al.*, 1998; Carvalho e Webber, 2000). Provavelmente devem existir outros casos de cantarofilia em espécies arbóreas, mas ainda não foram descritos. Em palmeiras há estudos sobre *Astrocaryum vulgare* (Oliveira *et al.*, 2003), *Orbignya phalerata* (Anderson *et al.*, 1988) e *Mauritia flexuosa* (Storti, 1983).
- Ornitofilia – A polinização por aves tem surgido nos estudos de Bittrich e Amaral (1996) com *Symphonia globulifera* (Clusiaceae) na Reserva Ducke (AM); o estudo pioneiro de Maués e Venturieri (1997) relatando o primeiro registro de polinização por psitacídeos na região neotropical com *Platonia insignis* (Clusiaceae) no Estado do Pará, corroborado pelo estudo de Vicentini *et al.* (1999) com *Moronobea coccinea* (Clusiaceae), no qual foram encontrados os mes-

mos agentes polinizadores para essa espécie, cujas flores muito se assemelham às de *P. insignis* (Maués e Oliveira, 2010).

- Sistemas mistos – Sistemas mistos com a participação de insetos pequenos, principalmente abelhas, vespas e moscas, podem ser vistos nos estudos de Maués *et al.* (2004) sobre a polinização de *Vouacapoua americana* (Fabaceae), Vasquez e Webber (2010) com *Casearia grandiflora*, *Casearia javitensis* e *Lindackeria paludosa* (Flacourtiaceae) e Silva *et al.* (2007) com *Erythroxylum* cf. *macrophyllum* (Erythroxylaceae) ou com a atuação de abelhas, mariposas e besouros, como nos artigos de Maués (2006) e Maués *et al.* (2000) sobre *Carapa guianensis* (Meliaceae) e *Theobroma grandiflorum* (Sterculiaceae). Casos de ambofilia, com a polinização anemófila e entomófila atuando em conjunto são raros, mas podem ser exemplificados pelo caso da tatajuba (*Bagassa guianensis* Moraceae), uma árvore dioica, emergente, de baixa densidade populacional, que é polinizada pelo vento com a participação de tisanópteros (tripes), como descrito por Maués *et al.* (2007).

Tais estudos ainda são pouco representativos ante a enorme diversidade de espécies amazônicas, mas reúnem conhecimento ímpar sobre os sistemas de polinização de espécies arbóreas amazônicas; como no caso da Floresta Atlântica, é praticamente impossível estimar o percentual da flora já estudado e não temos conhecimento de nenhum estudo tentando compilar dados reprodutivos de plantas da Amazônia brasileira como um todo. Os dados existentes para a Amazônia indicam uma grande diversidade de sistemas de polinização, com grupos caracteristicamente tropicais, como besouros e morcegos, adquirindo uma importância talvez maior que em outros biomas. Entre as plantas lenhosas, predomina a alogamia obrigatória, conferindo aos vetores uma importância muito grande na manutenção de populações autorregenerativas da maioria das espécies. Estudos sobre sistemas de incompatibilidade são escassos. Kanashiro (1986) aborda a heterostilia de *Cordia goeldiana* (Boraginaceae) na Floresta Nacional do Tapajós, oeste do Pará.

Abelhas solitárias e eussociais também são importantes polinizadores e a diversidade desses grupos na Amazônia indica que têm um papel preponderante na polinização naquele ecossistema. Moscas, pequenos insetos e até mesmo o vento podem funcionar como polinizadores de plantas na região. Nesses ambientes a polinização parece envolver interações mais específicas e transporte de pólen a longa distância. Isso talvez explique o fato de processos de degradação, mesmo quando envolvem estratégias de manejo mais controlado como corte seletivo de madeira, resultarem em impacto na eficiência reprodutiva das plantas (Maués *et al.*, 2007). A fragmentação do hábitat reduz áreas contínuas de floresta a pequenas porções isoladas, diminuindo o número efetivo de árvores de uma população, o número de doadores de pólen e a quantidade provável de pólen compatível de-

positado nos estigmas das flores, levando a redução na taxa de frutificação. Esses fatores podem ainda diminuir a população dos agentes polinizadores, aumentar a taxa de autofecundação e mudar a composição das espécies de polinizadores (Maués e Oliveira, 2010).

4. *Sul*: Apesar dos estudos de polinização terem se iniciado no sul do Brasil, com as observações naturalísticas de Fritz Müller (e.g. Darwin, 1877), ainda não temos uma visão clara da importância dos sistemas de polinização nos ecossistemas mais meridionais do Brasil. Há trabalhos com polinização de vários grupos de plantas, inventários da diversidade de abelhas e de outros grupos de insetos, mas não existe um estudo mais abrangente.

A maior parte dos estudos até agora abrange ecossistemas de campos, em geral envolvendo inventários faunísticos de abelhas (Schlindwein, 1998; Gonçalves e Melo, 2005), vespas (Hermes e Köhler 2006) e sirfídios (Marinoni *et al.*, 2004; Jorge *et al.*, 2007). Em restingas, há vários estudos autoecológicos de plantas em Santa Catarina (e.g. Souza *et al.*, 2004), mas não há uma abordagem sistemática da comunidade. Os poucos estudos envolvendo a Floresta Atlântica do sul do Brasil focam a biologia reprodutiva de Bromeliaceae (e.g. Kaehler *et al.*, 2005; Lenzi *et al.*, 2006; Piacentini e Varassin, 2007). Em floresta com araucária, há poucos estudos e estes indicam um baixo número de abelhas oligolécticas associadas com a polinização vibrátil (Harter *et al.*, 2002) e grande importância de abelhas como visitantes florais (Lopes *et al.*, 2007). Sirfídeos aparecem como um grupo importante, apresentando comportamento generalista (Morales e Köhler, 2008).

Chama a atenção, nos estudos publicados sobre polinização no sul do Brasil, o grande número de trabalhos mostrando sistemas de polinização muito especializados, não somente de orquídeas (Singer e Cocucci, 1999), mas também de Solanaceae (Wittmann *et al.*, 1990) e de outros grupos (Schlindwein e Wittmann, 1997). Em área de campos xeromórficos, cerca de 30% das plantas são polinizadas por abelhas especializadas e oligolécticas (Schlindwein, 1998). As abelhas são visitantes e polinizadores de mais de 90% das espécies em áreas de campos gramíneos (Pinheiro *et al.*, 2008). É interessante, pois inventários florísticos dos campos sulinos chamam a atenção para a necessidade de conhecimento sobre a reprodução das plantas para estudos de conservação, mas ainda faltam informações básicas sobre polinização. Além disso, a fauna apícola de campos sulinos em Vila Velha, no Paraná, apresenta sobreposição com a fauna de cerrado (Gonçalves e Melo, 2005), indicando uma possível conexão pretérita entre esses biomas no sul do Brasil.

5. *Centro-oeste*: A área central do Brasil é dominada pelos cerrados. O interesse pela reprodução das plantas na região foi intensificado com sua ocupação a partir das últimas décadas do século passado e o reconhecimento do bioma como um *hot*

spot de conservação (Myers *et al.*, 2000). Os estudos sobre a biologia reprodutiva de plantas de cerrado têm sido realizados desde a década de 1970 e foram revisados recentemente (Oliveira e Gibbs, 2002; Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger, 2006), porém o número de espécies já estudadas é ainda relativamente pequeno em comparação com a enorme diversidade florística. As últimas estimativas apontam para algo em torno de 12 mil espécies de plantas na região (Mendonça *et al.*, 2008); temos dados reprodutivos para cerca de 350 espécies (3%), e os dados mais completos, que incluem sistema de reprodução, existem apenas para cerca de 150 espécies (1%). Esses dados também estão concentrados em áreas mais meridionais do bioma, sendo que as áreas mais ao norte e noroeste, atualmente ameaçadas pela expansão agrícola, carecem de estudos. Como o bioma é caracterizado pela alta betadiversidade de plantas (Bridgewater *et al.*, 2004), as estimativas obtidas com os dados atuais devem ser vistas com cautela.

Os dados mostram uma dominância de espécies lenhosas alógamas obrigatórias (Oliveira e Gibbs, 2002), semelhante ao observado nas florestas da região (Oliveira e Paula, 2001) e em outras florestas tropicais de maneira geral. Em compensação, plantas herbáceas e subarbustivas são frequentemente alógamas facultativas, apesar de dependerem de polinizadores, pois são raramente autóгамas ou agamospérmicas (Barbosa e Sazima, 2008).

A predominância de alogamia, associada a sistemas de incompatibilidade e dioícia (Oliveira e Gibbs, 2002), e a grande heterogeneidade ambiental exigem estratégias reprodutivas e de crescimento muito bem adaptadas às condições ambientais da região. Essas especificidades parecem ter contribuído para a origem de grupos endêmicos ou para a diversificação, relativamente recente, de plantas da região (Simon *et al.*, 2009).

Plantas lenhosas dependem de abelhas e de outros grupos mais especializados, como os esfingídeos e beija-flores, como links móveis para o fluxo gênico entre plantas amplamente distribuídas (Oliveira *et al.*, 2004; Araújo e Oliveira, 2007; Amorim *et al.*, 2008). Estudos genéticos têm demonstrado que esta interdependência mantém populações com ampla variabilidade gênica (e.g. Collevatti *et al.*, 2001; Lacerda *et al.*, 2001) e pode ajudar a explicar padrões filogeográficos das populações de plantas (Novaes *et al.*, 2010).

Nesse contexto, a diversidade de habitats e o mosaico de fisionomias presentes na região parecem ser vitais para a conservação dos sistemas de polinização das espécies obrigatoriamente xenógamas. Esses sistemas são organizados em guildas de interações, o que indica redundância interna e permite uma grande resiliência e estabilidade nos sistemas (Oliveira e Gibbs, 2002). Contudo, as informações sobre a organização dessas teias de interações que possam confirmar essas propriedades nos sistemas da região ainda são necessárias. Estudos com esfingídeos mostraram que algumas espécies de plantas amplamente distribuídas na região dependem dessas mariposas como polinizadores exclusivos (Oliveira *et al.*, 2004;

Amorim, 2008). Esses estudos têm utilizado análises polínicas para indicação dessas relações, o que exige uma base referencial consistente, mas que tem um grande potencial, podendo ser utilizada para caracterizar essas teias em diferentes grupos de polinizadores (Silva *et al.*, 2010).

Apesar da predominância da alogamia e interdependência plantas-polinizadores na região, estudos mais recentes têm chamado a atenção para a ocorrência de espécies apomíticas. A apomixia, formação assexual de sementes viáveis (Mogie, 1992; Koltunow, 1993), parece ser um processo comum entre as Angiospermas (Carman, 1997) e tem sido crescentemente encontrada e descrita para espécies tropicais (Goldenberg, 2000; Salomão e Allem, 2001). Casos de apomixia têm sido evidenciados para alguns grupos de plantas do cerrado, tais como Bombacaceae (Oliveira *et al.*, 1992; Mendes-Rodrigues *et al.*, 2005), Bignoniaceae (Costa *et al.*, 2004), Melastomataceae (Saraiva *et al.*, 1996; Goldenberg e Shepherd, 1998), Gramineae (Savidan, 1985) e Rutaceae (Piedade e Ranga, 1993). Distúrbios reprodutivos, que podem indicar a ocorrência de apomixia, tais como poliembrião e baixa viabilidade polínica, têm sido descritos para outras espécies de cerrado, inclusive espécies sexuadas (Goldenberg e Shepherd, 1998; Salomão e Allem, 2001), indicando que processos de apomixia podem ser muito mais comuns, ecológica e evolutivamente importantes para plantas lenhosas tropicais (Allem, 2003). A apomixia deve atribuir a essas espécies uma maior capacidade de colonização já que independem de polinizadores e, efetivamente, espécies apomíticas de Melastomataceae têm distribuição ampla nesses ambientes (Goldenberg, 2000). Espécies sexuadas devem ser muito mais dependentes de habitats estáveis, com populações ativas de insetos polinizadores, que as populações de espécies apomíticas (Stebbins, 1985; Goldenberg, 2000).

Essas relações entre polinizadores e plantas devem ser particularmente importantes em áreas de endemismo, como os campos rupestres. Nessas áreas, as plantas são comumente autocompatíveis (Milla *et al.*, em preparação), o que deve levar a endogamia e diferenciação entre populações, explicando a frequência de endemismos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das limitações dos estudos e da própria revisão aqui apresentada, de maneira geral os trabalhos mostram a interdependência entre plantas e polinizadores e a predominância de sistemas baseados em guildas, com interações mais especializadas restritas a alguns ambientes e grupos específicos. Os estudos envolvem espécies ou grupos de espécies, tendo enfoque na paisagem ou na conservação ainda raros e restritos a alguns ambientes.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos organizadores e ao CNPq pelo apoio e incentivo para organização do trabalho. Agradecemos às instituições de ensino e pesquisa e às FAPs estaduais que possibilitaram a realização dos trabalhos aqui discutidos e têm dado suporte para esses estudos básicos de interações entre plantas e polinizadores no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALLEM, A. "Optimization Theory in Plant Evolution: an Overview of Long-term Evolutionary Prospects in the Angiosperms". *The Botanical Review*, 69(3): 225-251, 2003.
- AMORIM, F. W. *A Comunidade de Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e Plantas Esfingófilas numa Área de Cerrado no Sudeste do Brasil: Biogeografia e Associações Mutualísticas*. Dissertação (mestrado) – Ecologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2008.
- AMORIM, F. W.; ÁVILA JR, R. S.; DE CAMARGO, A. J. A.; VIEIRA, A. L. & OLIVEIRA, P. E. "A Hawkmoth Crossroads? Species Richness, Seasonality and Biogeographical Affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado". *Journal of Biogeography*, 36: 662-674, 2008.
- ANDERSON, A.; OVERAL, W. & HENDERSON, A. "Pollination Ecology of a Forest-dominant Palm (*Orbignya phalerata* Mart.) in Northern Brazil". *Biotropica*, 20(3): 192-205, 1988.
- ARAÚJO, F. P. & OLIVEIRA, P. E. "Biologia Floral de *Costus spiralis* (Jacq.) Roscoe (Costaceae) e Mecanismos para Evitar a Autopolinização". *Revista Brasileira de Botânica*, 30(1): 59-67, 2007.
- ASHTON, P. S. "Speciation among Tropical Forest Trees: Some Deductions in the Light of Recent Evidence". *Biological Journal of the Linnean Society*, 1(1-2): 155-196, 1969.
- AVILA JR., R. S. *Composição, Fenologia Reprodutiva e Biologia da Polinização de Espécies Esfingófilas no Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Picinguaba)*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2009.
- BARBOSA, A. A. A. & SAZIMA, M. "Biologia Reprodutiva de Plantas Herbáceo-arbustivas de uma Área de Campo Sujo de Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. & RIBEIRO, J. F. (Eds.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2008, pp. 291-318.
- BAWA, K. S. "Breeding Systems of Tree Species of a Lowland Tropical Community". *Evolution*, 28(1): 85-92, 1974.
- BENEZAR, R. M. C. & PESSONI, L. A. "Biologia Floral e Sistema Reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma Savana Amazônica". *Acta Amazonica*, 36: 159-168, 2006.

- BITTRICH, V. & AMARAL, M. C. E. "Pollination Biology of *Symphonia globulifera* (Clusiaceae)". *Plant Systematics and Evolution*, 200(1-2): 101-110, 1996.
- BLACK, G. A.; DOBZHANSKY, T. H. & PAVAN, C. "Some Attempts to Estimate Species Diversity and Population Density of Trees in Amazonian Forests". *Botanical Gazette*, 111(4): 413-425, 1950.
- BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A. & RIBEIRO, J. F. "Biogeographic Patterns, Beta-diversity and Dominance in the Cerrado Biome of Brazil". *Biodiversity and Conservation*, 13(12): 2295-2317, 2004.
- BUZATO, S.; SAZIMA, M. & SAZIMA, I. "Hummingbird-pollinated Floras at Three Atlantic Forest Sites". *Biotropica*, 32(4b): 824-841, 2000.
- CARMAN, J. G. "Asynchronous Expression of Duplicate Genes in Angiosperms May Cause Apomixis, Bispority, Tetraspority, and Polyembryony". *Biological Journal of the Linnean Society*, 61(1): 51-94, 1997.
- CARVALHO, R. & WEBBER, A. C. "Biologia Floral de *Unonopsis guatterioides* (ADC) RE Fr., uma Annonaceae Polinizada por Euglossini". *Revista Brasileira de Botânica*, 23(4): 421-425, 2000.
- CASTRO, C. C.; OLIVEIRA, P. & ALVES, M. C. "Breeding System and Floral Morphometry of Distylous *Psychotria* L. Species in the Atlantic Rain Forest, SE Brazil". *Plant Biology*, 6: 755-760, 2004.
- CAVALCANTE, M. C. *Visitantes Florais e Polinização da Castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa H. & B.) em Cultivo na Amazônia Central*. Dissertação (mestrado) – Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.
- COLLEVATTI, R.; GRATTAPAGLIA, D. & HAY, J. "Population Genetic Structure of the Endangered Tropical Tree Species *Caryocar brasiliense*, Based on Variability at Microsatellite loci". *Molecular Ecology*, 10(2): 349-356, 2001.
- COSTA, M.; SAMPAIO, D.; PAOLI, A. & LEITE, S. "Polyembryony and Aspects of Embryogenesis in *Tabebuia ochracea* (Chamisso) Standley (Bignoniaceae)". *Revista Brasileira de Botânica*, 27: 395-406, 2004.
- DANIELI-SILVA, A. *Ecologia Reprodutiva e Polinização por Tripes em *Ocotea porosa* (Lauraceae), uma Espécie Ameaçada de Extinção*. Dissertação (mestrado) – Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.
- DARWIN, C. "Fritz Müller on Flowers and Insects". *Nature*, 17(422): 78-79, 1877.
- DICK, C. W. "Genetic Rescue of Remnant Tropical Trees by an Alien Pollinator". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268(1483): 2391-2396, 2001.
- FEDOROV, A. A. "The Structure of the Tropical Rain Forest and Speciation in the Humid Tropics". *The Journal of Ecology*, 54: 1-11, 1966.
- FREITAS, L. & SAZIMA, M. "Pollination Biology in a Tropical High-altitude Grassland in Brazil: Interactions at the Community Level". *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93(3): 465-516, 2006.
- FREITAS, L.; WOLOWSKI, M. & SIGILIANO, M. I. "Ocorrência de Limitação Polínica em Plantas de Mata Atlântica". *Oecologia Australis*, 14(1): 251-265, 2010.
- GIRÃO, L.; LOPES, A.; TABARELLI, M. & BRUNA, E. "Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape". *PLoS One*, 2(9): 908, 2007.

- GOLDENBERG, R. “Apomixia como Alternativa à Reprodução Sexuada em Melastomataceae”. In: CAVALCANTI, T. & WALTER, B. (Eds.). *Tópicos Atuais em Botânica*. Brasília, SBB/Embrapa, 2000, pp. 23-29.
- GOLDENBERG, R. & SHEPHERD, G. “Studies on the Reproductive Biology of Melastomataceae in ‘Cerrado’ Vegetation”. *Plant Systematics and Evolution*, 211(1): 13-29, 1998.
- GONÇALVES, R. B. & MELO, G. A. R. “A Comunidade de Abelhas (Hymenoptera, Apidae *s.l.*) em uma Área Restrita de Campo Natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: Diversidade, Fenologia e Fontes Florais de Alimento”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 49(4): 557-571, 2005.
- GOTTSBERGER, G. “Some Aspects of Beetle Pollination in the Evolution of Flowering Plants”. *Plant Systematics and Evolution*, 1: 211-26, 1977.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. *Life in the Cerrado: a South American Tropical Seasonal Ecosystem*. Ulm, Reta Verlag, 2006.
- GRIBEL, R. & GIBBS, P. “High Outbreeding as a Consequence of Selfed Ovule Mortality and Single Vector Bat Pollination in the Amazonian Tree *Pseudobombax munguba* (Bombacaceae)”. *International Journal of Plant Sciences*, 163(6): 1035-1043, 2002.
- GRIBEL, R.; GIBBS, P. & QUEIRÓZ, A. “Flowering Phenology and Pollination Biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia”. *Journal of Tropical Ecology*, 15(3): 247-263, 1999.
- HARTER, B.; LEISTIKOW, C.; WILMS, W.; TRUYLIO, B. & ENGELS, W. “Bees Collecting Pollen from Flowers with Poricidal Anthers in a South Brazilian Araucaria Forest: a Community Study”. *Journal of Apicultural Research*, 41(1-2): 9-16, 2002.
- HOPKINS, H. “Floral Biology and Pollination Ecology of the Neotropical Species of *Parikia*”. *The Journal of Ecology*, 72(1): 1-23, 1984.
- JORGE, C.; MARINONI, L. & MARINONI, R. “Diversidade de Syrphidae (Diptera) em Cinco Áreas com Situações Florísticas Distintas no Parque Estadual Vila Velha em Ponta Grossa, Paraná”. *Iheringia, Série Zoologia*, 97: 452-460, 2007.
- KAEHLER, M.; VARASSIN, I. & GOLDENBERG, R. “Polinização em uma Comunidade de Bromélias em Floresta Atlântica Alto-montana no Estado do Paraná, Brasil”. *Revista Brasileira de Botânica*, 28(2): 219-228, 2005.
- KANASHIRO, M. *Reproductive Biology of Cordia goeldiana, a Neotropical Heterostylous Species*. Thesis (master) – Department of Forestry, North Carolina State University, Raleigh, NC. 1986.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. & WASER, N. M. “Endangered Mutualisms: the Conservation of Plant-pollinator Interactions”. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 83-112, 1998.
- KLEIN, D.; FREITAS, L. & DA CUNHA, M. “Self-incompatibility in a Distylous Species of Rubiaceae: Is There a Single Incompatibility Response of the Morphs?”. *Sexual Plant Reproduction*, 22(3): 121-131, 2009.
- KOLTUNOW, A. “Apomixis: Embryo Sacs and Embryos Formed without Meiosis or Fertilization in Ovules”. *The Plant Cell*, 5(10): 1425-1437, 1993.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R. L.; FAY, J. P. & THORP, R. W. “The Area Requirements of an Ecosystem Service: Crop Pollination by Native Bee Communities in California”. *Ecology Letters*, 7(11): 1109-1119, 2004.

- KÜCHMEISTER, H.; WEBBER, A. C.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. & GOTTSBERGER, G. “A Polinização e sua Relação com a Termogênese em Espécies de Arecaceae e Annonaceae da Amazônia Central”. *Acta Amazonica*, 28: 217-245, 1998.
- LACERDA, D.; ACEDO, M.; LEMOS, J. & LOVATO, M. “Genetic Diversity and Structure of Natural Populations of *Plathymenia reticulata* (Mimosoideae), a Tropical Tree from the Brazilian Cerrado”. *Molecular Ecology*, 10(5): 1143-1152, 2001.
- LENZI, M.; MATOS, J. & ORTH, A. “Variação Morfológica e Reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae)”. *Acta Botanica Brasilica*, 20: 487-500, 2006.
- LOPES, A.; GIRÃO, L.; SANTOS, B.; PERES, C. & TABARELLI, M. “Long-term Erosion of Tree Reproductive Trait Diversity in Edge-dominated Atlantic Forest Fragments”. *Biological Conservation*, 142(6): 1154-1165, 2009.
- LOPES, L.; BLOCHTEIN, B. & OTT, A. “Diversidade de Insetos Antófilos em Áreas com Reflorestamento de Eucalipto, Município de Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil”. *Iheringia, Série Zoologia*, 97(2): 181-193, 2007.
- MACHADO, I. C. & LOPES, A. V. “Floral Traits and Pollination Systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest”. *Annals of Botany*, 94(3): 365-376, 2004.
- MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. & SAZIMA, M. “Plant Sexual Systems and a Review of the Breeding System Studies in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest”. *Annals of Botany*, 97(2): 277-287, 2006.
- MARINONI, L.; MIRANDA, G. & THOMPSON, F. “Abundância e Riqueza de Espécies de Syrphidae (Diptera) em Áreas de Borda e Interior de Floresta no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(4): 553-559, 2004.
- MARTINS, R. & GRIBEL, R. “Polinização de *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaceae) uma Árvore Emergente da Amazônia Central”. *Revista Brasileira de Botânica*, 30(1): 37-45, 2007.
- MATALLANA, G.; GODINHO, M.; GUILHERME, F.; BELISARIO, M.; COSER, T. & WENDT, T. “Breeding Systems of Bromeliaceae Species: Evolution of Selfing in the Context of Sympatric Occurrence”. *Plant Systematics and Evolution*, 289: 57-65, 2010.
- MAUÉS, M. M. “Reproductive Phenology and Pollination of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia”. In: KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollination Bees: the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, pp. 245-254.
- _____. *Estratégias Reprodutivas de Espécies Arbóreas e a sua Importância para o Manejo e Conservação Florestal: Floresta Nacional do Tapajós (Belterra-PA)*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.
- MAUÉS, M. M. & COUTURIER, G. “Biologia Floral e Fenologia Reprodutiva do Camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh, Myrtaceae) no Estado Pará, Brasil”. *Revista Brasileira de Botânica*, 25(4): 441-448, 2002.
- MAUÉS, M. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. & KANASHIRO, M. “Reduced Impact Logging and its Effects on the Pollination of Amazonian Trees”. In: 9th International Pollination Symposium on Plant-Pollinator Relationships – Diversity in Action, Iowa State University. *Proceedings*. 2007, pp. 50-51.

- MAUÉS, M. M. & OLIVEIRA, P. E. A. M. “Consequências da Fragmentação do Hábitat na Ecologia Reprodutiva de Espécies Arbóreas em Florestas Tropicais, com Ênfase na Amazônia”. *Oecologia Australis*, 14(1): 238-250, 2010.
- _____. “Pollination Biology in *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. (Bignoniaceae) at the ‘Floresta Nacional do Tapajós’, Central Amazon, Brazil”. *Revista Brasileira de Botânica*, 31: 517-527, 2008.
- MAUÉS, M. M.; SOUZA, L. A. & MIYANAGA, R. *Insetos Polinizadores do Cupuaçuzeiro (Theobroma grandiflorum Willd. Ex Sprengel) Schum. Sterculiaceae no Estado do Pará, Brasil*. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 12:1-19, 2000 (Circular Técnica).
- MAUÉS, M. M.; SOUZA, M. S. & KANASHIRO, M. “The Importance of Solitary Bees on the Reproductive Biology of Timber Trees at the Tapajós National Forest, Brazil”. In: International Workshop on Solitary Bees and their Role in Pollination, Beberibe. *Proceedings*. Universidade Federal do Ceará, 2004, pp. 241-254.
- MAUÉS, M. M. & VENTURIERI, G. C. “Pollination Ecology of *Platonia insignis* Mart. Clusiaceae, a Fruit Tree from Eastern Amazon Region”. *Acta Horticulturae*, 437: 255-259, 1997.
- MENDES-RODRIGUES, C.; CARMO-OLIVEIRA, R.; TALAVERA, S.; ARISTA, M.; ORTIZ, P. & OLIVEIRA, P. “Polyembryony and Apomixis in *Eriotheca pubescens* (Malvaceae-Bombacoideae)”. *Plant Biology*, 7: 533-540, 2005.
- MENDONÇA, R.; FELFILI, J.; WALTER, B.; SILVA-JÚNIOR, M.; REZENDE, A.; FILGUEIRAS, T.; NOGUEIRA, P. & FAGG, C. “Flora Vascular do Bioma Cerrado: *Checklist* com 12.356 Espécies”. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. & RIBEIRO, J. (Eds.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília, Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, 2008, pp. 421-1279.
- MOGIE, M. *The Evolution of Asexual Reproduction in Plants*. New York, Chapman and Hall, 1992.
- MORALES, M. & KÖHLER, A. “Comunidade de Syrphidae (Diptera): Diversidade e Preferências Florais no Cinturão Verde (Santa Cruz do Sul, RS, Brasil)”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(1): 41-49, 2008.
- MORI, S. & BOEKE, J. D. “Pollination”. In: MORI, S. (Ed.). *The Lecythidaceae of a Lowland Neotropical Forest: La Fumée Mountain, French Guiana*. New York, Memoirs of the New York Botanical Garden, 1987, pp. 137-155.
- MORI, S.; SILVA, L. & SANTOS, T. “Observações sobre a Fenologia e Biologia Floral de *Lecythis pisonis* Cambess. (Lecythidaceae)”. *Revista Theobroma*, 10(3): 103-111, 1980.
- MÜLLER, C.; RODRIGUES, I.; MÜLLER, A. & MÜLLER, N. *Castanha-do-brasil: Resultados de Pesquisa*. Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, 1980.
- MÜLLER, H. & DELPINO, F. “Application of the Darwinian Theory to Flowers and the Insects which Visit them”. *American Naturalist*, 5: 271-297, 1869.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.; MITTERMEIER, C.; DA FONSECA, G. & KENT, J. “Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities”. *Nature*, 403(6772): 853-858, 2000.
- NOVAES, R.; LEMOS-FILHO, J.; RIBEIRO, R. & LOVATO, M. “Phylogeography of *Plathymentia reticulata* (Leguminosae) Reveals Patterns of Recent Range Expansion Towards Northeastern Brazil and Southern Cerrados in Eastern Tropical South America”. *Molecular Ecology*, 19(5): 985-998, 2010.

- OLIVEIRA, M.; COUTURIER, G. & BESERRA, P. “Biologia da Polinização da Palmeira Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil”. *Acta Botanica Brasilica*, 17(3): 343-353, 2003.
- OLIVEIRA, P. E. & GIBBS, P. “Pollination and Reproductive Biology in Cerrado Plant Communities”. In: OLIVEIRA, P. S. & MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Washington, Columbia University Press, 2002, pp. 329-347.
- OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. & BARBOSA, A. “Moth Pollination of Woody Species in the Cerrados of Central Brazil: a Case of So Much Owed to So Few?”. *Plant Systematics and Evolution*, 245(1): 41-54, 2004.
- OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P.; BARBOSA, A. & TALAVERA, S. “Contrasting Breeding Systems in Two *Eriotheca* (Bombacaceae) Species of the Brazilian Cerrados”. *Plant Systematics and Evolution*, 179(3): 207-219, 1992.
- OLIVEIRA, P. E. & PAULA, F. “Fenologia e Biologia Reprodutiva de Plantas de Matas de Galeria. In: RIBEIRO, J.; FONSECA, C. & SOUSA-SILVA, J. (Eds.). *Cerrado: Caracterização e Recuperação de Matas de Galeria*. Planaltina, Embrapa, 2001, pp. 303-332.
- PANSARIN, E. & AMARAL, M. “Reproductive Biology and Pollination of Southeastern Brazilian *Stanhopea* Frost ex Hook. (Orchidaceae)”. *Flora*, 204(3): 238-249, 2009.
- PIACENTINI, V. & VARASSIN, I. “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(6): 663-671, 2007.
- PIEPADE, L. & RANGA, N. “Ecologia da Polinização de *Galipea jasminiflora* Engler (Rutaceae)”. *Revista Brasileira de Botânica*, 16(2): 151-157, 1993.
- PINHEIRO, M.; ABRÃO, B.; HARTE-MARQUES, B. & MIOTTO, S. “Floral Resources Used by Insects in a Grassland Community in Southern Brazil”. *Revista Brasileira de Botânica*, 31: 469-489, 2008.
- PIRES, J. & FREITAS, L. “Reproductive Biology of Two Tree Species of Leguminosae in a Montane Rain Forest in Southeastern Brazil”. *Flora*, 203: 491-498, 2008.
- PRANCE, G. “The Pollination and Androphore Structure of Some Amazonian Lecythydaceae”. *Biotropica*, 8(4): 235-241, 1976.
- _____. “A Note on the Pollination of *Nymphaea amazonum* Mart. & Zucc. (Nymphaeaceae)”. *Brittonia*, 32(4): 505-507, 1980.
- _____. “The Pollination of Amazonian Plants”. In: PRANCE, G. T. & LOVEJOY, T. E. (Ed.). *Key Environments: Amazonia*. New York, Pergamon Press, 1985, pp. 166-191.
- PRANCE, G. & MORI, S. A. “Future Research”. In: MORI, S. A. (Ed.). *The Lecythydaceae of a Lowland Neotropical Forest: La Fumée Mountain, French Guiana*. New York, Memoirs of The New York Botanical Garden, 1987, pp. 156-163.
- RAMALHO, M. “Stingless Bees and Mass Flowering Trees in the Canopy of Atlantic Forest: a Tight Relationship”. *Acta Botanica Brasilica*, 18: 37-47, 2004.
- ROCCA, M. & SAZIMA, M. “Ornithophilous Canopy Species in the Atlantic Rain Forest of Southeastern Brazil”. *Journal of Field Ornithology*, 79(2): 130-137, 2008.
- SALOMÃO, A. & ALLEM, A. “Polyembryony in Angiospermous Trees of the Brazilian Cerrado and Caatinga Vegetation”. *Acta Botanica Brasilica*, 15: 369-378, 2001.
- SANMARTIN-GAJARDO, I. & SAZIMA, M. “Chiropterophily in Sinningieae (Gesne-

- riaceae): *Sinningia brasiliensis* and *Paliavana prasinata* are Bat-Pollinated, but *P. sericiflora* Is Not. Not Yet?”. *Annals of Botany*, 95(7): 1097, 2005.
- SARAIVA, L.; CESAR, O. & MONTEIRO, R. “Breeding Systems of Shrubs and Trees of a Brazilian Savanna”. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 39: 751-764, 1996.
- SAVIDAN, Y. H. “Evolução em Gramíneas Tropicais com Especial Referência à Apomixia”. In: AGUIAR-PERECIN, M. L. R.; MARTINS, P. S. & BANDEL, G. (Eds.). *Tópicos de Citogenética e Evolução de Plantas*. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1985, pp. 37-50.
- SAZIMA, I.; BUZATO, S. & SAZIMA, M. “An Assemblage of Hummingbird-pollinated Flowers in a Montane Forest in Southeastern Brazil”. *Botanica Acta*, 109(2): 149-160, 1996.
- SAZIMA, M. “Observações sobre Polinização em Velloziaceae”. *Ciência e Cultura*, 24(6): 335, 1972.
- SAZIMA, M. & SAZIMA, I. “Quiropterofilia em *Lafoensia pacari* St.Hil (Lythraceae), na Serra do Cipó, Minas Gerais”. *Ciência e Cultura*, 27: 406-416, 1975.
- SAZIMA, M.; SAZIMA, I. & BUZATO, S. “Bat-pollinated Flower Assemblages and Bat Visitors at Two Atlantic Forest Sites in Brazil”. *Annals of Botany*, 83(6): 705-712, 1999.
- SCHLINDWEIN, C. “Frequent Oligolecty Characterizing a Diverse Bee-plant Community in a Xerophytic Bushland of Subtropical Brazil”. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33(1): 46-59, 1998.
- SCHLINDWEIN, C. & WITTMANN, D. “Micro-foraging Routes of *Bicolletes pampeana* (Colletidae) and Bee-induced Pollen Presentation in *Cajophora arechavaletae* (Loasaceae)”. *Botanica Acta*, 110(2): 177-183, 1997.
- SIGRIST, M. & SAZIMA, M. “Pollination and Reproductive Biology of Twelve Species of Neotropical Malpighiaceae: Stigma Morphology and its Implications for the Breeding System”. *Annals of Botany*, 94(1): 33, 2004.
- SILVA, A.; KINUPP, V.; ABSY, M. & KERR, W. “Pollen Morphology and Study of the Visitors (Hymenoptera, Apidae) of *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) in Central Amazon”. *Acta Botanica Brasilica*, 18: 653-657, 2004.
- SILVA, C. I.; ARISTA, M.; ORTIZ, P. L.; BAUERMANN, S. G.; EVALDT, A. C. P. & OLIVEIRA, P. E. *Catálogo Polínico: Palinologia Aplicada em Estudos de Conservação de Abelhas do Gênero Xylocopa no Triângulo Mineiro*. Uberlândia, Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2010.
- SILVA, F.; SCHWADE, M. & WEBBER, A. “Fenologia, Biologia Floral e Polinização de *Erythroxylum cf macrophyllum* (Erythroxylaceae), na Amazônia Central”. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(1): 186-188, 2007.
- SIMON, M.; GREYER, R.; DE QUEIROZ, L.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R. & HUGHES, C. “Recent Assembly of the Cerrado, a Neotropical Plant Diversity Hotspot, by *in situ* Evolution of Adaptations to Fire”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(48): 20359-20364, 2009.
- SINGER, R. & COCUCCI, A. “Pollination Mechanism in Southern Brazilian Orchids which Are Exclusively or Mainly Pollinated by Halictid Bees”. *Plant Systematics and Evolution*, 217(1): 101-117, 1999.
- SINGER, R. & SAZIMA, M. “The Pollination Mechanism of Three Sympatric *Prescottia*

- (Orchidaceae: Prescottinae) Species in Southeastern Brazil”. *Annals of Botany*, 88(6): 999-1005, 2001.
- SOUZA, D.; LENZI, M. & ORTH, A. “Contribuição à Ecologia da Polinização de *Tabebuia pulcherrima* (Bignoniaceae) em Área de Restinga, no Sul de Santa Catarina”. *Biotemas*, 17(2): 47-66, 2004.
- STEBBINS, G. “Polyploidy, Hybridization, and the Invasion of New Habitats”. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 72(4): 824-832, 1985.
- STORTI, E. “Biologia Floral de *Mauritia flexuosa* Lyn. Fil, na Região de Manaus, AM, Brasil”. *Acta Amazonica*, 23: 371-381, 1983.
- VASQUEZ, S. & WEBBER, A. “Biologia Floral e Polinização de *Casearia grandiflora*, *Casearia javitensis* e *Lindackeria paludosa* (Flacourtiaceae) na Região de Manaus, AM”. *Revista Brasileira de Botânica*, 33: 131-141, 2010.
- VENTURIERI, G. C. “Reproductive Ecology of *Schizolobium amazonicum* Huber ex Duke and *Sclerolobium paniculatum* Vogel (Caesalpiniaceae) and Its Importance in Forestry Management Projects”. *Acta Horticulturae*, 437: 65-69, 1997.
- VICENTINI, A. & FISCHER, E. “Pollination of *Moronobea coccinea* (Clusiaceae) by the Golden Winged Parakeet in the Central Amazon”. *Biotropica*, 31(4): 692-696, 1999.
- VOSGUERITCHIAN, S. B. *Redes de Interação Plantas-visitantes Florais e a Restauração de Processos Ecológicos em Florestas Tropicais*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.
- WEBBER, A. “Alguns Aspectos da Biologia Floral de *Annona sericea* Dun. (Annonaceae). *Acta Amazonica*, 11(1): 61-65, 1981.
- WEBBER, A. & GOTTSBERGER, G. “Floral Biology and Pollination of *Cymbopetalum euneurum* in Manaus, Amazonia”. *Annonaceae Newsletter* 9: 25-28, 1993.
- _____. “Floral Biology and Pollination of *Bocageopsis multiflora* and *Oxandra euneura* in Central Amazonia, with Remarks on the Evolution of Stamens in Annonaceae”. *Feddes Repertorium*, 106(5-8): 515-524, 1996.
- WENDT, T.; COSER, T.; MATALLANA, G. & GUILHERME, F. “An Apparent Lack of Prezygotic Reproductive Isolation among 42 Sympatric Species of Bromeliaceae in Southeastern Brazil”. *Plant Systematics and Evolution*, 275(1): 31-41, 2008.
- WITTMANN, D.; RADTKE, R.; CURE, J. & SCHIFINO-WITTMANN, M. “Coevolved Reproductive Strategies in the Oligolectic Bee *Callonychium petuniae* (Apoidea, Andrenidae) and Three Purple Flowered *Petunia* species (Solanaceae) in Southern Brazil”. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 28(3): 157-165, 1990.



3. A Polinização no Contexto da Paisagem: O que de Fato Sabemos e o que Precisamos Saber?

*Blandina Felipe Viana, Danilo Boscolo, Eduardo Mariano Neto,
Luciano Elsinor Lopes, Ariadna Valentina Lopes, Patrícia Alves Ferreira,
Camila Magalhães Pigozzo, Luis Primo*

Nos últimos anos tem-se observado, na literatura especializada, um crescimento no número de publicações que abordam a relação entre as modificações nas paisagens e os serviços de polinização. Essas modificações são resultantes, principalmente, do uso intensivo do solo, que leva à perda de ambientes naturais e à sua fragmentação (Steffan-Dewenter e Westphal, 2008). O comportamento, a riqueza, a composição de espécies e a abundância dos polinizadores são comumente afetados negativamente por essas modificações (Taki e Kevan, 2007; Ricketts *et al.*, 2008; Meyer *et al.*, 2009; Winfree *et al.*, 2009), por provocarem redução na oferta de recursos, pela falta de habitats adequados e por aumentarem o isolamento de ambientes favoráveis (Hirsch *et al.*, 2003; Chacoff e Aizen, 2006; Ricketts *et al.*, 2008; Sjödin *et al.*, 2008; Aizen *et al.*, 2009; Holzschuh *et al.*, 2010). Como consequência, o fluxo de pólen e a reprodução sexuada das plantas são alterados, decorrendo, na maioria dos casos, em diminuição da quantidade e qualidade de frutos e sementes produzidas (Aizen e Feinsinger, 1994a, 1994b; Ghazoul e Mcleish, 2001; Tomimatsu e Ohara, 2002; Aguilar *et al.*, 2006; Chacoff e Aizen, 2006).

As alterações na estrutura das paisagens são consideradas as principais causas da limitação dos serviços de polinização em sistemas agrícolas (Kremen *et al.*, 2002; Steffan-Dewenter e Westphal, 2008). Diversos cultivos são diretamente afetados com quedas na produtividade, ameaçando a diversidade e a estabilidade dos sistemas de produção de alimento no mundo (Steffan-Dewenter *et al.*, 2005; Tscharrntke *et al.*, 2005; Chacoff e Aizen, 2006). Nos Estados Unidos, a compilação dos resultados desses estudos vem sendo usada para desenvolver modelos preditivos dos serviços de polinização em paisagens compostas por manchas de ambientes naturais entremeadas por matrizes agrícolas (Lonsdorf *et al.*, 2009). Esses modelos são baseados em dados sobre a disponibilidade de locais para nidificação, de recursos florais e nas distâncias de voo dos polinizadores. Assim, tem sido possível prever a disponibilidade dos polinizadores no entorno dos cultivos agrícolas. Além disso, propostas para a restauração de paisagens degradadas pelo uso intensivo do

solo vêm sendo feitas em países do Hemisfério Norte a partir das sínteses desses estudos (Kremen, 2005; Forup *et al.*, 2008; Dixon, 2009).

Contudo, dada a diversidade e a complexidade das estratégias reprodutivas das plantas nos ambientes tropicais, somadas à escassez de estudos sistemáticos que quantifiquem os efeitos da perda de ambientes naturais e da configuração das paisagens sobre os serviços de polinização nesses locais (Girão *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2009; Tabarelli *et al.*, 2010), nós ainda possuímos capacidade limitada de prever como alterações nas paisagens tropicais afetarão a composição de espécies dos polinizadores e os processos de polinização, tanto em ecossistemas nativos quanto em cultivos agrícolas.

Revisões recentes evidenciam que a perda de polinizadores em agroecossistemas é mais rápida nos trópicos que nas regiões temperadas e que o aumento da área cultivada necessária para compensar o *déficit* de polinização tem sido menor nos países desenvolvidos e maior naqueles em desenvolvimento, os quais possuem, em geral, menor tecnologia agrícola e estão majoritariamente situados nas regiões tropicais (Aizen *et al.*, 2009). Essa diferença indica um possível aumento futuro nos conflitos de terra, além da aceleração dos processos de desmatamento e intensificação da pressão antrópica sobre os remanescentes de vegetação natural, com importantes consequências práticas, especialmente para o Brasil, país de grande produção agrícola, mas ainda com significativas áreas naturais preservadas.

Dentro desse contexto, torna-se evidente a necessidade de identificar as lacunas de conhecimento que ainda devem ser preenchidas, com o intuito de fornecer informações que possam contribuir na geração de soluções adequadas para a limitação de polinização em paisagens tropicais degradadas para nortear as políticas de conservação de polinizadores.

Assim, com o objetivo de oferecer tais informações que possam contribuir para o preenchimento dessas lacunas, o presente trabalho apresenta os resultados de uma ampla revisão da literatura sobre o tema. Inicialmente, apresentamos uma breve descrição dos procedimentos usados na revisão de literatura e na análise dos dados. Em seguida os problemas que identificamos relacionados às definições dos termos e a metodologia dos estudos. Na sequência, são apresentados os padrões gerais e as principais relações entre organização espacial de ambientes e os polinizadores e organização espacial de ambientes e os serviços de polinização. Finalmente, indicamos algumas diretrizes que visam nortear ações de conservação de polinizadores e recuperação de paisagens degradadas no Brasil e no mundo.

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento dos artigos publicados sobre o tema foi realizado no final do mês de julho de 2010 na base de dados *Web of Science – Science Citation*

*Index Expanded*¹, utilizando a combinação das palavras-chave: “Landscape AND Pollination” e “Friendly landscape AND Pollinator”. A busca foi feita pelo filtro “topic”, que busca as palavras definidas no título, palavras-chave e corpo do texto. Os artigos foram selecionados com base no número de vezes em que foram citados, independentemente do periódico no qual foram publicados. Em leitura preliminar, artigos que não tratavam do tema de interesse e que foram citados menos que trinta vezes foram excluídos da análise. Já os que se enquadravam no tema foram analisados detalhadamente.

Para padronização e objetividade na análise dos artigos, foi produzida uma tabela de meta-análise a qual incluiu uma lista padronizada dos artigos, o que permitiu a compilação e quantificação das características desses trabalhos. Essa tabela compõe-se de 26 itens selecionados para coleta de informações e descrição de cada publicação analisada. Algumas das informações brutas foram posteriormente categorizadas para permitir análises cientométricas e de padrões gerais no universo de publicações (Tabela 3.1). Assim, foi possível realizar diferentes análises exploratórias para identificação de padrões gerais e evolução temporal das tendências mundiais de produção científica sobre a relação entre estrutura da paisagem e disponibilidade de polinizadores e serviços de polinização.

DEFINIÇÕES E PADRONIZAÇÃO METODOLÓGICA

A definição de conceitos e, em alguns casos, sua padronização são um aspecto importante para a realização de revisões do conhecimento científico para a aplicação em propostas de gestão ambiental. O maior problema da falta de conceituação e normatização adequada dos termos utilizados em trabalhos científicos é acabar por se atribuir o efeito de certo fator a outro semelhante, mas essencialmente diferente, o que pode dificultar o entendimento do texto e/ou levar a conclusões errôneas. A necessidade dessas padronizações foi discutida por Fahrig (2003) em relação ao conceito de fragmentação de hábitat, o qual tem sido utilizado, segundo essa autora, com diferentes significados, englobando em um mesmo termo as ideias de: 1. subdivisão de uma mesma área total de hábitat em diferentes manchas descontínuas (fragmentação *per se*); 2. redução da área total de hábitat; 3. aumento do isolamento entre manchas; 4. alterações na qualidade das manchas devido a diferentes tipos de manejo entre outros.

Em revisões ou meta-análises, como a que executamos neste estudo, é essencial agrupar os trabalhos que avaliam efeitos de um mesmo aspecto da paisagem usando os conceitos de forma consistente com seu real significado. Alguns dos estudos analisados claramente confundiam processos de simples perda ou remo-

1. <<http://portal.isiknowledge.com/>>

ção de ambientes naturais com eventos de fragmentação de habitats. Segundo Fahrig (2003), esse tipo de confusão é inocente e deveria ser evitada, visto que suas consequências para a conservação biológica são essencialmente distintas, apesar de ambos os processos comumente ocorrerem em conjunto na natureza. Artigos como os de Lennartsson (2002) e Steffan-Dewenter *et al.* (2001) claramente apresentaram esses conceitos de forma imprecisa, confusão essa menos incidente, mas não extinta, em artigos a partir de 2004.

Outro conceito controverso foi o de matriz, o qual tem sido utilizado de diversas maneiras na literatura em ecologia de paisagens. Os sentidos mais atribuídos são de matriz como “unidade dominante da paisagem (espacial e/ou funcionalmente)” ou como “conjunto de unidades de não habitat” (Metzger, 2001), ambos definindo como um atributo da paisagem. Em vários estudos utilizados nesta revisão, a palavra matriz era muitas vezes usada sem uma definição explícita, significando, por exemplo, o entorno próximo do fragmento estudado que poderia ser mais bem definido como contexto ou contato, dependendo da situação. Muitas vezes, essas definições eram inespecíficas e não intuitivas, o que dificultava sua interpretação direta. O mesmo problema foi identificado também para os conceitos de manchas, fragmentos, corredores e até mesmo para a definição de paisagem.

Assim, para evitar conclusões errôneas derivadas de problemas conceituais dos termos utilizados nos artigos avaliados, decidimos por padronizar toda a nomenclatura técnica relativa à ecologia de paisagens de acordo com a revisão de Metzger (2001), associada ao estabelecimento formal dos conceitos de fragmentação e perda de habitats proposto por Fahrig (2003). Assim, a definição de paisagem utilizada neste estudo refere-se a certa área onde há um conjunto heterogêneo de ecossistemas (naturais ou antrópicos) interativos, os quais variam em pelo menos um fator, espécies ou processos, segundo um ou mais observadores e em certa escala de observação (Metzger, 2001). Esse conceito é de certa forma amplo, pois possibilita que uma grande variedade de sistemas ecológicos de diferentes tamanhos sejam considerados como paisagens. No entanto, o mesmo estabelece os critérios mínimos para separarmos a paisagem de seus elementos constituintes, como manchas, corredores, bordas e diferentes tipos de matrizes.

Essa padronização foi incluída em nossa tabela de meta-análise com o intuito de eliminar *a priori* a falta de clareza conceitual de alguns artigos e normatizar nossas análises. Assim, todos os artigos foram revisados em busca do real significado de seus termos segundo Metzger (2001) e Fahrig (2003) e corrigidos em nossas tabelas de dados por meio da inclusão de novas colunas normativas, as quais se encontram indicadas na Tabela 3.1. Outros aspectos importantes para que pudéssemos avaliar adequadamente os estudos encontrados foram informações mínimas relevantes que deveriam constar nos artigos, mas que em grande parte dos casos foram omitidas. Algumas destas informações são, por exemplo, a extensão da área de estudo, o tipo de uso e ocupação da terra no entorno dos fragmentos,

entre outros (Tabela 3.1). Sempre que possível, fizemos o esforço de recuperar essas informações para incluí-las em nossas análises.

A padronização de termos aqui apresentada, resultante da nossa experiência na compilação de dados para elaboração deste artigo, poderá ser muito útil na orientação de trabalhos futuros que tenham por objetivo avaliar a influência da estrutura de paisagens sobre a sobrevivência e atividade de polinizadores e suas consequências para os serviços de polinização, pois facilitará o processo de sistematização e análise dos dados, oriundos de vários estudos, para identificação de padrões e estabelecimento de relações entre esses estudos.

PADRÕES GERAIS

Nesta revisão foram encontrados 219 artigos, sendo 166 (75,8%) diretamente relacionados às respostas dos polinizadores às modificações na paisagem. Esses estudos foram publicados em sua maioria entre os anos de 2001 e 2010 (Fig. 3.1), em sessenta periódicos científicos, sendo que 29 deles apresentaram apenas um artigo publicado, enquanto a revista *Biological Conservation* foi meio de divulgação para os resultados de vinte desses estudos (11,9%) (Fig. 3.2). Em geral, pode-se verificar a dominância de revistas especializadas em ecologia e conservação, com praticamente nenhuma representatividade de revistas focadas em ciências agrícolas. A maioria dos estudos encontrados são empíricos observacionais (77,6%), com algumas revisões (11,9%) que tentam consolidar essas informações (Fig. 3.3). No entanto, foram encontrados também seis trabalhos de modelagem (2,7%), todos a partir de 2007. Dos 166 trabalhos diretamente relacionados às respostas dos polinizadores às modificações na paisagem avaliados, 145 (87,3%) buscaram o estabelecimento de relações entre as variáveis analisadas (Fig. 3.4). Os níveis de organização biológica mais avaliados, dentre todos os trabalhos, foram as comunidades, em 124 trabalhos (56,6%), e as populações, em 94 (30,3%; Fig. 3.5).

O primeiro trabalho científico a analisar explicitamente os efeitos de modificações na distribuição espacial do hábitat sobre a atividade de espécies de polinizadores foi realizado no Brasil, na Amazônia Central (Powell e Powell, 1987). No entanto, de sua publicação até o ano 2000, não houve um incremento expressivo do número de trabalhos que tratam da relação entre variações na estrutura da paisagem e seu efeito sobre os processos de polinização, totalizando apenas quinze (8,4%) artigos em treze anos. Vale salientar que entre essas publicações se encontram os trabalhos empíricos realizados por Aizen e Feinsinger (1994a, 1994b), na Argentina, os quais tiveram abordagens no nível de comunidades e observaram declínios na riqueza e abundância de polinizadores nativos com consequências na polinização em fragmentos pequenos e isolados quando comparados a ambientes contínuos. Esses trabalhos podem ser considerados pioneiros dos estudos sobre a

correlação entre estrutura da paisagem, diversidade de polinizadores e processos de polinização.

Somente após o ano 2000 é que podemos identificar uma tendência de aumento no número de publicações científicas acerca dos efeitos da estrutura da paisagem sobre os polinizadores (Fig. 3.1). Foram encontradas apenas onze (6,2%) publicações entre 1995 e 2000, ao passo que nos dois quinquênios subsequentes foram publicados 51 (28,6%) e 151 (68,9%) artigos científicos, respectivamente. Esse aumento deve-se principalmente ao esforço de grupos de pesquisa da Europa e dos Estados Unidos (Fig. 3.6). Isso ocorreu provavelmente em decorrência da crise mundial de polinizadores, identificada durante a década anterior, o que gerou uma demanda científica para se compreender as causas do seu declínio, principalmente das populações de abelhas, em países do Hemisfério Norte (Buchmann e Nabhan, 1996; Kearns *et al.*, 1998).

Esse padrão reflete-se também ao avaliarmos a quantidade de publicações relacionada às respostas apenas dos polinizadores às modificações na paisagem em relação à zona climática onde os estudos foram realizados (Fig. 3.7). Apesar de haver certo equilíbrio histórico, nossos resultados demonstram uma clara tendência atual de aumento de trabalhos executados em zonas temperadas, quando comparadas às tropicais. Entre os anos de 2001 e 2005, ambas as zonas climáticas estavam semelhantemente representadas em relação à quantidade de publicações, com uma leve vantagem para os ambientes tropicais (treze estudos em regiões temperadas e dezessete em tropicais). No entanto, nos cinco anos posteriores (2006 a 2010), houve um grande incremento no número de trabalhos em áreas temperadas (65 artigos), mais que o dobro para os trópicos no mesmo período (29 artigos).

Dentre todos os trabalhos avaliados, a maior parte possui como nível de abordagem a comparação de padrões entre diferentes manchas de ecossistemas naturais ou outros ambientes (Fig. 3.8), com uma grande variação de tamanho. A maioria dos trabalhos, no entanto, não fornece nenhuma informação sobre o tamanho das paisagens/manchas estudadas, e dos que fornecem, a maioria avaliou paisagens com mais de mil hectares (Fig. 3.9). Esses estudos focam principalmente as comunidades de polinizadores, mas cerca de um terço estudou apenas populações de espécies selecionadas (Fig. 3.5). Apesar dessa diferença, os resultados obtidos indicam de forma geral influências positivas do tamanho das manchas de hábitat, assim como efeitos negativos de seu isolamento sobre a abundância e diversidade de polinizadores. Poucos estudos abordaram o problema em questão utilizando como unidades amostrais paisagens inteiras, sendo que cerca de metade desses utilizaram distâncias fixas ao redor de seus pontos de amostragem (*buffers*) para avaliar a estrutura da paisagem que influenciam os polinizadores. Esse tipo de abordagem acentuou-se a partir de 2006 (Fig. 3.8).

Podemos também identificar em nossos resultados uma mudança temporal em relação à importância conferida à matriz inter-hábitat. A menção a aspectos da

matriz era baixa (cerca de um terço dos trabalhos) até 2005 (Fig. 3.10). No entanto, a partir de 2006 a matriz passou a ser mais mencionada. Nesse período, a quantidade de trabalhos que deixaram implícitas as características da matriz foi praticamente a metade daqueles que comentaram abertamente sobre ela. Isso indica um aumento significativo de interesse sobre esse aspecto da paisagem, provavelmente porque estudos anteriores começaram a apontar sua importância.

Antes desse período, diversos artigos demonstraram para vários grupos taxonômicos que a existência de diferentes tipos de matrizes ou até mesmo de pequenas estradas entre manchas de hábitat podem alterar a conectividade funcional da paisagem e ser de grande importância para a sobrevivência de uma população ou comunidade (Clergeau e Burel, 1997; Develey e Stouffer, 2001; Renjifo, 2001). Dentre os trabalhos focando a relação entre paisagem e polinizadores, os contextos mais reportados foram compostos por ambientes mistos, agrícolas ou naturais (Fig. 3.11). Os contextos com matrizes dominadas por pastagens, ambientes urbanos e silviculturas foram poucos e em quantidade semelhante entre si. Após 2006, poucos estudos não disponibilizam nenhuma informação sobre o contexto espacial de onde foram realizados.

Os resultados indicam que fortes grupos de pesquisa se formaram nos Estados Unidos, na Alemanha e no Reino Unido nos últimos quinze anos, especializando-se em abordagens com enfoque sobre as relações entre a estrutura da paisagem e os processos de polinização (Fig. 3.6). O grupo de pesquisa que mais gerou conhecimento sobre o tema situa-se na Alemanha, Laboratório de Agroecologia da Universidade de Göttingen, que é liderado por Teja Tschardt (Fig. 3.12). Apesar da grande quantidade de artigos encontrados nos Estados Unidos e no Reino Unido, esses trabalhos têm uma origem mais plural, sendo provenientes de diferentes grupos de pesquisa. Ainda, apesar da dominância do Hemisfério Norte sobre esse assunto, uma quantidade expressiva de trabalhos foi encontrada para o grupo argentino liderado por Marcelo A. Aizen, demonstrando o potencial sul-americano.

No entanto, considerando-se todos os trabalhos analisados, o Brasil, apesar de ser apenas o quarto país em relação à origem do primeiro autor, é o segundo em relação ao país onde o estudo foi conduzido (Fig. 3.13), superando os Estados Unidos e o Reino Unido, perdendo em número de trabalhos apenas para a Alemanha. Esse resultado era inesperado, pois aparentemente pouco se conhece das relações entre estrutura da paisagem e disponibilidade de polinizadores nos ecossistemas brasileiros. De fato, se considerarmos apenas os trabalhos nos quais as variáveis dependentes estão relacionadas à resposta dos polinizadores, o Brasil cai para a sexta posição, ficando com menos trabalhos inclusive em relação às categorias “diversos” e “não se aplica” (Fig. 3.14). Isso ocorre porque, dos artigos relacionados ao Brasil, a maioria não trata diretamente desse tema, mas apenas o cita rapidamente no texto (e.g. Metzger, 2000; Laurance *et al.*, 2002; Barlow

et al., 2007), ou tem seu foco principal sobre a biologia reprodutiva das plantas (e.g. Dick *et al.*, 2003; Bittencourt e Sebbenn, 2007; Girão *et al.*, 2007; Yamamoto *et al.*, 2007; Borges *et al.*, 2009; Lopes *et al.*, 2009; Moura e Schlindwein, 2009; Tabarelli *et al.*, 2010), sem considerar diretamente os efeitos da paisagem sobre os polinizadores. Em relação aos estudos específicos ao tema conduzidos no Brasil, as abelhas da tribo Euglossini foram os polinizadores mais estudados (Powell e Powell, 1987; Tonhasca *et al.*, 2002a; 2002b; 2003; Milet-Pinheiro e Schlindwein, 2005), o que leva a um forte viés sobre o conhecimento disponível. Em segundo lugar, encontram-se outras abelhas e vespas (Morato e Campos, 2000; Zanette *et al.*, 2005; Lopes e Buzato, 2007). Há, ainda, um trabalho sobre morcegos (Bernard e Fenton, 2007) e outro sobre valoração de serviços ambientais de polinização (De Marco e Coelho, 2004).

O pico de publicações com o primeiro autor sendo brasileiro ocorreu entre 2000 e 2005. Apesar de alguns trabalhos executados no Brasil terem sido liderados por pesquisadores estrangeiros, tal como o artigo mais antigo encontrado (Powell e Powell, 1987), sete dos nove trabalhos diretamente relacionados à resposta dos polinizadores às paisagens brasileiras foram liderados por grupos de pesquisa nacionais (Morato e Campos, 2000; Tonhasca *et al.*, 2002a; 2002b, 2003; De Marco e Coelho, 2004; Milet-Pinheiro e Schlindwein, 2005; Zanette *et al.*, 2005, Lopes e Buzato, 2007). No entanto, esses artigos consistem em iniciativas individuais, visto que não identificamos, dentre esses trabalhos, a dominância de nenhum grupo de pesquisa específico. Isso demonstra que o estudo da relação entre a estrutura da paisagem e a disponibilidade e comportamento de polinizadores, apesar de possuir grande importância e potencial de crescimento, ainda é conduzido de forma anedótica no Brasil.

RELAÇÃO ENTRE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DE AMBIENTES NATURAIS E AGRÍCOLAS E OS POLINIZADORES

Apesar da necessidade de aprofundamento dos estudos realizados até o presente, algumas relações foram claramente estabelecidas na literatura. Vários autores mostram que a organização espacial da paisagem tem grande influência sobre a sobrevivência e a capacidade de dispersão de muitas espécies, visto que a mesma influencia a quantidade de recursos (Andersson *et al.*, 2007) e molda o grau de conectividade² de certa região (Steffan-Dewenter e Tscharrntke, 1999; Brosi *et al.*, 2007). A forma, o tamanho e a disposição espacial das manchas de cada tipo de

2. I.e., a capacidade da paisagem de permitir a movimentação de indivíduos ou processos ecológicos; Taylor, Fahrig, Henein e Merriam, G, "Connectivity is a Vital Element of Landscape Structure", *Oikos*, 68(3): 571-573, 1993.

ambiente natural e a existência de diferentes formas de uso antrópico do solo podem criar locais com diferentes graus de conectividade ou até mesmo barreiras de difícil transposição (Kreyer *et al.*, 2004; Ekroos *et al.*, 2008, Ricketts *et al.*, 2008), o que pode modificar profundamente o fluxo de polinizadores e consequentemente o sucesso dos processos de polinização cruzada (Gathmann e Tschardtke, 2002; Goverde *et al.*, 2002).

É notório que maiores proporções de ambientes naturais ou seminaturais na paisagem possibilitam a manutenção de espécies de polinizadores que com a supressão da vegetação nativa seriam extintas localmente (Laurance *et al.*, 2002; Lennartsson, 2002; Hadley e Betts, 2009). Apesar de muitos tipos de cultivos agrícolas terem a capacidade de prover recursos tróficos a muitas espécies de polinizadores (Westphal *et al.*, 2003; Albrecht *et al.*, 2007; Holzschuh *et al.*, 2008; Klein *et al.*, 2008), esses não são os únicos tipos de recursos necessários à sua sobrevivência. Animais necessitam, além de alimento, de locais adequados para nidificar e reproduzir-se (Steffan-Dewenter e Tschardtke, 1999; Knight *et al.*, 2009), frequentemente encontrados apenas em ambientes naturais (Gathmann e Tschardtke, 2002; Westphal *et al.*, 2003; Dixon, 2009), sejam estes remanescentes compostos por vegetação primária, ou o resultado de regeneração natural ou atividades de restauração (Goverde *et al.*, 2002; Kremen *et al.*, 2007).

Diversos estudos constatam que a redução no tamanho e na quantidade dos remanescentes naturais pode ter efeitos deletérios sobre diversas espécies (Beier *et al.*, 2002; Kremen *et al.*, 2004, 2007). Aizen e Feinsinger (1994b) evidenciaram que a diversidade de abelhas em algumas paisagens tropicais e subtropicais sul-americanas se correlaciona com a riqueza dos tipos vegetacionais disponíveis. Como manchas maiores tendem a ter maior diversidade ambiental, geralmente mantêm comunidades mais diversas de polinizadores que as manchas pequenas (Tschardtke e Brandl, 2004). De fato, Steffan-Dewenter *et al.* (2001) advogam que a quantidade de visitantes florais em locais de manejo agrícola intensivo na Alemanha Central aumenta significativamente em paisagens com maiores quantidades de diferentes tipos de ambientes seminaturais, o que as caracteriza como mais complexas em relação a paisagens dominadas por agriculturas mono-específicas. Esses estudos reforçam a importância da existência de áreas de vegetação nativa com tamanho suficiente para a manutenção de diversas espécies de polinizadores na paisagem, principalmente para aquelas especialistas e de ocorrência restrita a certo hábitat (Tschardtke e Brandl, 2004; Tschardtke *et al.*, 2005). No entanto, o tamanho mínimo que as manchas de hábitat devem ter para garantir a sobrevivência dessas espécies e a conservação dos serviços de polinização é incerto e, provavelmente, distinto para diferentes ecossistemas (Aizen e Feinsinger, 1994a; Kremen *et al.*, 2004; Ricketts *et al.*, 2004; Tschardtke *et al.*, 2008).

Além da quantidade de ambientes naturais, a distância entre as manchas tem se apresentado como um dos principais fatores a influenciar a manutenção em

longo prazo de muitas espécies (Wiens, 1995; Lennartsson, 2002; Smith e Hellmann, 2002). Isso ocorre porque variações na distância entre os remanescentes modifica a conectividade da paisagem, podendo restringir a movimentação de indivíduos e o estabelecimento de novas populações, além de influenciar diretamente a sua acessibilidade aos recursos florais disponíveis. Estudos demonstram que a abundância e riqueza de polinizadores nativos pode aumentar significativamente à medida que a distância para ambientes naturais diminui, influenciando, inclusive, a produção agrícola (Steffan-Dewenter e Tschardt, 1999; Greenleaf e Kremen, 2006). Ricketts *et al.* (2004) observaram que a proximidade de fragmentos florestais a cultivos de café costa-riquenhos não só estabilizam a comunidade de polinizadores, como também garantem serviços de polinização ao longo de todo o ano, aumentando a produção. Em alguns casos, essas variações na estrutura da paisagem podem levar até a modificações comportamentais dos polinizadores (Osborne *et al.*, 1999; Goverde *et al.*, 2002), influenciando suas interações com outras espécies. Em paisagens norte-americanas, por exemplo, verificou-se que a proximidade de manchas de vegetação natural a cultivos de girassol aumenta a quantidade de abelhas nativas, as quais interagem competitivamente com abelhas exóticas (*Apis mellifera*), levando a uma maior eficiência de polinização e produção de sementes (Greenleaf e Kremen, 2006).

No entanto, não apenas o isolamento entre manchas de habitats naturais é importante para determinar como os polinizadores e, conseqüentemente, o pólen se movimentam pela paisagem. O entorno dessas áreas, comumente composto por diferentes tipos de cultivos e estratégias de manejo agrícola, também exerce grande influência no comportamento e manutenção local de polinizadores (Osborne *et al.*, 1999). O que tem se evidenciado na literatura, principalmente a partir de meados da década de 1990, é que o isolamento de habitats e também de culturas agrícolas depende da interação entre as características biológicas dos organismos e da hostilidade da matriz, e essa interação pode incorrer tanto em efeitos negativos quanto positivos às espécies ali presentes (Jules e Shahani, 2003; Tschardt e Brandl, 2004; Ricketts *et al.*, 2008). De fato, alguns estudos evidenciam que o tipo de matriz inter-habitat é um fator essencial para a manutenção da conectividade funcional da paisagem, sendo que certas espécies de polinizadores podem até ser beneficiadas por algumas atividades agrícolas (Westphal *et al.*, 2003; Klein *et al.*, 2007). A partir da compilação dos resultados de 22 anos de pesquisa em paisagens fragmentadas da Amazônia, Laurance *et al.* (2002) concluíram que, devido à existência de uma grande variedade de respostas à fragmentação, a matriz interflorestal pode manter uma alta riqueza de espécies, levando até mesmo ao aumento de diversidade beta em paisagens fragmentadas. No entanto, como as espécies que evitam a matriz tendem a ser as primeiras a se extinguir após processos de fragmentação, a manutenção de uma alta diversidade de polinizadores nativos na paisagem necessita tanto de matriz quanto de habitats naturais circun-

dantes suficientemente diversificados (Jules e Shahani, 2003; Westphal *et al.*, 2003; Tscharrntke e Brandl, 2004).

RELAÇÃO ENTRE A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DE AMBIENTES NATURAIS E AGRÍCOLAS E OS SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO

Os serviços prestados pelos polinizadores referem-se à polinização de espécies vegetais nativas em fragmentos de vegetação natural, assim como à polinização de cultivares em áreas agrícolas. A revisão realizada neste estudo indica que o efeito da composição e disposição dos elementos da paisagem na polinização e produção de sementes foi verificado em 74 de 88 estudos. Destes, 39 encontraram efeitos da composição, dez encontraram efeitos da estrutura da paisagem e seis encontraram efeitos de conectividade na polinização e/ou sucesso reprodutivo das plantas. Nesses estudos, algumas espécies aumentam e outras reduzem seu sucesso reprodutivo com a fragmentação de habitats. No entanto, a maioria das espécies estudadas apresentou efeito negativo.

Recentemente, Aguilar *et al.* (2006) realizaram uma meta-análise com base em 54 estudos para quantificar a magnitude do efeito da fragmentação de habitat na reprodução de plantas em remanescentes de vegetação natural. Verificou-se que a redução do tamanho e o aumento do isolamento de fragmentos de habitats naturais têm um efeito geral negativo na polinização (-78,2%) e na produção de frutos e sementes (-60,8%) das espécies nativas estudadas. Dentre os efeitos encontrados, os mais evidentes estão relacionados ao tamanho do remanescente de vegetação nativa onde se encontram as populações. Em fragmentos pequenos, as plantas tendem a apresentar limitação dos serviços de polinizadores e menor produção de frutos e sementes (Donaldson *et al.*, 2002; Brys *et al.*, 2004; Kolb, 2008; González-Varo *et al.*, 2009). Mais que isso, a fragmentação e a perda de habitats podem levar ao desaparecimento completo de alguns sistemas de polinização. Um exemplo disso foi a falta de três sistemas de polinização em fragmentos da Floresta Atlântica brasileira – polinização por aves, moscas e mamíferos não voadores – e a maior frequência de espécies e indivíduos polinizados por vetores generalistas em fragmentos quando comparados a áreas de floresta madura (Girão *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2009). Em decorrência disso, em comparação com áreas de floresta madura, fragmentos de Floresta Atlântica apresentaram menores diversidades funcionais de sistemas de polinização (cerca de 30%) (Girão *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2009). Observou-se ainda que espécies autoincompatíveis, que dependem completamente de polinizadores para reprodução sexuada, são as mais suscetíveis à fragmentação de habitats (Aguilar *et al.*, 2006; Girão *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2009). Esses dados sugerem que a fragmentação promove uma notável variação na abundância relativa de atributos reprodutivos de árvores de Floresta Atlântica

e que reduz extensamente a diversidade funcional reprodutiva de assembleias de árvores em paisagens fragmentadas (Girão *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2009; Tabarelli *et al.*, 2010). Portanto, nessas paisagens, é provável que pequenos fragmentos e corredores florestais muito estreitos, ambos dominados por efeitos de borda (Murcia, 1995), não conservem a diversidade total de histórias de vida das árvores e os seus mutualistas (Lopes *et al.*, 2009).

Com relação a paisagens agrícolas, estima-se que, na ausência dos serviços de polinização prestados por animais, a produção agrícola decairia de 3% a 8% (Aizen *et al.*, 2009). A produtividade agrícola mundial vem aumentando historicamente a uma taxa aproximada de 1,5% ao ano e não há evidências de uma variação global diferenciada na produtividade de espécies dependentes ou independentes de polinizadores (Aizen *et al.*, 2009). No entanto, há várias evidências de efeitos da composição e disposição dos elementos da paisagem na produção agrícola. Em Minas Gerais, por exemplo, evidenciou-se que a proximidade de fragmentos de vegetação nativa resultou em produção de café 14,6% maior do que em fazendas distantes de fontes de polinizadores (De Marco e Coelho, 2004). Resultado semelhante foi observado em fazendas na Indonésia (Klein *et al.*, 2003) e na Costa Rica (Ricketts *et al.*, 2004).

Em ambientes naturais, a fragmentação age como um filtro, favorecendo o sucesso reprodutivo de algumas espécies vegetais e prejudicando o de outras, com efeito geral negativo (Aizen e Feinsinger, 1994b; Aguilar *et al.*, 2006). A proximidade de áreas nativas tende a aumentar a polinização dos cultivares e a produção agrícola (De Marco e Coelho, 2004), servindo como fonte de polinizadores e como fonte de alimento para os polinizadores dos cultivares enquanto estes não estão em flor (Gemmill-Herren e Ochieng, 2008). Portanto, ecossistemas agrícolas e naturais são integrados na paisagem de forma que a produtividade agrícola depende da conservação de áreas naturais, e a integridade das áreas naturais depende da disposição dos diferentes usos e ocupações na paisagem, bem como do manejo agrícola empregado. Essa relação torna-se ainda mais relevante em função do aumento da importância de espécies dependentes de polinizadores na produção agrícola mundial (Aizen *et al.*, 2009).

LACUNAS NO CONHECIMENTO E DIRETRIZES PARA CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES EM PAISAGENS NATURAIS E AGRÍCOLAS

Todo o conjunto de informações discutido anteriormente ressalta a importância de áreas com vegetação natural para a manutenção de espécies vegetais que dependem de polinização mediada por animais. Claro que devem ser consideradas as variações entre os diferentes ecossistemas estudados e suas interações com seus arredores, além de variações específicas das respostas dos polinizadores a

alterações na estrutura da paisagem. Assim, para que possamos aumentar nosso conhecimento sobre essas relações e entender como a composição (quais ecossistemas existem e em que proporção) e a configuração (como esses ecossistemas se distribuem espacialmente) da paisagem influenciam a diversidade, sobrevivência e capacidade de movimentação dos polinizadores e, conseqüentemente, as interações plantas-polinizadores, se fazem necessários mais estudos.

Algo que se evidencia fortemente na literatura é o risco que os processos de fragmentação e redução de hábitat impõem à conservação dos polinizadores e manutenção dos serviços de polinização. Lennartsson (2002) defende que processos de perda e fragmentação de hábitats podem levar a mudanças qualitativas abruptas da estrutura das paisagens, limitando a sobrevivência e movimentação de polinizadores. Esses processos devem afetar diretamente a viabilidade das populações e comunidades biológicas a partir de certo grau de perda de hábitat, gerando limiares de extinção de espécies (Andrén, 1994; Metzger e Décamps, 1997), os quais podem levar ao rompimento das interações planta-polinizador com conseqüências imprevisíveis para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ambientais (e.g. Steffan-Dewenter e Tschardt, 1999; Girão *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2009; Tabarelli *et al.*, 2010).

A identificação desses processos e suas implicações são de extrema importância para a conservação dos ambientes naturais. É necessário, por exemplo, determinar quais os valores críticos de perda de hábitat que podem levar a aumentos drásticos das taxas de extinção dos polinizadores para podermos avaliar em que ponto as interações plantas-polinizadores podem entrar em colapso. No entanto, ainda se sabe pouco sobre as conseqüências da perda e fragmentação de hábitats para a manutenção dos serviços de polinização na região tropical, e o que se sabe se encontra enviesado para um único grupo de abelhas (*Euglossini*), como é o caso do Brasil. Isso indica uma grande necessidade de investimentos em pesquisa nessa região. O desenvolvimento desses estudos deve invariavelmente objetivar a geração de novas tecnologias de manejo ambiental integrando múltiplas escalas de abordagem (Barreto *et al.*, 2010), para viabilizar, no futuro, o planejamento e implantação integrada de paisagens mais amigáveis aos polinizadores, com resultados positivos para as atividades agrícolas.

Da mesma forma, devemos concentrar esforços em adquirir o conhecimento necessário para melhorar a capacidade da paisagem de facilitar o fluxo de polinizadores (conectividade) entre áreas de cultivo e seus locais de nidificação e forrageio. No entanto, devido à comprovada existência de grandes variações interespecíficas na capacidade dos polinizadores em utilizar e se movimentar entre os diversos componentes da paisagem, tais como corredores de vegetação natural ou grandes manchas de áreas antropizadas, nossa busca por novas técnicas de manejo integrado da paisagem deve visar à manutenção não apenas da conectividade estrutural, mas principalmente da conectividade funcional entre os ambientes. Assim,

pode-se garantir o efetivo fluxo de pólen e a consequente produção de frutos e sementes. Para tanto, é fundamental que possamos compreender como o pólen se dispersa, o que implica explorar os fatores que influenciam a movimentação dos polinizadores no espaço.

No entanto, devido ao tamanho reduzido e à grande velocidade de voo da maioria dos polinizadores, essa tarefa é de difícil execução e requer a captura e marcação de indivíduos, além do uso de modernas tecnologias de telemetria, tais como os radares harmônicos (Osborne *et al.*, 1999) ou redes de sensores de radiofrequência. Essas técnicas, todavia, são caras e requerem alta capacidade técnica. Assim, para sua viabilização é necessário o desenvolvimento de projetos interdisciplinares que levem à redução de custos de importação e produção desses equipamentos nas regiões tropicais, permitindo seu uso em estudos sobre polinização.

Os resultados empíricos desses estudos, em conjunto com o conhecimento disponível na literatura, levarão ao desenvolvimento de tecnologias para o manejo e desenho de paisagens com alta eficiência de serviços ecossistêmicos, as quais possam garantir a longo prazo os serviços de polinização nos sistemas agronaturais nos trópicos. O uso desses conhecimentos possibilitará a avaliação, através de modernas técnicas de modelagem ecológica, de diferentes cenários de modificação de nossas paisagens. Isso nos auxiliará a quantificar os efeitos de várias combinações e distribuições espaciais de diferentes tipos de ambientes, com especial atenção não só para a quantidade de habitats amigáveis aos polinizadores, mas também para os ambientes de qualidade intermediária ou ruim, os quais podem inviabilizar sua persistência. Todos esses estudos devem congregam conhecimentos que ajudem a incentivar melhores práticas de manejo integrado com o intuito de garantir, de forma ampla, os serviços de polinização, tanto para espécies vegetais naturais quanto cultivadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que percebemos a partir de nossa revisão bibliográfica é a necessidade de abordagens em nível de paisagem para garantir a conservação global de polinizadores. Segundo alguns autores, o planejamento integrado de paisagens baseado em conhecimentos científicos pode vir a compensar a perda global de habitat (Ricketts *et al.*, 2004; Tschardtke e Brandl, 2004), visto que paisagens estruturalmente complexas e com conectividade de habitats têm-se demonstrado mais eficazes na manutenção da diversidade de espécies (Tschardtke *et al.*, 2007). Além disso, mudanças simples de manejo agrícola como o uso restrito de inseticidas e a semeadura de espécies utilizadas por polinizadores nas bordas de cultivos podem resultar em melhorias importantes das paisagens (Kremen *et al.*, 2004).

Adicionalmente, para que o manejo integrado de paisagens se torne uma realidade no planejamento territorial na região tropical, além dos incentivos à pesqui-

sa científica de excelência em áreas correlatas aos pontos antes levantados, a qual proporcionará resultados que devem servir de base técnica para decisões de uso e ocupação territorial, é necessário desenvolver políticas públicas que estimulem: 1. incentivos à criação de mosaicos amigáveis de tipos de uso e ocupação territorial que permitam o trânsito de polinizadores e melhorem o fluxo polínico e a reprodução sexuada das plantas nativas e cultivadas nos agroecossistemas e em seu entorno; 2. a regeneração natural dos habitats amigáveis aos polinizadores em locais onde esses ambientes se encontram degradados; 3. o monitoramento das espécies de plantas que fornecem recursos tróficos e locais para nidificação aos polinizadores; 4. a conservação de elementos-chave que sustentam a complexidade estrutural e funcional da paisagem; 5. o aumento populacional de espécies nativas e manejadas de polinizadores no entorno dos cultivos, garantindo seu acesso aos recursos florais ali existentes; e 6. o reflorestamento planejado em escala regional, utilizando múltiplas espécies nativas que servirão de recursos aos polinizadores, as quais devem ser posicionadas de forma que aumentem a eficiência funcional do fluxo polínico na paisagem.

Tabela 3.1. Itens selecionados para meta-análise e suas respectivas categorias. Para todos os critérios foi incluída também a categoria “não se aplica”. O item 15 foi descrito de acordo com o proposto por Metzger (2001) e Fahrig (2003).

ITENS PARA META-ANÁLISE	CATEGORIAS
Ano de publicação	
Sobrenome do primeiro autor	
País do primeiro autor	
Título do periódico	
Local de estudo	
Localização geográfica do local de estudo (país e coordenadas geográficas)	
Bioma/ecorregião/zona climática em que o estudo foi desenvolvido	1. tropical (incluindo subtropical); ou 2. temperado (incluindo boreal)
Ecosistema	1. agrícola; 2. floresta; 3. campo; 4. savana; 5. deserto; 6. urbano ou 7. sistema agroflorestal (SAF)
Tipo de matriz da paisagem declarada pelo autor	1. sim; 2. não
Tipo de matriz	1. natural; 2. silvicultura; 3. agricultura ou 4. urbana
Contexto da paisagem	1. natural; 2. agricultura; 3. urbana; 4. mista
Natureza do estudo	1. empírico; 2. revisão; 3. meta-análise; 4. modelagem; 5. conceitual; 6. opinião; 7. editorial
Natureza do método	1. descritivo; 2. levantamento bibliográfico; 3. observacional (amostragem); 4. experimental; 5. modelagem; 6. meta-análise
Natureza dos objetivos do estudo	1. descritiva; 2. estabelecimento de relações; 3. modelagem; 4. revisão
Nível de abordagem	1. paisagem; 2. buffers; 3. manchas; 4. intramancha
Tamanho da área de estudo (abrangência total das amostragens)	1. até 1ha; 2. entre 1 e 10ha; 3. entre 10 a 100ha; 4. entre 100 a 1000ha; 5. > 1000ha; 6. global; 7. não informado
Nível de organização biológica amostral analisado (unidade mencionada pelo autor):	1. indivíduos; 2. populações; 3. comunidades
Objeto de estudo:	1. polinizador; 2. planta; 3. planta/polinizador
Variável(is) resposta(s) descrita(s) pelo autor	
Variável(is) explicativa(s) (independentes) descrita(s) pelo autor;	
Tipo de relação entre as variáveis explicativas e respostas	1. diretamente proporcional; 2. inversamente proporcional; 3. sem relação
Grupo funcional ou taxonômico estudado	
Método de amostragem	1. pan-trap; 2. trap-nest; 3. rede entomológica; 4. observação focal; 5. contagem da frequência de visitantes; 6. translocação; 7. iscas; 8. outros
Especialização trófica do polinizador descrita pelo autor	1. generalista; 2. especialista; 3. não informou
Socialidade do polinizador	1. social; 2. solitário
Número citações até julho de 2010	

Fig. 3.1. Evolução temporal do número de artigos que abordam polinizadores e serviços de polinização na paisagem (n = 219). Em 2010, foram computados apenas os trabalhos publicados até julho.

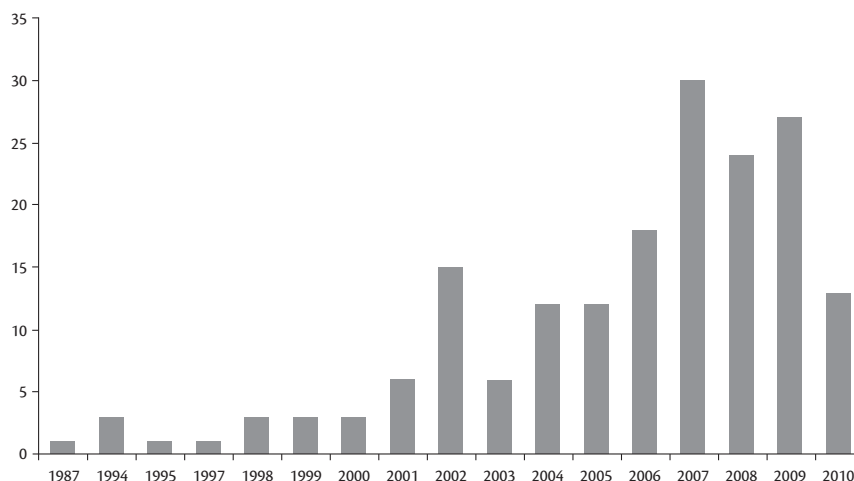


Fig. 3.2. Número de artigos e evolução temporal da produção científica sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem (apresentadas apenas as revistas com três ou mais artigos – o total de publicações consideradas é 219).

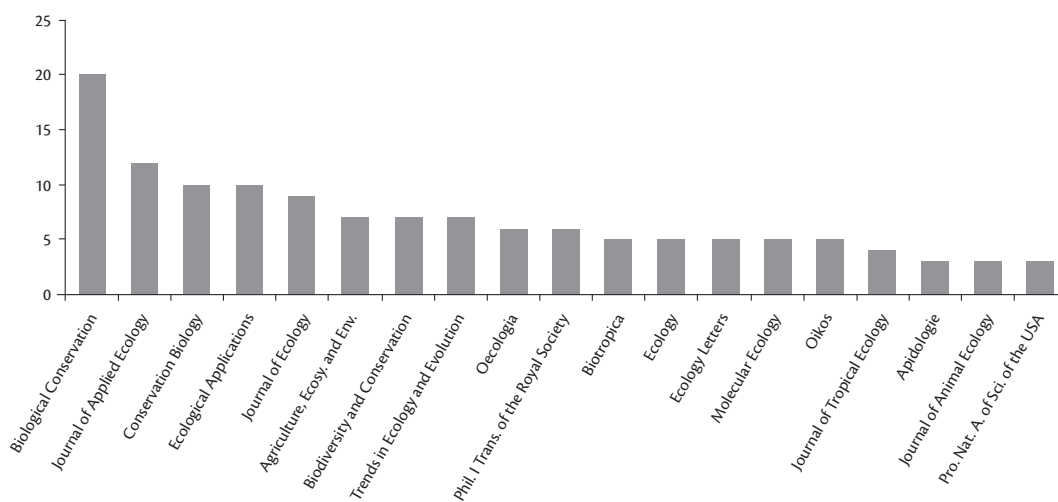


Fig. 3.3. Evolução temporal da produção sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem em relação à natureza dos estudos (n = 219).

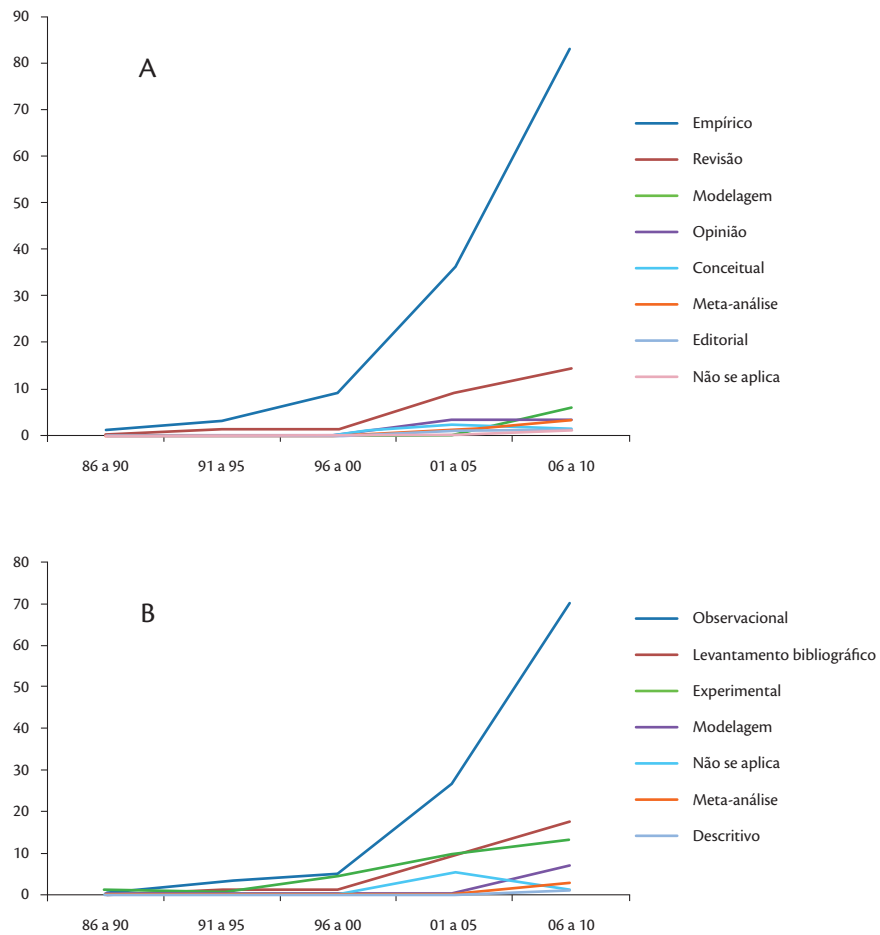


Fig. 3.4. Natureza dos objetivos dos estudos sobre polinizadores na paisagem (n = 166).

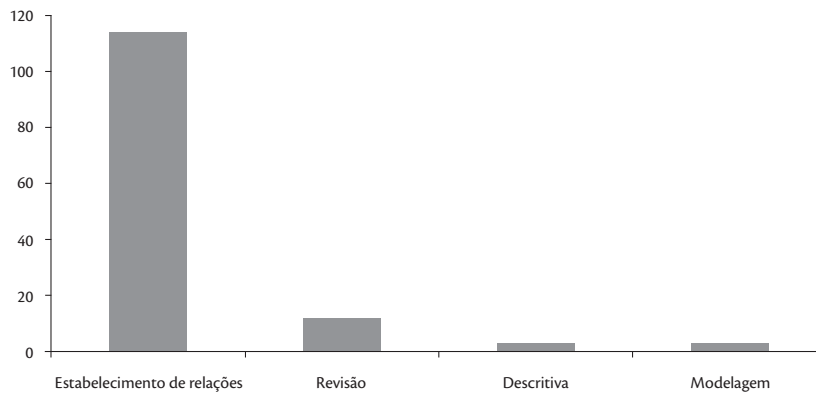


Fig. 3.5. Nível de organização biológica avaliada nos estudos sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem (n = 219).

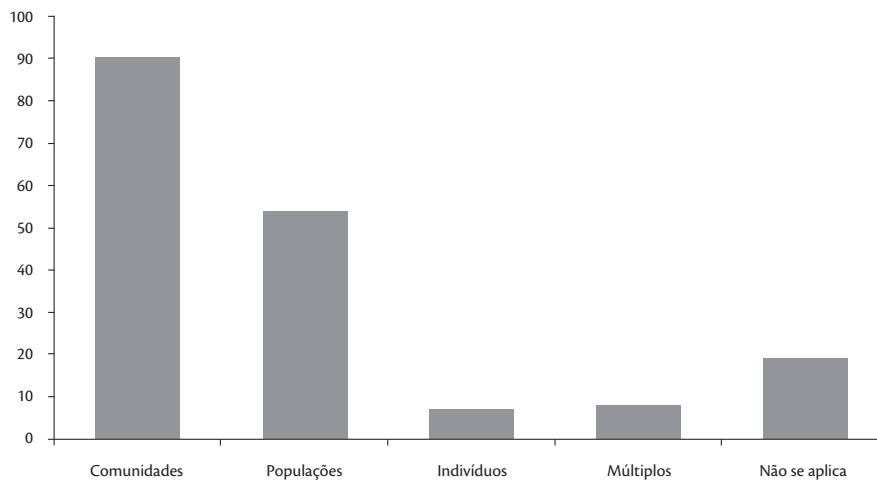


Fig. 3.6. País dos primeiros autores dos artigos sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem (n = 219).

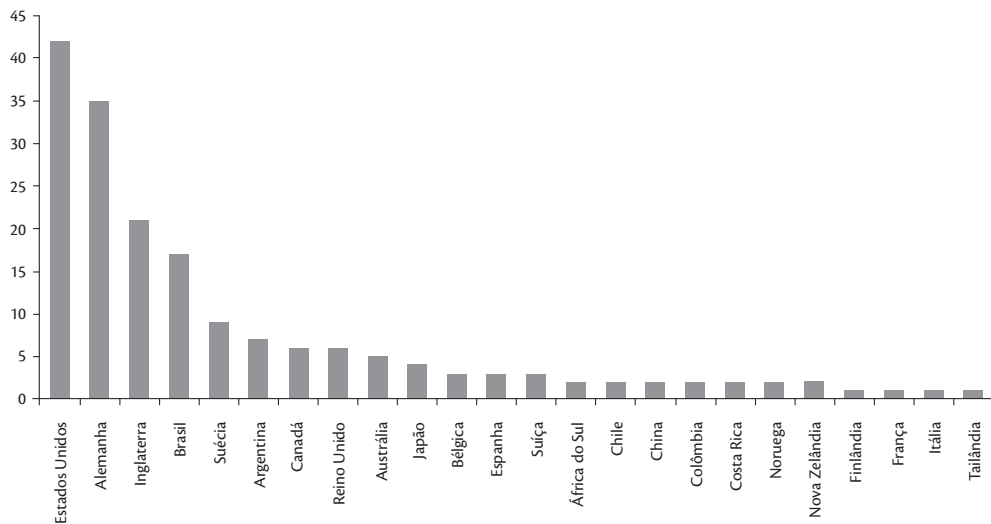


Fig. 3.7. Número de artigos por zona climática onde foram realizados os estudos sobre as respostas exclusivamente dos polinizadores às modificações na paisagem (n = 166).

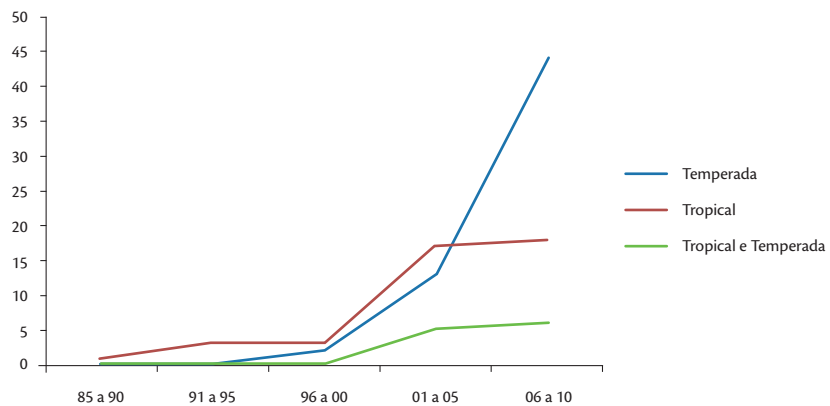


Fig. 3.8. Nível de abordagem dos estudos e evolução temporal da produção sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem (n = 219).

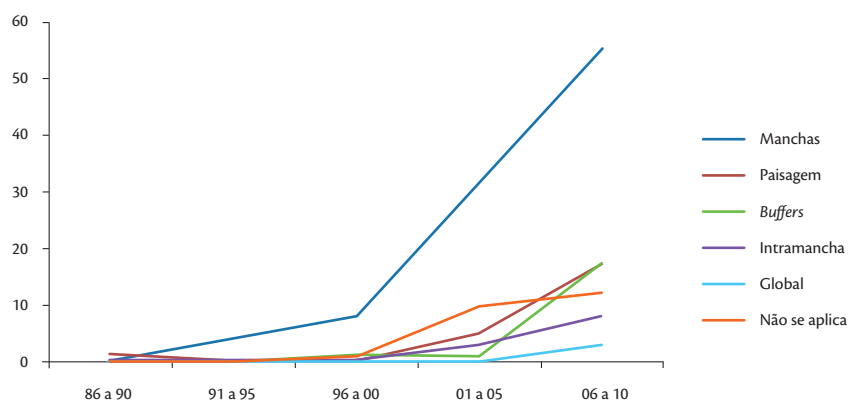


Fig. 3.9. Tamanho das paisagens ou manchas onde foram feitos os estudos sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem (n = 219).

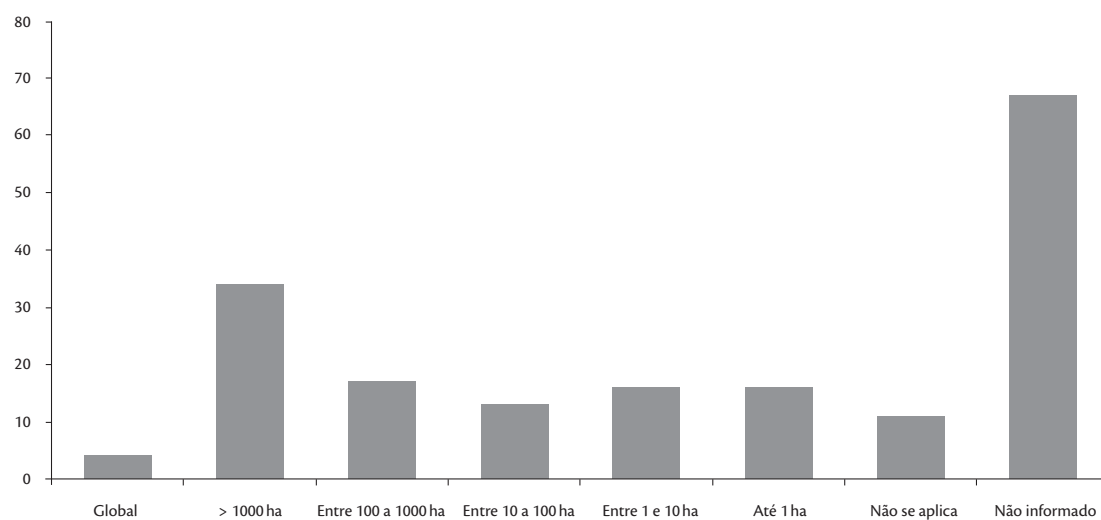


Fig. 3.10. Número de artigos sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem e evolução temporal da produção científica que menciona explicitamente ou não menciona a matriz (n = 219).

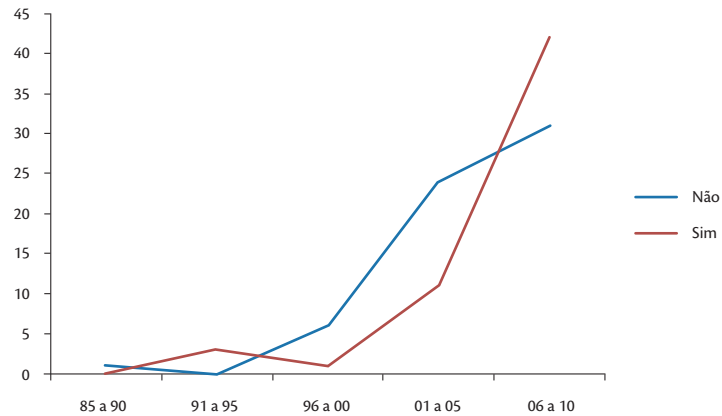


Fig. 3.11. Contexto em que foram realizados os estudos e evolução temporal desse parâmetro na produção sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem (n = 219).

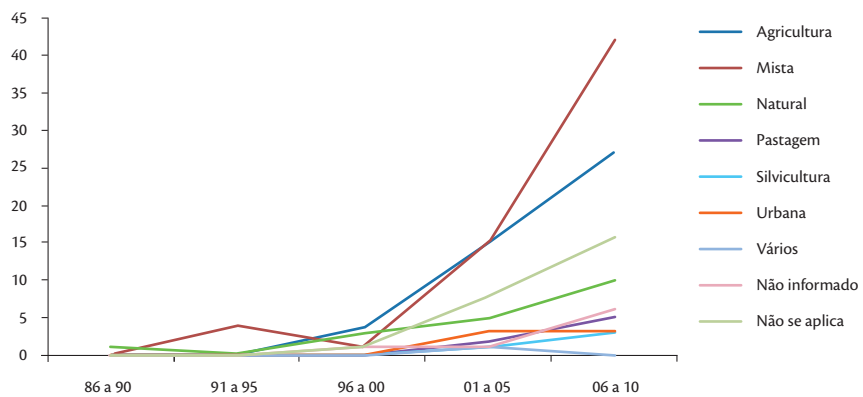


Fig. 3.12. Número de artigos por autores (conforme dados cientométricos do ISI Web of Science, em outubro de 2010).

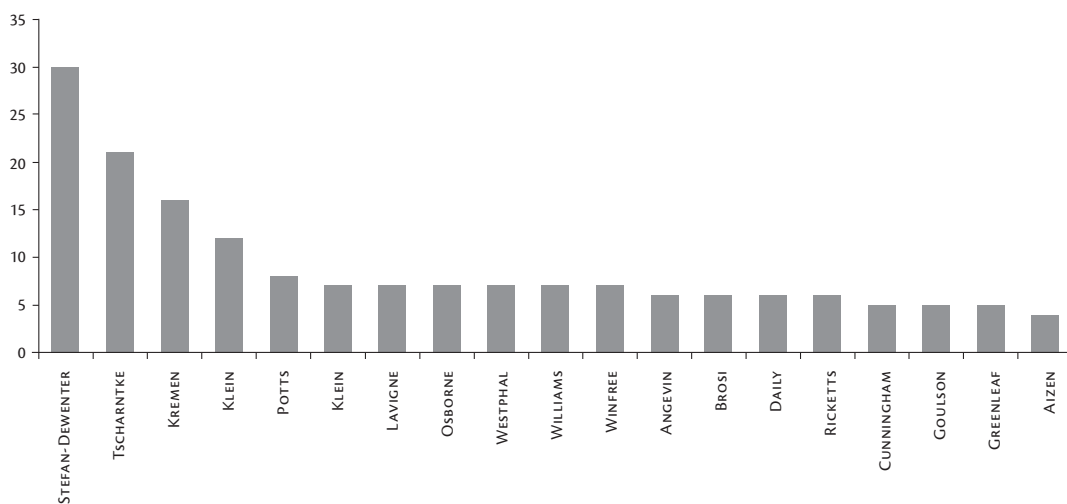


Fig. 3.13. Número de artigos por país onde foram realizados os estudos sobre polinizadores e serviços de polinização na paisagem. Apenas os países com três ou mais estudos foram representados (n = 219).

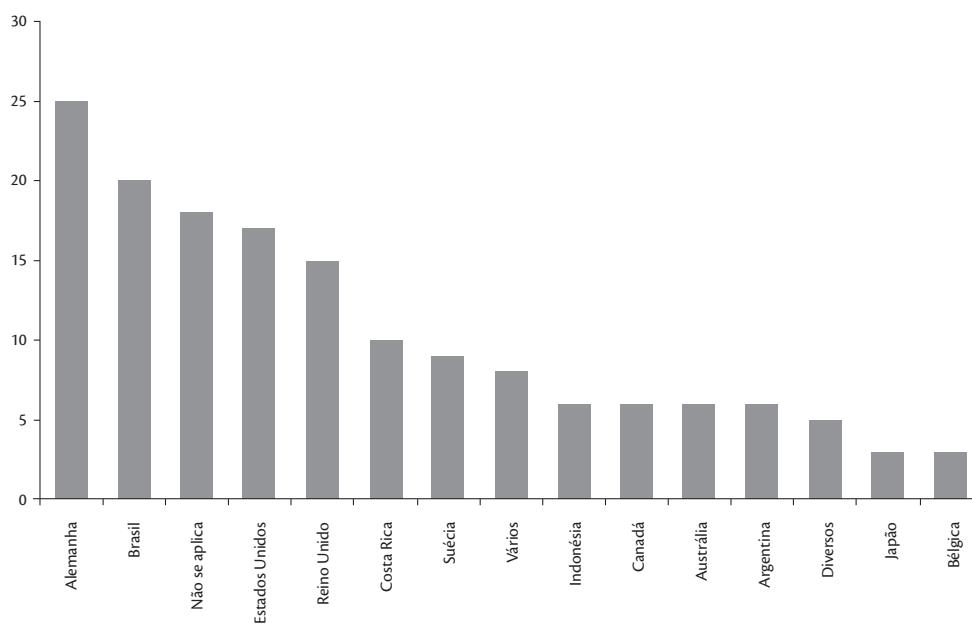
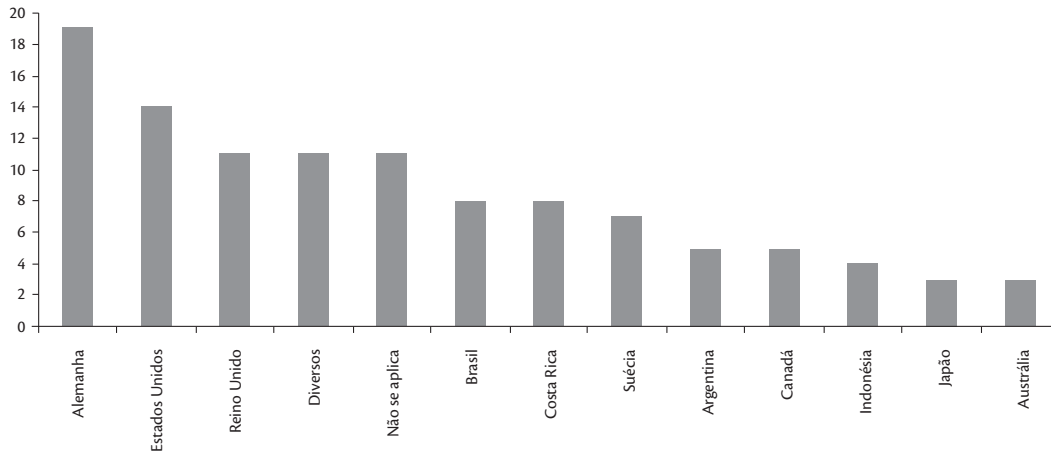


Fig. 3.14. Número de artigos por país onde foram realizados os estudos cujas variáveis dependentes estão relacionadas exclusivamente à resposta dos polinizadores às modificações das paisagens. Apenas os países com três ou mais estudos foram representados (n = 166).



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos professores dra. Vera L. Imperatriz-Fonseca e dr. Antonio Mauro Saraiva, da USP, e dra. Dora A.L. Canhos, do Cria (Centro de Referência em Informação Ambiental), coordenadores do projeto CNPq “Avaliação do uso sustentável e conservação dos serviços ambientais realizados pelos polinizadores no Brasil”, pelo incentivo e apoio dados à realização dessa pesquisa. Blandina Felipe Viana também contou com o auxílio do CNPq, por intermédio da Bolsa PQ de Produtividade em Pesquisa.

ANEXO – PAISAGENS AMIGÁVEIS E PERSPECTIVAS FUTURAS NO USO E CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES

Estado da arte

Na última década, tem crescido muito o número de evidências que demonstram que a simplificação de paisagens, resultante de modificações no uso do solo em áreas de agricultura intensiva, provoca alterações no comportamento, na riqueza, na composição de espécies e na abundância dos polinizadores no mundo. Tais modificações podem afetar de forma negativa o sucesso reprodutivo das plantas, tanto nativas quanto cultivadas, ao limitarem a quantidade de pólen compatível depositado nos estigmas ou modificarem os padrões de transferência polínica, entre outras alterações.

As consequências dessas alterações na organização espacial dos ambientes, ou seja, na estrutura das paisagens, são consideradas as principais causas da limitação dos serviços de polinização em sistemas agrícolas. Estudos mostram que as modificações observadas nas comunidades de polinizadores em paisagens alteradas são decorrentes, principalmente, da limitação de recursos por falta de habitats adequados, da formação de barreiras à movimentação de indivíduos ou do isolamento de habitats. Como consequência dessa limitação, diversos cultivos agrícolas são diretamente afetados com quedas na produtividade, ameaçando a diversidade e a estabilidade dos sistemas de produção de alimento no mundo.

Nos países de clima temperado do Hemisfério Norte, principalmente na Europa, nos Estados Unidos e no Canadá, a compilação dos resultados desses estudos vem sendo usada para desenvolver modelos preditivos dos serviços de polinização em paisagens compostas por manchas de ambientes naturais entremeadas por matrizes agrícolas. Esses modelos são baseados em dados sobre a disponibilidade de locais para nidificação, de recursos florais e das distâncias de voo dos polinizadores. Assim, tem sido possível prever a disponibilidade dos polinizadores no entorno dos cultivos agrícolas. Além disso, propostas para a restauração de paisagens degradadas pelo uso intensivo do solo vêm sendo feitas nesses países a partir das sínteses desses estudos.

Contudo, em razão da diversidade e da complexidade dos sistemas sexuais das plantas nos ambientes tropicais, somadas à escassez de estudos sistemáticos que quantifiquem os efeitos da perda de habitat e da configuração das paisagens sobre os serviços de polinização nesses ambientes, ainda possuímos capacidade limitada de prever como alterações nas paisagens brasileiras afetarão a composição de espécies dos polinizadores e os processos de polinização, tanto em ambientes naturais quanto em cultivos agrícolas. Revisões recentes evidenciam que a perda de polinizadores em agroecossistemas é mais rápida nos trópicos que nas regiões temperadas e que o aumento da área cultivada necessária para com-

pensar o *déficit* de polinização tem sido menor nos países desenvolvidos e maior naqueles em desenvolvimento, os quais possuem em geral menor tecnologia agrícola e estão majoritariamente situados nas regiões tropicais. Essa diferença indica um possível aumento futuro nos conflitos de terra, além da aceleração dos processos de desmatamento e intensificação da pressão antrópica sobre os remanescentes de vegetação natural, com importantes consequências práticas, especialmente para o Brasil, país de grande produção agrícola, mas ainda com significativas áreas naturais preservadas.

Dentro desse contexto, torna-se evidente a necessidade de identificar as lacunas de conhecimento que ainda devem ser preenchidas, com o intuito de fornecer informações que possam contribuir na geração de soluções adequadas para a limitação de polinização em paisagens tropicais degradadas para nortear as políticas de conservação de polinizadores no Brasil. É necessário, por exemplo, determinar para os ecossistemas brasileiros quais os valores críticos de perda de hábitat que podem levar a aumentos drásticos das taxas de extinção das plantas e de seus respectivos polinizadores para avaliarmos em que ponto as interações plantas-polinizadores podem entrar em colapso.

Outro aspecto importante que deve ser considerado é entender como a composição (quais ecossistemas compõem a paisagem e em que proporção) e a configuração da paisagem (como esses ecossistemas se distribuem espacialmente) influenciam a diversidade e a capacidade de movimentação dos polinizadores e, conseqüentemente, as interações plantas-polinizadores. Para aumentar nosso conhecimento sobre essas relações, faz-se necessária a avaliação de diferentes cenários de modificação de nossas paisagens, a partir dos quais poderemos quantificar os efeitos de diferentes combinações de tipos de hábitats, com especial atenção não só para a quantidade de hábitats amigáveis aos polinizadores, mas também para os ambientes de qualidade intermediária ou ruim, os quais podem inviabilizar sua persistência.

Da mesma forma, devemos concentrar esforços em adquirir o conhecimento necessário para melhorar a capacidade da paisagem de facilitar o fluxo de polinizadores (conectividade) entre áreas de cultivo e seus locais de nidificação e forrageio. No entanto, devido à comprovada existência de grandes variações interespecíficas na capacidade dos polinizadores de utilizar e se movimentar entre os diversos componentes da paisagem, tais como corredores de vegetação natural ou grandes manchas de áreas antropizadas, nossa busca por novas técnicas de manejo integrado da paisagem deve visar à manutenção não apenas da conectividade estrutural, mas principalmente da conectividade funcional entre os ambientes, de forma que garanta o efetivo fluxo de pólen e conseqüente produção de frutos e sementes. Para isso é fundamental que possamos compreender como o pólen se dispersa, o que implica explorar os fatores que influenciam a movimentação dos polinizadores no espaço.

No entanto, devido ao tamanho reduzido e à grande velocidade de voo da maioria dos polinizadores, essa tarefa é de difícil execução e requer a captura e marcação de indivíduos, além do uso de modernas tecnologias de telemetria, tais como os radares harmônicos ou redes de sensores de radiofrequência. Essas técnicas, todavia, são caras e requerem alta capacidade técnica. Assim, para sua viabilização é necessário o desenvolvimento de projetos interdisciplinares que permitam o uso dessas técnicas e a redução de custos de importação e produção desses equipamentos no Brasil.

Os resultados empíricos dos estudos mencionados, em conjunto com o conhecimento disponível na literatura, possibilitarão o desenvolvimento de modelos capazes de auxiliar o planejamento, o desenho e a gestão de paisagens mais eficientes, que promovam e garantam a longo prazo os serviços de polinização nos sistemas agronaturais nos trópicos.

Apesar da necessidade de aprofundamento dos estudos realizados até o presente, algumas relações foram claramente estabelecidas. É notório que a proporção de habitat natural ou seminatural na paisagem possibilita a manutenção local de espécies de polinizadores que com a supressão da vegetação seriam extintas localmente. Esses resultados reforçam a importância da existência de áreas de vegetação nativa para a manutenção de diversas espécies de polinizadores na paisagem. Essas áreas de vegetação nativa podem ser primárias (remanescentes) ou secundárias (resultantes de regeneração natural ou de atividades de restauração). Outra relação evidenciada é que a proximidade de áreas de vegetação nativa resulta em maior abundância de polinizadores e serviço de polinização em áreas cultivadas, ressaltando a importância das áreas de vegetação nativa para o cultivo de espécies que dependem de polinização.

Os tipos de cultivo e manejo agrícola também exercem grande influência na manutenção local de polinizadores. Em ecossistemas europeus, de clima temperado, mudanças simples de manejo agrícola como o uso restrito de inseticidas e a semeadura de espécies utilizadas por abelhas nas bordas de cultivos resultaram em melhorias importantes das paisagens para os polinizadores. A identificação de atividades semelhantes e seus resultados nos ecossistemas brasileiros podem viabilizar a criação de paisagens mais amigáveis para os polinizadores, com resultados positivos para as atividades agrícolas.

Neste sentido, sugerimos que haja incentivo a melhores práticas de manejo integrado de paisagens com o intuito de garantir de forma ampla os serviços de polinização tanto para espécies vegetais naturais quanto cultivadas. Para tanto, além dos incentivos à pesquisa científica de excelência em áreas correlatas aos pontos levantados, a qual proporcionará resultados que devem servir de base técnica para decisões de uso e ocupação territorial, é necessário desenvolver políticas públicas que estimulem: 1. a regeneração natural dos habitats amigáveis aos polinizadores; 2. o monitoramento das espécies de plantas que fornecem recursos tróficos e locais

para nidificação aos polinizadores; 3. a conservação de elementos-chave que sustentam a complexidade estrutural e funcional da paisagem; 4. o aumento populacional de espécies nativas e manejadas de polinizadores no entorno dos cultivos, garantindo seu acesso aos recursos florais ali existentes; e 5. em casos extremos, o reflorestamento planejado em escala regional, usando múltiplas espécies nativas que servirão de recursos aos polinizadores, as quais devem ser posicionadas de forma que aumentem a eficiência funcional do fluxo polínico na paisagem.

Desafios

- Identificar e preencher as lacunas no conhecimento;
- Aumentar o número de profissionais qualificados para desenvolver estudos científicos e tecnológicos em manejo, recuperação e desenho de paisagens amigáveis aos polinizadores;
- Aumentar o número de pessoal técnico qualificado para aplicar de forma correta os conhecimentos adquiridos por meio desses estudos;
- Sensibilizar os gestores e os cidadãos da importância da conservação de áreas naturais para a manutenção das populações de polinizadores e dos “serviços de polinização”;
- Demonstrar à sociedade o valor econômico e a importância das áreas naturais e dos cultivos agrícolas;
- Articular parcerias com órgãos ambientais visando incluir nos critérios de licenciamento dos empreendimentos agrícolas ações voltadas à conservação de polinizadores e à manutenção dos serviços de polinização.

Diagnóstico

a) Pontos fortes

- Foi constatada cientificamente a dependência dos cultivos de importância econômica aos polinizadores, a qual pode ser demonstrada pelo aumento da produtividade e pela melhor qualidade dos produtos derivados de polinização natural;
- Os serviços de polinização natural são passíveis de valoração econômica, a qual pode quantificar as perdas produtivas de sua limitação;
- Há interesse por parte de grandes empresas e de agricultores de diferentes capacidades produtivas no valor econômico dos serviços de polinização;
- A atual inclusão do tema nas agendas governamentais através de editais e programas de financiamento para a conservação de polinizadores (recursos);
- Criação de iniciativas nacionais e internacionais para conservação de polinizadores, tais como o estabelecimento de redes de pesquisa, a exemplo da Rede Baiana de Polinizadores (Repol);

- Investimentos atuais na formação de pessoal capacitado para atuar no manejo e conservação de polinizadores através de fóruns multiplicadores, tais como os cursos internacionais de campo sobre polinização, de recorrência anual;
- Aumento na última década de publicações por pesquisadores brasileiros de trabalhos que visam avaliar as consequências de alterações de paisagens sobre os polinizadores ou processos de polinização;
- Incentivo à produção de pesquisa básica nessa área do conhecimento, na forma de relatórios técnicos, monografias, dissertações, teses etc.

b) Pontos fracos

- No Brasil a abordagem e o desenvolvimento científico em Ecologia de Paisagens são recentes, conseqüentemente há poucos doutores ou profissionais de outros níveis especializados na área;
- A escala espacial ampla necessária para estudos de paisagens requer grande esforço de amostragem e equipes maiores trabalhando por um tempo longo. Tais estudos com grandes equipes ainda são pouco frequentes no país;
- Alguns desses estudos apresentam problemas metodológicos relacionados à escala, à especificidade dos grupos biológicos e ao desenho experimental, o que pode levar a resultados ambíguos ou antagônicos;
- Há problemas conceituais nos estudos, os quais geram interpretações confusas, tais como considerar características específicas das manchas de hábitat como contexto da paisagem, confundir os conceitos de fragmentação com perda de hábitat, entre outros.

c) Oportunidades

- Iniciativas nacionais e internacionais para conservação de polinizadores, envolvendo diferentes setores da sociedade;
- Crescimento da agricultura brasileira e seu estabelecimento como *commoditie* internacional, com a possibilidade de alto valor ambiental agregado;
- Interesse dos agricultores no uso dos serviços de polinização para reduzir seus custos e aumentar a produção;
- Recentes discussões em torno da revisão do Código Florestal Brasileiro, que prevê dentre outras mudanças a redução de áreas florestadas nas APPs e RLs, têm chamado a atenção dos meios de comunicação e motivado a Academia para divulgação de conhecimentos científicos que demonstram os efeitos negativos causados por essa supressão sobre a biodiversidade e os serviços ecológicos;
- Aumento do fomento a essa área de pesquisa e desenvolvimento tecnológico através de editais específicos;
- Interesse da mídia em temas ambientais; interesse do mercado em produtos ambientalmente corretos e valorização de certificação ambiental nos âmbitos nacional e internacional.

d) Ameaças

- Crescimento da agricultura sem planejamento adequado ao uso de polinizadores naturais com consequente aumento do uso intensivo do solo, o que leva a uma maior taxa de redução e fragmentação de habitats naturais importantes à manutenção da biodiversidade e dos serviços de polinização;
- Ocupação desordenada do território nacional e aumento da urbanização mesmo no interior do país;
- Interesses econômicos unilaterais sem a devida aplicação de responsabilidades socioambientais;
- Falta de políticas públicas específicas e fiscalização adequada que visem à conservação e implementação de projetos regionais de conservação dos serviços de polinização;
- Falta de informação da sociedade sobre o que são e quais as vantagens de manutenção dos serviços de polinização, incluindo agricultores diretamente interessados no assunto;
- A atual revisão do Código Florestal, com a consequente diminuição das áreas de proteção permanente, e reservas legais em todo o território nacional, sem considerar os enormes serviços ambientais prestados por essas áreas;
- Mudanças climáticas.

Metas

- Continuidade e aumento do fomento a pesquisas científicas e tecnológicas sobre a importância da composição e disposição dos elementos da paisagem para a manutenção dos serviços de polinização;
- Organização de encontros, simpósios, cursos, debates, congressos e *workshops* para a difusão do conhecimento e revisões metodológicas e conceituais;
- Aumento da taxa de formação de pessoal qualificado em nível técnico e científico e fomento à sua alocação profissional (fixação) em território nacional;
- Aumento da interação entre pesquisa, extensão e aplicação;
- Desenvolvimento de tecnologias para o manejo e desenho de paisagens com alta eficiência de serviços ecossistêmicos;
- Participação efetiva na elaboração de diretrizes e políticas públicas para nortear e incentivar o planejamento integrado e a implementação de paisagens eficientes em nível local, regional e nacional;
- Incentivo à criação de mosaicos amigáveis de tipos de uso e ocupação territorial que permitam o trânsito de polinizadores e melhorem o fluxo polínico e a reprodução sexuada das plantas nativas e cultivadas nas áreas de cultivo e no entorno;
- Estimular a recuperação das populações naturais de polinizadores na paisagem através de ações de:

- i. incentivo à regeneração natural dos habitats;
- ii. incentivo ao reflorestamento com espécies nativas e dentro de altos padrões de qualidade e tecnologia em recuperação de áreas degradadas;
- iii. monitoramento de espécies nativas de plantas que fornecem recursos alimentares e locais de nidificação para os polinizadores, na escala da paisagem;
- iv. incentivo à conservação e recuperação dos elementos-chave que sustentam a complexidade estrutural e funcional da paisagem, incluindo a possibilidade de certificação ambiental e consequente aumento no ganho econômico de pequenos e médios produtores;
- v. disponibilização de locais para nidificação para polinizadores, sejam esses artificiais ou naturais, considerando sua distribuição espacial de forma que melhore a acessibilidade aos cultivos agrícolas em conjunto com a manutenção desses processos também nos ambientes naturais;
- vi. Incentivo ao uso de espécies nativas de polinizadores nos cultivos dependentes de polinizadores para maior produtividade e qualidade do produto gerado.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, R.; ASHWORTH, L.; GALETTO, L. & AIZEN, M. "Plant Reproductive Susceptibility to Habitat Fragmentation: Review and Synthesis through a Meta Analysis". *Ecology Letters*, 9(8): 968-980, 2006.
- AIZEN, M. S. A. & FEINSINGER, P. "Forest Fragmentation, Pollination, and Plant Reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina". *Ecology*, 75(2): 330-351, 1994a.
- _____. "Habitat Fragmentation, Native Insect Pollinators, and Feral Honey Bees in Argentine 'Chaco Serrano'". *Ecological Applications*, 4(2): 378-392, 1994b.
- AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A. & KLEIN, A. M. "How Much Does Agriculture Depend on Pollinators? Lessons from Long-term Trends in Crop Production". *Annals of Botany*, 103(9): 1579-1588, 2009.
- ALBRECHT, M.; DUELLI, P.; MULLER, C.; KLEIJN, D. & SCHMID, B. "The Swiss Agri-environment Scheme Enhances Pollinator Diversity and Plant Reproductive Success in Nearby Intensively Managed Farmland". *Journal of Applied Ecology*, 44(4): 813-822, 2007.
- ANDERSSON, E.; BARTHEL, S. & AHRNE, K. "Measuring Social-ecological Dynamics behind the Generation of Ecosystem Services". *Ecological Applications*, 17(5): 1267-1278, 2007.
- ANDRÉN, H. "Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat: a Review". *Oikos*, 71(3): 355-366, 1994.
- BARLOW, J. *et al.* "Quantifying the Biodiversity Value of Tropical Primary, Secondary, and Plantation Forests". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(47): 18555-18560, 2007.

- BARRETO, L.; RIBEIRO, M.; VELDKAMP, A.; VAN EUPEN, M.; KOK, K. & PONTES, E. "Exploring Effective Conservation Networks Based on Multi-scale Planning Unit Analysis. A Case Study of the Balsas Sub-basin, Maranhão State, Brazil". *Ecological Indicators*, 2010.
- BEIER, P.; VAN DRIELEN, M. & KANKAM, B. "Avifaunal Collapse in West African Forest Fragments". *Conservation Biology*, 16(4): 1097-1111, 2002.
- BERNARD, E. & FENTON, M. "Bats in a Fragmented Landscape: Species Composition, Diversity and Habitat Interactions in Savannas of Santarém, Central Amazonia, Brazil". *Biological Conservation*, 134(3): 332-343, 2007.
- BITTENCOURT, J. & SEBBENN, A. "Patterns of Pollen and Seed Dispersal in a Small, Fragmented Population of the Wind-pollinated Tree *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil". *Heredity*, 99(6): 580-591, 2007.
- BORGES, L. A.; SOBRINHO, M. S. & LOPES, A. V. "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*, 204(2): 111-130, 2009.
- BROSI, B. J.; DAILY, G. C. & EHRLICH, P. R. "Bee Community Shifts with Landscape Context in a Tropical Countryside". *Ecological Applications*, 17(2): 418-430, 2007.
- BRYNS, R.; JACQUEMYN, H.; ENDELS, P.; VAN ROSSUM, F.; HERMY, M.; TRIEST, L.; DE BRUYN, L. & BLUST, G. "Reduced Reproductive Success in Small Populations of the Self Incompatible *Primula vulgaris*". *Journal of Ecology*, 92(1): 5-14, 2004.
- BUCHMANN, S. L. & NABHAN, G. P. "The Pollination Crisis: the Plight of the Honey Bee and the Decline of Other Pollinators Imperils Future Harvests". *Science*, 36(4): 22-27, 1996.
- CHACOFF, N. P. & AIZEN, M. A. "Edge Effects on Flower Visiting Insects in Grapefruit Plantations Bordering Premontane Subtropical Forest". *Journal of Applied Ecology*, 43(1): 18-27, 2006.
- CLERGEAU, P. & BUREL, F. "The Role of Spatio-temporal Patch Connectivity at the Landscape Level: an Example in a Bird Distribution". *Landscape and Urban Planning*, 38(1-2): 37-43, 1997.
- DE MARCO, P. & COELHO, F. M. "Services Performed by the Ecosystem: Forest Remnants Influence Agricultural Cultures' Pollination and Production". *Biodiversity and Conservation*, 13(7): 1245-1255, 2004.
- DEVELEY, P. F. & STOFFER, P. C. "Effects of Roads on Movements by Understory Birds in Mixed Species Flocks in Central Amazonian Brazil". *Conservation Biology*, 15(5): 1416-1422, 2001.
- DICK, C. W.; ETCHOLECU, G. & AUSTERLITZ, F. "Pollen Dispersal of Tropical Trees (*Dinizia excelsa*: Fabaceae) by Native Insects and African Honeybees in Pristine and Fragmented Amazonian Rainforest". *Molecular Ecology*, 12(3): 753-764, 2003.
- DIXON, K. W. "Pollination and Restoration". *Science*, 325(5940): 571-573, 2009.
- DONALDSON, J.; NÄNNI, I.; ZACHARIADES, C. & KEMPER, J. "Effects of Habitat Fragmentation on Pollinator Diversity and Plant Reproductive Success in Renosterveld Shrublands of South Africa". *Conservation Biology*, 16(5): 1267-1276, 2002.
- EKROOS, J.; PIHA, M. & TIAINEN, J. "Role of Organic and Conventional Field Boundaries on Boreal Bumblebees and Butterflies". *Agriculture Ecosystems & Environment*, 124(3-4): 155-159, 2008.

- FAHRIG, L. "Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity". *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34: 487-515, 2003.
- FORUP, M. L.; HENSON, K. S. E.; CRAZE, P. G. & MEMMOTT, J. "The Restoration of Ecological Interactions: Plant-pollinator Networks on Ancient and Restored Heathlands". *Journal of Applied Ecology*, 45(3): 742-752, 2008.
- GATHMANN, A. & TSCHARNTKE, T. "Foraging Ranges of Solitary Bees". *Journal of Animal Ecology*, 71(5): 757-764, 2002.
- GEMMILL-HERREN, B. & OCHIENG, A. "Role of Native Bees and Natural Habitats in Eggplant (*Solanum melongena*) Pollination in Kenya". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127(1-2): 31-36, 2008.
- GHAZOU, J. & MCLEISH, M. "Reproductive Ecology of Tropical Forest Trees in Logged and Fragmented Habitats in Thailand and Costa Rica". *Plant Ecology*, 153(1-2): 335-345, 2001.
- GIRÃO, L. C.; LOPES, A. V.; TABARELLI, M. & BRUNA, E. M. "Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape". *PLoS One*, 2(9): 908, 2007.
- GONZÁLEZ-VARO, J.; ARROYO, J. & APARICIO, A. "Effects of Fragmentation on Pollinator Assemblage, Pollen Limitation and Seed Production of Mediterranean myrtle (*Myrtus communis*)". *Biological Conservation*, 142(5): 1058-1065, 2009.
- GOVERDE, M.; SCHWEIZER, K.; BAUR, B. & ERHARDT, A. "Small-scale Habitat Fragmentation Effects on Pollinator Behaviour: Experimental Evidence from the Bumblebee *Bombus veteranus* on Calcareous Grasslands". *Biological Conservation*, 104(3): 293-299, 2002.
- GREENLEAF, S. S. & KREMEN, C. "Wild Bees Enhance Honey Bees' Pollination of Hybrid Sunflower". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(37): 13890-13895, 2006.
- HADLEY, A. & BETTS, M. "Tropical Deforestation Alters Hummingbird Movement Patterns". *Biology Letters*, 5(2): 207, 2009.
- HIRSCH, M.; PFAFF, S. & WOLTERS, V. "The Influence of Matrix Type on Flower Visitors of *Centaurea jacea* L". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1-3): 331-337, 2003.
- HOLZSCHUH, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. "Agricultural Landscapes with Organic Crops Support Higher Pollinator Diversity". *Oikos*, 117(3): 354-361, 2008.
- _____. "How Do Landscape Composition and Configuration, Organic Farming and Fallow Strips Affect the Diversity of Bees, Wasps and Their Parasitoids?". *Journal of Animal Ecology*, 79(2): 491-500, 2010.
- JULES, E. & SHAHANI, P. "A Broader Ecological Context to Habitat Fragmentation: Why Matrix Habitat Is More Important than We Thought". *Journal of Vegetation Science*, 14(3): 459-464, 2003.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. & WASER, N. M. "Endangered Mutualisms: the Conservation of Plant-pollinator Interactions". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 83-112, 1998.
- KLEIN, A.; CUNNINGHAM, S.; BOS, M. & STEFFAN-DEWENTER, I. "Advances in Pollination Ecology from Tropical Plantation Crops". *Ecology*, 89(4): 935-943, 2008.

- KLEIN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. "Fruit Set of Highland Coffee Increases with the Diversity of Pollinating Bees". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1518): 955-961, 2003.
- KLEIN, A.; VAISSIERE, B.; CANE, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. "Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608): 303-313, 2007.
- KNIGHT, M. E.; OSBORNE, J. L.; SANDERSON, R. A.; HALE, R. J.; MARTIN, A. P. & GOULSON, D. "Bumblebee Nest Density and the Scale of Available Forage in Arable Landscapes". *Insect Conservation and Diversity*, 2(2):116-124, 2009.
- KOLB, A. "Habitat Fragmentation Reduces Plant Fitness by Disturbing Pollination and Modifying Response to Herbivory". *Biological Conservation*, 141(10): 2540-2549, 2008.
- KREMEN, C. "Managing Ecosystem Services: What Do We Need to Know about Their Ecology?". *Ecology Letters*, 8(5): 468-479, 2005.
- KREMEN, C. *et al.* "Pollination and Other Ecosystem Services Produced by Mobile Organisms: a Conceptual Framework for the Effects of Land-use Change". *Ecology Letters*, 10(4): 299-314, 2007.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R. L.; FAY, J. P. & THORP, R. W. "The Area Requirements of an Ecosystem Service: Crop Pollination by Native Bee Communities in California". *Ecology Letters*, 7(11): 1109-1119, 2004.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M. & THORP, R. W. "Crop Pollination from Native Bees at Risk from Agricultural Intensification". *Proceedings of the National Academy of USA*, 99(26): 16812-16816, 2002.
- KREYER, D.; OED, A.; WALTHER-HELLWIG, K. & FRANKL, R. "Are Forests Potential Landscape Barriers for Foraging Bumblebees? Landscape Scale Experiments with *Bombus terrestris* agg. and *Bombus pascuorum* (Hymenoptera, Apidae)". *Biological Conservation*, 116(1): 111-118, 2004.
- LAURANCE, W. F. *et al.* "Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-year Investigation". *Conservation Biology*, 16(3): 605-618, 2002.
- LENNARTSSON, T. "Extinction Thresholds and Disrupted Plant-pollinator Interactions in Fragmented Plant Populations". *Ecology*, 83(11): 3060-3072, 2002.
- LONSDORF, E.; KREMEN, C.; RICKETTS, T.; WINFREE, R.; WILLIAMS, N. & GREENLEAF, S. "Modelling Pollination Services across Agricultural Landscapes". *Annals of Botany*, 103(9): 1589-1600, 2009.
- LOPES, A. V.; GIRÃO, L. C.; SANTOS, B. A.; PERES, C. A. & TABARELLI, M. "Long-term Erosion of Tree Reproductive Trait Diversity in Edge-dominated Atlantic Forest Fragments". *Biological Conservation*, 142(6): 1154-1165, 2009.
- LOPES, L. E. & BUZATO, S. "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, 2007.
- METZGER, J. "Tree Functional Group Richness and Landscape Structure in a Brazilian Tropical Fragmented Landscape". *Ecological Applications*, 10(4): 1147-1161, 2000.
- _____. "O que é Ecologia de Paisagens". *Biota Neotropica*, 1(1): 1-9, 2001.
- METZGER, J. & DÉCAMP, H. "The Structural Connectivity Threshold: an Hypothesis in Conservation Biology at the Landscape Scale". *Acta Oecologica*, 18(1): 1-12, 1997.

- MEYER, B.; JAUKER, F. & STEFFAN-DEWENTER, I. “Contrasting Resource-dependent Responses of Hoverfly Richness and Density to Landscape Structure”. *Basic and Applied Ecology*, 10(2): 178-186, 2009.
- MILET-PINHEIRO, P. & SCHLINDWEIN, C. “Do Euglossine Males (Apidae, Euglossini) Leave Tropical Rain Forest to Collect Fragrances in Sugarcane Monocultures?”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22: 853-858, 2005.
- MORATO, E. & CAMPOS, L. “Efeitos da Fragmentação Florestal sobre Vespas e Abelhas Solitárias em uma Área da Amazônia Central”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 17(2): 429-444, 2000.
- MOURA, D. & SCHLINDWEIN, C. “Mata Ciliar do Rio São Francisco como Biocorredor para Euglossini (Hymenoptera, Apidae) de Florestas Tropicais Úmidas”. *Neotropical Entomology*, 38(2): 281-284, 2009.
- MURCIA, C. “Edge Effects in Fragmented Forests: Implications for Conservation”. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(2): 58-62, 1995.
- OSBORNE, J.; CLARK, S.; MORRIS, R.; WILLIAMS, I.; RILEY, J.; SMITH, A.; REYNOLDS, D. & EDWARDS, A. “A Landscape-scale Study of Bumblebee Foraging Range and Constancy, Using Harmonic Radar”. *Journal of Applied Ecology*, 36(4): 519-533, 1999.
- POWELL, A. H. & POWELL, G. V. N. “Population Dynamics of Male Euglossine Bees in Amazonian Forest Fragments”. *Biotropica*, 19(2): 176-179, 1987.
- RENJIFO, L. “Effect of Natural and Anthropogenic Landscape Matrices on the Abundance of Subandean Bird Species”. *Ecological Applications*, 11(1): 14-31, 2001.
- RICKETTS, T. H.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R. & MICHENER, C. D. “Economic Value of Tropical Forest to Coffee Production”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(34): 12579-12582, 2004.
- RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; OCHIENG, A. & VIANA, B. F. “Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?”. *Ecology Letters*, 11(5): 499-515, 2008.
- SJÖDIN, N.; BENGSSON, J. & EKBOM, B. “The Influence of Grazing Intensity and Landscape Composition on the Diversity and Abundance of Flower Visiting Insects”. *Journal of Applied Ecology*, 45(3): 763-772, 2008.
- SMITH, J. & HELLMANN, J. “Population Persistence in Fragmented Landscapes”. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(9): 397-399, 2002.
- STEFFAN-DEWENTER, I.; MÜNZENBERG, U. & TSCHARNTKE, T. “Pollination, Seed Set and Seed Predation on a Landscape Scale”. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1477): 1685-1690, 2001.
- STEFFAN-DEWENTER, I.; POTTS, S. G. & PACKER, L. “Pollinator Diversity and Crop Pollination Services Are at Risk”. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(12): 651-652, 2005.
- STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. “Effects of Habitat Isolation on Pollinator Communities and Seed Set”. *Oecologia*, 121(3): 432-440, 1999.
- STEFFAN-DEWENTER, I. & WESTPHAL, C. “The Interplay of Pollinator Diversity, Pollination Services and Landscape Change”. *Journal of Applied Ecology*, 45(3): 737-741, 2008.

- TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; GIRÃO, L. C.; PERES, C. A. & LOPES, A. V. "Effects of Pioneer Tree Species Hyperabundance on Forest Fragments in Northeastern Brazil". *Conservation Biology*, 24(6): 1654–1663, 2010.
- TAKI, H. & KEVAN, P. G. "Does Habitat Loss Affect the Communities of Plants and Insects Equally in Plant-Pollinator Interactions? Preliminary Findings". *Biodiversity and Conservation*, 16(11): 3147-3161, 2007.
- TAYLOR, P.; FAHRIG, L.; HENEIN, K. & MERRIAM, G. "Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure". *Oikos*, 68(3): 571-573, 1993.
- TOMIMATSU, H. & OHARA, M. "Effects of Forest Fragmentation on Seed Production of the Understory Herb *Trillium camschatcense*". *Conservation Biology*, 16(5): 1277-1285, 2002.
- TONHASCA, A.; ALBUQUERQUE, G. & BLACKMER, J. "Dispersal of Euglossine Bees between Fragments of the Brazilian Atlantic Forest". *Journal of Tropical Ecology*, 19(1): 99-102, 2003.
- TONHASCA, A.; BLACKMER, J. L. & ALBUQUERQUE, G. S. "Abundance and Diversity of Euglossine Bees in the Fragmented Landscape of the Brazilian Atlantic Forest". *Biotropica*, 34(3): 416-422, 2002a.
- _____. "Within-habitat Heterogeneity of Euglossine Bee Populations: a Re-evaluation of the Evidence". *Journal of Tropical Ecology*, 18(06): 929-933, 2002b.
- TSCHARNTKE, T.; BOMMARCO, R.; CLOUGH, Y.; CRIST, T. O.; KLEIJN, D.; RAND, T. A.; TYLIANAKIS, J. M.; VAN NOUHUYS, S. & VIDAL, S. "Conservation Biological Control and Enemy Diversity on a Landscape Scale". *Biological Control*, 43(3): 294-309, 2007.
- TSCHARNTKE, T. & BRANDL, R. "Plant-insect Interactions in Fragmented Landscapes". *Annual Reviews in Entomology*, 49(1): 405-430, 2004.
- TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. & THIES, C. "Landscape Perspectives on Agricultural Intensification and Biodiversity–Ecosystem Service Management". *Ecology Letters*, 8(8): 857-874, 2005.
- TSCHARNTKE, T.; SEKERCIOGLU, C. H.; DIETSCH, T. V.; SODHI, N. S.; HOEHN, P. & TYLIANAKIS, J. M. "Landscape Constraints on Functional Diversity of Birds and Insects in Tropical Agroecosystems". *Ecology*, 89(4): 944-951, 2008.
- WESTPHAL, C.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. "Mass Flowering Crops Enhance Pollinator Densities at a Landscape Scale". *Ecology Letters*, 6(11): 961-965, 2003.
- WIENS, J. "Habitat Fragmentation: Island *vs.* Landscape Perspectives on Bird Conservation". *Ibis*, 137(s1): S97-S104, 1995.
- WINFREE, R.; AGUILAR, R.; VÁZQUEZ, D.; LEBUHN, G. & AIZEN, M. A. "A Meta-analysis of Bees' Responses to Anthropogenic Disturbance". *Ecology*, 90(8): 2068-2076, 2009.
- YAMAMOTO, L.; KINOSHITA, L. & MARTINS, F. "Síndromes de Polinização e de Dispersão em Fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil". *Acta Botanica Brasilica*, 21(3): 553-573, 2007.
- ZANETTE, L. R. S.; MARTINS, R. P. & RIBEIRO, S. P. "Effects of Urbanization on Neotropical Wasp and Bee Assemblages in a Brazilian Metropolis". *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4): 105-121, 2005.



4. Polinização Agrícola e sua Importância no Brasil

Breno Magalhães Freitas, Patrícia Nunes-Silva

INTRODUÇÃO

Os polinizadores estão entre os componentes essenciais para o funcionamento dos ecossistemas em geral (Costanza *et al.*, 1997). A polinização é essencial para a reprodução e manutenção da diversidade de espécies de plantas e provê alimentos para humanos e animais, influenciando, também, o aspecto qualitativo da produção (Buchmann *et al.*, 1997). Cerca de 75% das culturas e 80% das espécies de plantas dotadas de flores dependem da polinização animal e as abelhas constituem-se como os principais polinizadores bióticos da natureza (Shepherd *et al.*, 2003; Ricketts *et al.*, 2008).

O papel dos polinizadores na agricultura tem estado mais evidente nas últimas décadas, pois a agricultura tem se tornado mais dependente deles, tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento (Gallai *et al.*, 2009; Vaissière *et al.*, 2009). A agricultura nos países em desenvolvimento representa mais de dois terços da agricultura mundial e é 50% mais dependente da polinização que a agricultura dos países desenvolvidos (Aizen *et al.*, 2008); além disso, a demanda do uso de polinizadores para maior produtividade encontra-se bem evidenciada. No caso das culturas dependentes de polinização nos países em desenvolvimento, na ausência de polinizadores seria necessário plantar uma área seis vezes maior para obter a mesma produtividade que os países desenvolvidos apresentam (Aizen *et al.*, 2009). Somente na América do Sul, o valor dos serviços da polinização foi estimado em 11,6 bilhões de euros por ano (Gallai *et al.*, 2009; Potts *et al.*, 2010), enquanto no Brasil, apenas oito culturas dependentes de polinizadores são responsáveis por 9,3 bilhões de dólares em exportações (Freitas e Imperatriz-Fonseca, 2004).

Os insetos, principalmente as abelhas, são os principais polinizadores da maioria das culturas agrícolas e plantas silvestres. Os serviços de polinização que prestam à agricultura e aos ecossistemas terrestres podem ser prejudicados por inúmeros fatores que afetam as populações silvestres e manejadas (Freitas *et al.*, 2009).

Um desses fatores é a perda de hábitat, que em geral reduz sua diversidade e abundância. Há dados que apontam que as populações de polinizadores estão

em declínio, com evidências fortes no Hemisfério Norte e na Europa (Potts *et al.*, 2010). Mesmo antes desses estudos, a preocupação com o declínio dos polinizadores resultou no estabelecimento da Iniciativa Internacional de Polinizadores pela Convenção Biológica da Diversidade e de outros programas regionais, como a Iniciativa Brasileira dos Polinizadores (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2007). Dados mostram que mesmo a apicultura, a criação das abelhas *Apis mellifera*, os principais polinizadores manejáveis, está crescendo em ritmo mais lento do que a necessidade dos serviços ecossistêmicos manejáveis que ela presta (Aizen *et al.*, 2009).

As ameaças às populações nativas de polinizadores são diversas e muitas desconhecidas. Além disso, não se sabe como esses diversos fatores interagem. Assim, entender esses mecanismos, as causas e as consequências dos serviços de polinização em escalas locais, nacionais e globais é necessário para promover o uso sustentável e a conservação dos serviços de polinização (Potts *et al.*, 2010). Na região neotropical, a fauna de abelhas é rica e diversa, porém pouco estudada. Não há dados confiáveis e em quantidade suficiente para apontar as principais ameaças às populações de abelhas, mas suspeita-se que o desmatamento, a intensificação da agricultura e a introdução e a expansão de espécies de abelhas exóticas estejam entre as mais significativas. No Brasil, os principais problemas para a conservação das abelhas nativas é a falta de informação sobre a taxonomia, a diversidade, a riqueza, a dinâmica populacional e o impacto das atividades humanas nas diferentes espécies (Freitas *et al.*, 2009).

ESTADO DA ARTE

Realizamos uma pesquisa no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹ para constatar as principais culturas agrícolas cultivadas nos diferentes estados brasileiros que potencialmente dependem de polinização ou têm sua produção beneficiada por ela. Utilizamos as listas fornecidas de Lavoura Permanente 2008, Lavoura Temporária 2008 e Extração e Silvicultura 2008 para cada estado e consideramos as culturas agrícolas com valores maiores que zero. O IBGE atribuiu zero aos valores dos estados onde, por arredondamento, os totais não atingiram a unidade de medida (tonelada, hectare, kg/hectare ou reais).

De acordo com a porcentagem de estados que produzem cada cultura, determinamos as culturas mais importantes, em termos de distribuição no Brasil, produzidas no país. As culturas produzidas em mais de 90% dos estados foram o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill; 4 milhões de toneladas em 2009), o mamão (*Carica papaya*, L.; quase 2 milhões de toneladas em 2008), o limão (*Citrus* spp.; 1 milhão de toneladas em 2008), a laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck; 10 milhões

1. <<http://www.ibge.gov.br/estadosat>>

de toneladas em 2009), o feijão (*Phaseolus* spp.; 35 milhões de toneladas em 2009), a melancia (*Citrullus* spp.; quase 2 milhões de toneladas em 2008) e o maracujá (*Passiflora* spp.; 682 mil toneladas em 2008). Em mais de 80% foram a goiaba (*Psidium guajava* L.; 312 mil toneladas) e a tangerina (*Citrus* spp.; 1 milhão de toneladas em 2008) e entre 50% e 70% foram a manga (*Mangifera indica* L.; 1 milhão de toneladas em 2008), a soja (*Glycine max* L., Merrill; quase 60 milhões de toneladas em 2009), o coco-da-baía (*Cocos nucifera* L.; mais de 1 milhão de frutos em 2009), o urucum (*Bixa orellana* L.; 6 mil toneladas), o melão (*Cucumis melo* L.; 340 mil toneladas em 2008), o abacate (*Persea americana* Mill.; 147 mil toneladas em 2008), a uva (*Vitis* spp.; 1 milhão de toneladas em 2009), o café (*Coffea* spp.; 2 milhões de toneladas em 2009), o algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.; quase 3 milhões de toneladas em 2009) e a mamona (*Ricinus communis* L.; 90 mil toneladas em 2009).

Também avaliamos quantas culturas diferentes os estados produzem. Os que produzem maior diversidade de culturas foram a Bahia, Minas Gerais e o Ceará, responsáveis por mais de 60% das diferentes culturas produzidas em todo o país.

Analisando as culturas agrícolas regionalmente, é possível verificar que algumas são produzidas somente em determinadas regiões do Brasil. O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.; 120 mil toneladas em 2008); a castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. 30 mil toneladas em 2008) e o guaraná (*Paullinia cupana* H.B.K.; 4 mil toneladas em 2009) são produzidos principalmente na região Norte; o babaçu (*Orbygnia speciosa* Mart., Barb. Rodr.; 110 mil toneladas de amêndoas em 2008) e a castanha-de-caju (*Anacardium occidentale* L.; 210 mil toneladas em 2009) nas regiões Norte e Nordeste; o caqui (*Diospyros kak* L.F.; 173 mil toneladas em 2008) e a maçã (*Pyrus malus* L.; um milhão de toneladas) nas regiões Sudeste e Sul; a carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore mil toneladas de cera em 2006) e a mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes; 711 toneladas em 2008) na região Nordeste.

A presença de abelhas nos cultivos é fundamental para a produção agrícola de muitas dessas culturas produzidas no Brasil. O guaraná, por exemplo, é dependente da polinização entomófila e as abelhas sem ferrão são os principais polinizadores (Ferreira, 2003).

A maioria das culturas que já foram estudadas aumenta significativamente a produtividade na presença de abelhas, como o caju (Freitas e Paxton, 1998; Freitas *et al.*, 2002), a acerola (*Malpighia emarginata* D.C.; Freitas *et al.*, 1999) e a goiaba (Alves e Freitas, 2007). Em outras, como o pimentão (*Capsicum* spp.) e o morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne), a polinização diminui de 17% a 43% a má-formação de frutos e em oleaginosas como a mamona (*Ricinus communis* L.), o girassol (*Helianthus annuus* L.) e a canola (*Brassica napus* L. e B. rapa L.) aumenta de 9% a 27% o teor de óleo nas sementes (Malagodi-Braga, 2002; Silva *et al.*, 2005; Rizzardo *et al.*, 2008; Rosa *et al.*, 2010). Já a ausência de polinização pelas abelhas é crítica

para certas culturas, levando a reduções na produção de 70% a 80% no melão, na melancia, no maracujá e na maçã (Freitas, 1995; Camillo, 1998; Souza, 2003).

Há ainda as culturas que não são dependentes dos polinizadores, mas são beneficiadas por eles. Um exemplo é o tomate, que é autofecundado, no entanto, como é necessária a vibração das anteras para a liberação do pólen (polinização por vibração), a polinização pelas abelhas aumenta a qualidade dos frutos (peso, número de sementes) e muitas vezes até o número de frutos produzidos (Banda e Paxton, 1991; Kevan *et al.*, 1991; Hogendoorn *et al.*, 2000, 2006; Morandin *et al.*, 2001; Cauich *et al.*, 2004; Del Sarto *et al.*, 2005; Palma *et al.*, 2008; Bispo-dos-Santos *et al.*, 2009).

No entanto, considerando as dimensões continentais do Brasil e os vários ecossistemas e condições ambientais onde a agricultura é desenvolvida no país, os agentes polinizadores efetivos e suas eficiências de polinização podem variar de região para região ou mesmo entre diferentes localidades. Mesmo assim, uma coisa em comum a todas elas é o potencial que os serviços de polinização bióticos, sejam aqueles realizados por polinizadores silvestres ou conduzidos por polinizadores manejados pelos produtores, têm de contribuir para uma atividade agrícola ecologicamente mais correta, socialmente mais justa e economicamente mais rentável. A seguir, apresentamos cinco estudos de caso que, por meio de uma visão macro nas cinco regiões brasileiras, exemplificam a importância da polinização na agricultura do país atualmente e a sua relevância potencial para um desenvolvimento sustentável do agronegócio no futuro próximo.

ESTUDO DE CASO 1: A QUESTÃO DO BIODIESEL E A AGRICULTURA FAMILIAR

O Brasil possui um histórico bem-sucedido e reconhecimento mundial na produção de biocombustíveis com o Programa Nacional do Álcool. Atualmente, vem investindo no programa de produção de biodiesel, combustível com grandes vantagens ecológicas e sociais quando comparado ao combustível tradicional derivado do petróleo, o diesel (Holanda, 2004). O biodiesel pode ser produzido a partir de uma série de espécies vegetais como a palma ou dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq.), o babaçu (*Orbygnia speciosa* Mart., Barb. Rodr.), o girassol (*Helianthus annuus* L.), a mamona (*Ricinus communis* L.), a canola (*Brassica napus* L. e *B. rapa* L.), a soja (*Glycine max* L., Merrill), entre outras, bem como a partir de gordura animal e restos de frituras (Rizzardo *et al.*, 2008). As principais culturas destinadas à produção de óleos vegetais são a soja na região Sul, o girassol no Sudeste, o algodão no Centro-oeste, a palma no Norte e a mamona na região Nordeste, principalmente no semiárido brasileiro.

A região Nordeste, responsável pelo consumo de 15% do diesel do país, é pioneira nas iniciativas em relação ao biodiesel. Ao final de 1980, foi lançado em

Fortaleza o Prodieisel, concebido como sucedâneo vegetal para o óleo diesel do petróleo (Parente, 2003). Devido ao elevado teor de óleo nas sementes, tolerância a diversas condições edafoclimáticas e adaptação ao semiárido, a mamoneira tem sido considerada uma alternativa para a agricultura familiar, sendo a mais difundida para a produção de biodiesel no Nordeste brasileiro (Rizzardo *et al.*, 2008). Só na área de caatinga, que representa 8,35% do território nacional e equivale a 71 milhões de hectares, existem 448 municípios com condições favoráveis ao cultivo da mamoneira (Rousseff, 2004).

Levando em conta a inclusão social, o Ministério do Desenvolvimento Agrário concede o Selo Combustível Social, no Nordeste, às empresas que adquirem pelo menos 50% da matéria-prima para a produção de biodiesel oriunda da agricultura familiar. Isso pode contribuir para o desenvolvimento regional por meio da geração de emprego e renda para agricultores familiares enquadrados nos critérios do Pronaf. Este percentual varia em função da região do país (MDA, 2007).

Devido ao fato de a mamona ser uma cultura anemófila (polinização pelo vento), cujas flores não produzem néctar, os estudos visando a incrementos de produtividade sempre foram concentrados no melhoramento vegetal, em tratamentos culturais e no combate a pragas e doenças, não havendo preocupações no estudo de potenciais polinizadores bióticos (Távora, 1892). No entanto, os estudos de Rizzardo (2007) e Rizzardo *et al.* (2008), mostraram que a abelha melífera (*Apis mellifera*) colhe o pólen das flores masculinas da mamoneira e promove a polinização de suas flores femininas por aumentar a quantidade de pólen em suspensão no ar ao redor das panículas e ao andar por sobre essas flores em busca de néctar nos nectários extraflorais da inflorescência, levando à produção de sementes significativamente mais pesadas, ao maior rendimento de óleo, maior teor de extrato etéreo e maior valor energético do óleo em relação à polinização anemófila. Além disso, Milfont *et al.* (2009) também mostraram que plantios de mamona são excelentes fontes de néctar para a produção de mel. Esses resultados não só ressaltam o potencial das abelhas no aumento da produtividade da cultura da mamona para produção de biodiesel e mel de abelhas, gerando renda e alimento para a agricultura familiar, como também representa um dos poucos estudos em que foi demonstrada a contribuição de polinizadores bióticos em culturas de polinização anemófila (Pierre *et al.*, 2009).

ESTUDO DE CASO 2: A QUESTÃO DO EXTRATIVISMO SUSTENTÁVEL E A AGRICULTURA NA AMAZÔNIA

A Amazônia possui a maior floresta do mundo, com 5,5 milhões de km², dos quais a maior parte (60%) se situa no Brasil. O desenvolvimento dessa região sempre foi pautado no extrativismo dos recursos naturais, seja de forma sustentável, como o

ciclo da borracha no início do século XX, ou não, como a acentuada exploração madeireira mais recentemente. No entanto, desde o final do século passado, atividades não extrativistas e de caráter intensivo como a pecuária bovina e o cultivo da soja têm levado à remoção de grandes extensões da cobertura vegetal natural da Amazônia para a formação de pastagens e áreas agrícolas (Fearnside, 2008). Como consequência, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e o World Wildlife Fund (WWF) atestam que 17,1% da floresta amazônica brasileira já haviam sido desmatados até 2008 (WWF, 2008). Dessa forma, atividades extrativistas ou agrícolas extensivas têm se mostrado a melhor opção para o desenvolvimento sustentável na região amazônica.

Após a decadência da borracha, a castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) passou a constituir o principal produto extrativo para exportação da região Norte do Brasil na categoria de produtos extrativistas e sua exploração desempenha papel fundamental na organização socioeconômica de grandes áreas extrativistas da floresta (Silva, 2002). A produção nacional gira em torno de 29 mil toneladas, 43,908 milhões de reais na economia regional e tem impacto direto na vida de comunidades extrativistas, pequenos produtores e populações indígenas que, durante a comercialização, interagem com empresários da agroindústria e do setor de exportação (IBGE, 2006).

A exploração madeireira de exemplares nativos desta árvore é protegida por lei (Decreto 1282 de 19 de outubro de 1994), mas essa não impede seu plantio com a finalidade de reflorestamento tanto em plantios puros quanto em sistemas consorciados, uma opção interessante para o reflorestamento de áreas degradadas de pastagens ou de cultivos anuais (Locatelli *et al.*, 2002; Embrapa, 2005). Sendo assim, na Amazônia existem algumas iniciativas de cultivo de castanheira visando a seu potencial produtivo de amêndoa e madeira.

No entanto, a produtividade dos espécimes de castanha-do-brasil em áreas cultivadas tem se mostrado bastante inferior àquela das árvores sujeitas ao extrativismo nas matas, e isso pode desencorajar o processo de reflorestamento das áreas degradadas com *B. excelsa* e a prática de uma atividade econômica sustentável para a região (Freitas e Cavalcante, 2008).

A castanheira é uma planta alógama com síndrome de polinização melitófila (Maués, 2002). Portanto, *déficits* de polinização nas áreas cultivadas podem ser responsáveis pela baixa produtividade observada (Cavalcante, 2008). No seu ambiente natural, as castanheiras ocorrem em grupos de alguns poucos indivíduos próximos uns dos outros no meio da floresta chamados de castanhais (Maués, 2002). Os seus polinizadores naturais são abelhas de médio e grande porte, pertencentes principalmente aos gêneros *Bombus*, *Xylocopa*, *Eulaema*, *Epicharis*, *Euglossa* e *Centris* (Prance e Mori, 1979; Maués, 2002). Essas abelhas são vigorosas e robustas, algumas delas conseguem voar longas distâncias, ultrapassando os 20 km (Janzen, 1971). Assim, as abelhas podem visitar várias vezes as flores abertas

a cada dia nas poucas árvores de cada castanhal e entre grupos de árvores de castanhais próximos, o que é extremamente importante para a manutenção do fluxo genético entre as plantas alógamas na floresta tropical (Maués, 2002). Dessa forma, a relativa pequena quantidade de flores abertas a cada dia por castanhal assegura que as abelhas promovam a polinização cruzada e a deposição da quantidade de grãos de pólen necessária para os frutos vingarem (Freitas e Cavalcante, 2008).

Nos cultivos comerciais, no entanto, as grandes áreas de monocultivo de *B. excelsa* constituem um ambiente totalmente artificial e pouco frequente na produção dessa espécie, onde, ao invés de uma ou de poucas árvores de castanheira cercadas por mata nativa, passa-se a ter centenas ou milhares dessas árvores quase que de forma contínua. Esta nova situação poderia interferir de forma decisiva na diversidade, quantidade e eficiência dos polinizadores da castanheira. Entretanto, Cavalcante (2008) observou que devido à presença da mata nativa nos arredores dos cultivos para fornecer os polinizadores e ao hábito de forrageamento de longa distância destes, o tamanho das áreas cultivadas não interfere no acesso e na diversidade de polinizadores em relação aos castanhais. Porém, a quantidade de visitas às flores pode ser um fator limitante da produtividade das áreas agrícolas em função do desequilíbrio da relação polinizador/número de flores, provavelmente bem menor nos cultivos do que nos castanhais. Isso pode gerar consequências diretas na produtividade, rentabilidade e sustentabilidade do empreendimento.

Para assegurar as populações de polinizadores naturais em plantações comerciais na quantidade necessária e realizando o número mínimo de visita por flor necessária, evitando assim uma baixa produção de frutos, é necessário mudar o sistema de cultivo para reduzir o tamanho das áreas contínuas cultivadas, aumentar as faixas de vegetação nativa entre os lotes e desenvolver programas de manejo para os principais polinizadores (Maués, 2002; Freitas e Cavalcante, 2008; Cavalcante *et al.*, 2010).

ESTUDO DE CASO 3: A QUESTÃO DOS MINIFÚNDIOS E A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

Uma das vantagens de níveis de polinização adequados é o aumento da produtividade agrícola em relação às áreas da mesma cultura com *déficits* de polinização (Free, 1993; Vaissière *et al.*, 2009). No caso de espécies altamente dependentes de polinizadores bióticos, como o melão, o maracujá e a maçã, pequenas diferenças na quantidade e/ou eficiência dos polinizadores podem representar variações significativas nos índices de polinização da cultura e, conseqüentemente, na sua rentabilidade e afastar os produtores da atividade.

A região Sul é a principal produtora de frutas de clima temperado no país, e responsável por abastecer parte do mercado interno com essas frutas, além de su-

prir parte do mercado do Hemisfério Norte com a exportação de maçãs (Aquino e Benitez, 2005). Nos municípios produtores, o uso do aluguel de colônias de *A. mellifera* para a polinização de fruteiras como a macieira (*Pyrus malus* L.), a pereira (*Pyrus communis* L.), o pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) e o kiwizeiro (*Actinidia deliciosa* A. Chevi.) é uma realidade nos cultivos locais, uma vez que essas espécies são altamente dependentes de polinizadores bióticos para vingarem frutos (Orth *et al.*, 2000; Petri, 2002; Faoro, 2009). No entanto, as propriedades rurais responsáveis pela quase totalidade da produção dessas frutas são minifúndios, onde a produtividade se torna essencial para gerar renda suficiente que mantenha o interesse do produtor pela atividade. Dessa forma, a presença de polinizadores eficientes e em número suficiente torna-se imperativo para a economia de toda a região produtora (Couto *et al.*, 2010). Somente a cultura da maçã produziu 1.218.657 toneladas, em uma área colhida de 36.186 hectares na safra 2008/2009 (IBGE, 2010). Isso indica uma produtividade média de 33.677 kg/ha e o aluguel de mais de 100 mil colônias de *A. mellifera* para polinização, perfazendo cerca de 4 milhões de reais.

A expansão das culturas já instaladas e a introdução de outras culturas de clima temperado na região, também dependentes dos serviços de polinização bióticos, como o mirtilo (*Vaccinium* spp.), ameixa preta (*Prunus domestica* L.) entre outras irá aumentar a demanda por polinizadores nativos e manejados para polinização (Sezerino, 2010). Há, portanto, a necessidade de conhecer, conservar e estimular os visitantes florais nativos que possam ser polinizadores eficientes dessas culturas e aprimorar as técnicas de manejo para *A. mellifera* existentes, para maximizar a produção nos minifúndios do sul do Brasil e assegurar a rentabilidade da fruticultura de clima temperado na região.

ESTUDO DE CASO 4: A QUESTÃO DO DESMATAMENTO E A POLINIZAÇÃO REALIZADA POR POLINIZADORES NATIVOS

O café (*Coffea arabica* L.) é consumido mundialmente na forma de bebida, sendo considerado uma bebida nutracêutica. É rico em sais minerais, apresenta vitamina B (niacina) e quando tomado em quantidade indicada, estimula a concentração, o aprendizado e a memória (Encarnação e Lima, 2003).

O café é uma cultura agrícola importante no Brasil, principalmente para alguns estados como São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo, onde promoveu desenvolvimento e posteriormente a industrialização. Sua contribuição nos agronegócios é em torno de 4 bilhões de dólares anualmente (De Marco e Coelho, 2004).

Apesar de ser autopolinizado, o café beneficia-se da presença de insetos polinizadores, principalmente abelhas. Roubik (2002) mostrou que as abelhas controlam 36% da produção total de café em uma plantação no Panamá e, analisando dados da produção mundial de café, apontou que o declínio na produção em alguns

lugares do mundo poderia estar relacionado à perda de polinizadores devido às práticas agrícolas agressivas que destroem o hábitat.

Na Indonésia, a comparação entre diferentes áreas de produção de café mostrou que a porcentagem de frutificação está relacionada à diversidade de abelhas visitando as plantas: quanto maior a diversidade, maior a taxa de frutificação. No caso das abelhas sociais, essa diversidade é maior perto dos fragmentos florestais, e no caso das abelhas solitárias, maior quando a intensidade de luz é maior nos sistemas agroflorestais (Klein *et al.*, 2003a; 2003b). Na Costa Rica, a polinização por abelhas silvestres também aumentou a produção das plantas próximas aos fragmentos florestais, além da qualidade do café (Ricketts *et al.*, 2004). Em distâncias de até 100 metros do fragmento, a diversidade de abelhas, a taxa de visitação e de deposição do pólen foram maiores do que a distâncias maiores (Ricketts, 2004). O valor da polinização provida por dois fragmentos florestais próximos às plantações de café de uma fazenda na Costa Rica foi estimado em 60 mil dólares por ano (Ricketts *et al.*, 2004).

No Brasil, onde o café geralmente é cultivado a sol pleno e em grandes plantios em áreas com poucos remanescentes da vegetação nativa original, estudos mostram que a presença de insetos polinizadores pode aumentar de 10% a 72% a produção (Amaral, 1952, 1960, 1972; Sein, 1959; Malerbo-Souza *et al.*, 2003). Além disso, as plantações próximas a fragmentos florestais apresentaram um aumento de 14,6% na produção (De Marco e Coelho, 2004).

A manutenção de fragmentos florestais no entorno das plantações de café, portanto, é importante para fornecer a diversidade e a quantidade de polinizadores necessários para assegurar a polinização adequada dessa cultura, promovendo aumento na quantidade e qualidade dos grãos produzidos, e, conseqüentemente, no ganho financeiro.

ESTUDO DE CASO 5: A QUESTÃO DAS CULTURAS “POUCO DEPENDENTES” DA POLINIZAÇÃO BIÓTICA

Algumas culturas agrícolas conseguem produzir de forma economicamente viável mesmo sem a participação de polinizadores bióticos, porque uma considerável porção da sua polinização é realizada pelo vento (ex. mamona, coco, variedades macho-férteis de canola etc.) ou porque são autógamas, isto é, suas flores conseguem se autopolinizar (ex. feijões, soja) (Free, 1993; Rizzardo *et al.*, 2008; Pierre *et al.*, 2009). Mas esses cultivos apresentam potencial para se tornarem mais rentáveis caso tenham sua polinização complementada por abelhas, por exemplo. Isso ocorre porque a deposição (quantidade e qualidade) e distribuição dos grãos de pólen nos estigmas das flores, quando feitas somente pelo vento ou pelos mecanismos de autopolinização da flor, embora suficientes para vingarem algumas sementes e pro-

duzir frutos, geralmente não o é para maximizar o potencial produtivo da planta e assegurar todas as sementes e frutos que a cultura possui potencial de produzir. Esse *déficit* de polinização, normalmente em torno de 10% a 15%, não costuma ser percebido pelo produtor, já que o plantio consegue produzir economicamente e seus índices de produtividade se assemelham aos da região, uma vez que todos adotam as mesmas práticas de produção, sem promover a polinização biótica da cultura.

Entre as várias espécies vegetais nessa situação, a soja destaca-se no Brasil por ser uma das grandes culturas do país, ocupando extensas áreas plantadas no Sul e Centro-oeste brasileiros e tendo, recentemente, se expandido para as regiões Norte e Nordeste. Além disso, é matéria-prima para vários produtos, possui elevado teor proteico em suas sementes, representa a principal fonte de óleo para produção de biodiesel no Brasil e está entre os principais produtos da pauta de exportação brasileira, gerando divisas para a nação (Moreti *et al.*, 1998; Nogueira-Couto *et al.*, 1998; Chiari *et al.*, 2005).

A participação de polinizadores bióticos, particularmente abelhas, na polinização da soja sempre foi considerada irrelevante tanto pelo fato de a flor ter a capacidade de se autopolinizar quanto pelo intenso uso de defensivos agrícolas que impede o estabelecimento de uma população de polinizadores na área suficiente para se notar o potencial de incremento de produtividade da lavoura. Em contrapartida, experimentos com colônias de *A. mellifera* colocadas dentro de gaiolas em cultivos de soja sugerem aumentos de 5% a 20% de produtividade (Abrams *et al.*, 1978; Erickson *et al.*, 1978) e alguns trabalhos têm demonstrado que plantas isoladas em gaiolas produzem significativamente menos que aquelas abertas à visitação de polinizadores naturais ou de abelhas *A. mellifera* introduzidas no cultivo (Moreti *et al.*, 1998; Nogueira-Couto *et al.*, 1998; Chiari *et al.*, 2005). Mais significativamente ainda, Milfont *et al.* (2010) encontraram acréscimos de 4,3% no número de vagens produzidas, 17,7% na quantidade de vagens contendo três sementes e 12,9% na produção de grãos em áreas onde abelhas *A. mellifera* foram introduzidas no cultivo, em relação a áreas abertas, livres para a visitação das flores, mas sem a introdução de polinizadores. Isso provavelmente ocorre na soja porque, ao visitarem as flores, as abelhas andaram por sobre os estigmas, promovendo uma distribuição mais uniforme dos grãos de pólen e depositaram pólen de outras flores que trazem nos seus corpos, aumentando a quantidade de pólen no estigma e a qualidade deste (polinização cruzada).

Talvez o termo “pouco dependente” não seja totalmente correto para a soja, haja vista que aproximadamente 13% de aumento de produtividade com a presença de *A. mellifera* constitui um incremento significativo na rentabilidade da cultura, se considerarmos que todos os custos de produção (plantio, tratamentos culturais, combate a pragas, colheita etc.) são praticamente os mesmos de quando não há a presença dos polinizadores bióticos. A justificativa da grande quantidade de defensivos agrícolas utilizados nessa cultura para não utilizar polinizadores bióticos também

não se sustenta, pois em culturas extremamente dependentes de polinizadores e que usam pesticidas, como o melão, a maçã e o maracujá, têm sido desenvolvidos manejos adequados para conciliar a necessidade dos polinizadores.

Certamente outras culturas consideradas “pouco dependentes” e também importantes na agricultura brasileira tanto para exportação, como a soja, quanto para a segurança alimentar, como os feijões, podem se beneficiar da polinização biótica e apresentar incrementos de produtividade relevantes, significando menores necessidades de terra agricultável e práticas agrícolas mais amigáveis aos polinizadores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Hoje, a falta de conhecimentos sobre a identidade dos polinizadores efetivos da maioria das espécies vegetais cultivadas no Brasil, suas eficiências de polinização e técnicas de criação e manejo para introduzi-los, mantê-los e direcioná-los nas áreas agrícolas são os principais problemas que limitam a produtividade das culturas, particularmente daquelas que dependem de agentes polinizadores bióticos, como as abelhas.

A elucidação dessas questões é de fundamental importância para o desenvolvimento de uma agricultura rentável, sustentável e menos impactante aos recursos naturais, além de socialmente justa, tanto no que se refere à diversidade de culturas como de regiões do país.

A conservação dos habitats dos polinizadores silvestres e o desenvolvimento de manejos adequados para mitigar os efeitos dos pesticidas sobre os polinizadores se faz necessária na busca do uso sustentável de polinizadores na agricultura brasileira, uma vez que promove a diversidade e quantidade de espécies polinizadoras nativas nos sistemas agrícolas.

A pesquisa, a capacitação e a conscientização de agricultores, apicultores e demais atores da cadeia produtiva, de que os polinizadores são aliados indispensáveis da produção agrícola, parece ser o caminho para o desenvolvimento de uma agricultura ecologicamente correta e rentável.

REFERÊNCIAS

- ABRAMS, R. I.; EDWARDS, C. R. & HARRIS, T. “Yields and Cross-pollination of Soybeans as Affected by Honeybees and Alfalfa Leaf cutting Bees”. *American Bee Journal*, 118(8): 555-556, 1978.
- AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A. & KLEIN, A. M. “Long-term Global Trends in Crop Yield and Production Reveal no Current Pollination Shortage but Increasing Pollinator Dependency”. *Current Biology*, 18(20): 1572-1575, 2008.

- _____. “How Much Does Agriculture Depend on Pollinators? Lessons from Long-term Trends in Crop Production”. *Annals of Botany*, 103(9): 1579, 2009.
- ALVES, J. E. & FREITAS, B. M. “Requerimentos de Polinização da Goiabeira”. *Ciência Rural*, 37(5): 1281-1286, 2007.
- AMARAL, E. “Ensaio sobre a Influência de *Apis mellifera* L. na Polinização do Cafeeiro (Nota prévia)”. *Boletim da Escola de Agricultura Luiz de Queiroz*, 9: 1-6, 1952.
- _____. “Ação dos Insetos na Polinização do Cafeeiro Caturram”. *Revista de Agricultura*, 35: 139-147, 1960.
- _____. *Polinização Entomófila de Coffea arabica L., Raio de Ação e Coleta de Pólen pela Apis mellifera Linnaeus, 1758 (Hymenoptera; Apidae), em Cafezal Florido*. Tese (Livre-docência) – Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1972.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. “De Volta ao Paraíso”. Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta Santa Cruz, 2008.
- AQUINO, F. M. & BENITEZ, R. M. *Cadeia Produtiva da Maçã – Produção, Armazenagem, Comercialização, Industrialização e Apoio do BRDE na Região Sul do Brasil*. Porto Alegre, BRDE, 2005.
- BANDA, H. J. & PAXTON, R. J. “Pollination of Greenhouse Tomatoes by Bees”. *Acta Horticulturae*, 288: 194-198, 1991.
- BISPO-DOS-SANTOS, S. A.; ROSELINO, A. C.; HRNCIR, M. & BEGO, L. R. “Pollination of Tomatoes by the Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* and the Honey Bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae)”. *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 751-757, 2009.
- BUCHMANN, S.; NABHAN, G. & MIROCHA, P. *The Forgotten Pollinators*. Washington, Island Press, 1997.
- CAMILLO, E. “Estudos sobre o Incremento dos Polinizadores (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) do Maracujá Amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.)”. In: XII Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador. *Anais*. 1998, CD-ROM.
- CAUICH, O.; QUEZADA-EUAN, J. J. G.; MACIAS-MACIAS, J. O.; REYES-OREGEL, V.; MEDINA-PERALTA, S. & PARRA-TABLA, V. “Behavior and Pollination Efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on Greenhouse Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in Subtropical Mexico”. *Journal of Economic Entomology*, 97(2): 475-481, 2004.
- CAVALCANTE, M. C. *Visitantes Florais e Polinização da Castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa H. & B.) em Cultivo na Amazônia Central*. Dissertação (Mestrado) – Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.
- CAVALCANTE, M. C.; OLIVEIRA, M. O.; SOARES, A. A.; BOMFIM, I. G. A.; MILFONT, M. O.; FREITAS, B. M. & MAUÉS, M. M. “O Papel dos Polinizadores e o Layout do Cultivo na Baixa Produtividade da Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) na Amazônia Central”. In: XIX Encontro Sobre Abelhas. *Anais*. 2010, CD-ROM.
- CHIARI, W. C.; DE TOLEDO, V. D. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; DE OLIVEIRA, A. J. B.; SAKAGUTI, E. S.; ATTENCIA, V. M.; COSTA, F. M. & MITSUI, M. H. “Pollination of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) by Honeybees (*Apis mellifera* L.)”. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(1): 31-36, 2005.
- CONSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.

- & VAN DEN BELT, M. "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature* 387: 253-260, 1997.
- COUTO, M.; LEITE, G. B. & PETRI, J. L. "Considerações sobre a Polinização da Macieira". *Agapomi*, 2010. Disponível em: <<http://www.agapomi.com.br/jornal.php?noticia=146>>. Acesso em: 05 nov. 2010.
- DE MARCO, P. & COELHO, F. M. "Services Performed by the Ecosystem: Forest Remnants Influence Agricultural Cultures' Pollination and Production". *Biodiversity and Conservation*, 13(7): 1245-1255, 2004.
- DEL SARTO, M. C. L.; PERUQUETTI, R. C. & CAMPOS, L. A. O. "Evaluation of the Neotropical Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as Pollinator of Greenhouse Tomatoes". *Journal of Economic Entomology*, 98(2): 260-266, 2005.
- EMBRAPA. "Cultivo da Castanha-do-brasil em Rondônia". *Sistemas de Produção*, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Castanha/CultivodaCastanhadoBrasilRO/index.htm>>.
- ENCARNAÇÃO, R. O. & LIMA, D. R. *O Café e a Saúde Humana*. Brasília, Embrapa, 2003.
- ERICKSON, E.; BERGER, G.; SHANNON, J. & ROBINS, J. "Honey Bee Pollination Increases Soybean Yields in the Missouri Delta Region of Arkansas and Missouri". *Journal of Economic Entomology*, 71(4): 601-603, 1978.
- FAORO, I. D. *Biologia Reprodutiva da Pereira Japonesa (Pyrus pyrifolia var. Culta) sob o Efeito do Genótipo e do Ambiente*. Tese (Doutorado) – Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.
- FEARNSIDE, P. "The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia". *Ecology and Society*, 13(1): 23, 2008.
- FERREIRA, M. N. *Polinização Dirigida em Guaranazal Cultivado Utilizando-se Abelhas *Apis mellifera*, *Melipona seminigra abunensis* e *Scaptotrigona sp.* – Mato Grosso – Brasil*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.
- FREE, J. B. *Insect Pollination of Crops*. 2. ed. London, Academic Press, 1993.
- FREITAS, B. M. *The Pollination Efficiency of Foraging Bees on Apple (*Malus domestica* Borkh) and Cashew (*Anacardium occidentale* L.)*. Tese (Doutorado) – Abelhas e Polinização, University of Wales, Cardiff. 1995.
- FREITAS, B. M.; ALVES, J. E.; BRANDÃO, G. F. & ARAUJO, Z. B. Pollination Requirements of West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) and Its Putative Pollinators, *Centris* Bees, in NE Brazil". *Journal of Agricultural Science*, 133: 303-311, 1999.
- FREITAS, B. M. & CAVALCANTE, M. C. "Visitantes Florais e Polinização da Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em Cultivo Comercial na Floresta Amazônica". In: VIII Encontro Sobre Abelhas. *Anais*. 2008, CD-ROM.
- FREITAS, B. M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. "Economic Value of Brazilian Cash Crops and Estimates of their Pollination Constrains". In: Food and Agriculture Organization (FAO) (Ed.). *Economic Value of Pollination and Pollinators*. São Paulo, Food and Agriculture Organization & Universidade de São Paulo, 2004.
- FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MEDINA, L. M.; KLEINERT, A. M. P.; GALETTO, L.; NATES-PARRA, G. & QUEZADA-EUAN, J. J. G. "Diversity, Threats and Conservation of Native Bees in the Neotropics". *Apidologie*, 40(3): 332-346, 2009.
- FREITAS, B. M. & PAXTON, R. J. "A Comparison of Two Pollinators: the Introduced Honey Bee *Apis mellifera* and an Indigenous Bee *Centris tarsata* on Cashew

- Anacardium Occidentale in Its Native Range of NE Brazil”. *Journal of Applied Ecology*, 35(1): 109-121, 1998.
- FREITAS, B. M.; PAXTON, R. & HOLANDA-NETO, J. “Identifying Pollinators among an Array of Flower Visitors, and the Case of Inadequate Cashew Pollination in NE Brazil”. In: KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollinating Bees – the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, pp. 229-244.
- GALLAI, N.; SALLES, J.; SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B. “Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline”. *Ecological Economics*, 68(3): 810-821, 2009.
- HOGENDOORN, K.; GROSS, C. L.; SEDGLEY, M. & KELLER, M. A. “Increased Tomato Yield through Pollination by Native Australian *Amegilla chlorocyanea* (Hymenoptera: Anthophoridae)”. *Journal of Economic Entomology*, 99(3): 828-833, 2006.
- HOGENDOORN, K.; STEEN, Z. & SCHWARZ, M. P. “Native Australian Carpenter Bees as a Potential Alternative to Introducing Bumble Bees for Tomato Pollination in Greenhouses”. *Journal of Apicultural Research*, 39(1-2): 67-74, 2000.
- HOLANDA, A. *Biodiesel e Inclusão Social*. Brasília, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004.
- IBGE. “Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura”. Brasília, 2006.
- _____. “Lavoura Permanente”. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estatisticas/temas.php?sigla=pr&tema=lavourapermanente2009>>.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. & GONÇALVES, L. S. “A Iniciativa Brasileira de Polinizadores e os Avanços Atuais para a Compreensão dos Serviços Ambientais Prestados pelos Polinizadores”. *Biosciences Journal*, 23: 100-106, 2007.
- JANZEN, D. “Euglossine Bees as Long-distance Pollinators of Tropical Plants”. *Science*, 171(3967): 203-205, 1971.
- KEVAN, P. G.; STRAVER, W. A.; OFFER, M. & LAVERTY, T. M. “Pollination of Greenhouse Tomatoes by Bumble Bees in Ontario”. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, 122: 15-19, 1991.
- KLEIN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. “Fruit Set of Highland Coffee Increases with the Diversity of Pollinating Bees”. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1518): 955-961, 2003a.
- _____. Pollination of *Coffea canephora* in Relation to Local and Regional Agroforestry Management. *Journal of Applied Ecology*, 40(5): 837-845, 2003b.
- LOCATELLI, M.; MARTINS, E.; VIEIRA, A.; PEQUENO, P.; SILVA FILHO, E. & RAMALHO, A. *Plantio de Castanha-do-brasil: uma Opção para Reflorestamento em Rondônia*. Porto Velho, Embrapa, 2002.
- MALAGODI-BRAGA, K. S. *Estudo de Agentes Polinizadores em Cultura de Morango (Fragaria x ananassa Duchesne – Rosaceae)*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.
- MALERBO-SOUZA, D.; NOGUEIRA-COUTO, R.; COUTO, L. & SOUZA, J. “Atrativo para as Abelhas *Apis mellifera* e Polinização em Café (*Coffea arabica* L.)”. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 40(4): 272-278, 2003.
- MAUÉS, M. M. “Reproductive Phenology and Pollination of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia”. In: KE-

- VAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Ed.). *Pollination Bees: the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, pp. 245-254.
- MDA. “Selo Combustível Social”. *Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel*, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/selo>>. Acesso em: 19 fev. 2007.
- MILFONT, M. O.; FREITAS, B. M.; LIMA, A. O. N.; ROCHA, E. E. M.; ANDRADE, P. B.; CAVALCANTE, M. C.; OLIVEIRA, M. O. & CIPRIANO, R. M. “O Uso de *Apis mellifera* (L.) na Polinização da Soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) Pode Levar a Incrementos de Produtividade?”. In: XIX Encontro Sobre Abelhas. *Anais*. 2010, CD-ROM.
- MILFONT, M.; FREITAS, B. M.; RIZZARDO, R. & GUIMARÃES, M. “Produção de Mel por Abelhas Africanizadas em Plantio de Mamoneira”. *Ciência Rural*, 39(4): 1195-1200, 2009.
- MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M. & KEVAN, P. G. “Effect of Bumble Bee (Hymenoptera: Apidae) Pollination Intensity on the Quality of Greenhouse Tomatoes”. *Journal of Economic Entomology*, 94(1): 172-179, 2001.
- MORETI, A. C. C. C.; SILVA, E. C. A.; ALVES, M. L. T. M. F. & SILVA, R. M. B. “Observações sobre a Polinização Entomófila da Cultura da Soja (*Glycine max* Merrill)”. *Boletim da Indústria Animal*, 55: 91-94, 1998.
- NOGUEIRA-COUTO, R. H.; PEREIRA, J. M. S. & DE JONG, D. “Pollination of *Glycine wightii*, a Perennial Soybean, by Africanized Honey Bees”. *Journal of Apicultural Research*, 3: 289-291, 1998.
- ORTH, A. I.; SALOMÉ, J. A. & CHELLI, F. “Manejo das Abelhas em Pomares de Macieira”. In: III ENFRUTI, Fraiburgo. *Anais*. 2000, CD-ROM.
- PALMA, G.; QUEZADA-EUAN, J. J. G.; REYES-OREGEL, V.; MELENDEZ, V. & MOO-VALLE, H. Production of Greenhouse Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) Using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and Mechanical Vibration (Hym.: Apoidea)”. *Journal of Applied Entomology*, 132: 79-85, 2008.
- PARENTE, E. *Biodiesel: uma Aventura Tecnológica num País Engraçado*. Fortaleza, 2003.
- PETRI, J. L. “Formação de Flores, Polinização e Fertilização”. In: EPAGRI (Ed.). *Manual da Cultura da Macieira*. Florianópolis, Epagri, 2002, pp. 229-260.
- PIERRE, J.; VAISSIÈRE, B.; VALLÉE, P. & RENARD, M. “Efficiency of Airborne Pollen Released by Honeybee Foraging on Pollination in Oilseed Rape: a Wind Insect-assisted Pollination”. *Apidologie*, 41(1): 109-115, 2009.
- POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O. & KUNIN, W. E. “Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers”. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6): 345-353, 2010.
- PRANCE, G. T. & MORI, S. A. “Lecythidaceae”. *Flora Neotropica*, 21(1): 1-270, 1979.
- RICKETTS, T. H. “Tropical Forest Fragments Enhance Pollinator Activity in Nearby Coffee Crops”. *Conservation Biology*, 18(5): 1262-1271, 2004.
- RICKETTS, T. H.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R. & MICHENER, C. D. “Economic Value of Tropical Forest to Coffee Production”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(34): 12579-12582, 2004.
- RICKETTS, T. H. *et al.* “Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?”. *Ecology Letters*, 11(5): 499-515, 2008.
- RIZZARDO, R. A. G. *O Papel de Apis mellifera L. como Polinizador da Mamoneira (Ricinus communis L.): Avaliação da Eficiência de Polinização das Abelhas e Incre-*

- mento de Produtividade da Cultura*. Dissertação (mestrado) – Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2007.
- RIZZARDO, R. A. G.; FREITAS, B. M.; MILFONT, M. O. & SILVA, E. M. S. “A Polinização de Culturas Oleaginosas com Potencial para Produção de Biodiesel: um Estudo de Caso com a Mamona (*Ricinus communis* L.)”. In: VIII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2008, CD-ROM.
- ROSA, A. S.; FERREIRA, D. L.; FERNANDES, M. Z.; ANDRADE, P. B.; FREITAS, B. M.; WITTER, S. & BLOCHTEIN, B. “Polinização Cruzada Aumenta o Teor de Óleo em Canola (*Brassica napus* L. cv. Hyola 432) no Rio Grande do Sul, Brasil”. In: XIX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010, CD-ROM.
- ROUBIK, D. W. “The Value of Bees to the Coffee Harvest”. *Nature*, 417: 708, 2002.
- ROUSSEFF, D. “Biodiesel, o Novo Combustível do Brasil”. *Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel*. 2004. Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/ Apres_MinistraME_06-12-04.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/Apres_MinistraME_06-12-04.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2007.
- SEIN, F. “Ayudan las Abejas al Cafetalero?”. *Hacienda, Mexico*, 55: 36-50, 1959.
- SEZERINO, A. A. *Ecologia da Polinização do Mirtilo (Vaccinium ashei Reade cvs. Climax e Powderblue) no Município de Bom Retiro, SC*. 2010. Dissertação (mestrado) – Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010.
- SHEPHERD, M.; BUCHMANN, S.; VAUGHAN, M. & BLACK, S. *Pollinator Conservation Handbook*. Oregon, The Xerces Society, 2003.
- SILVA, E. M. S.; FREITAS, B. M.; DA SILVA, L. A.; CRUZ, D. O. & BOMFIM, I. G. A. “Biologia Floral do Pimentão (*Capsicum annuum*) e a Utilização da Abelha Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como Polinizador em Cultivo Protegido”. *Revista Ciência Agronômica*, 36(3): 386-390, 2005.
- SILVA, F. A. *Aplicação de Microondas no Processo de Beneficiamento de Castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa)*. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.
- SOUZA, R. M. *Polinização do Meloeiro (Cucumis melo L.) por Abelhas Melíferas (Apis mellifera L.): Requerimentos da Cultura e Manejo das Colônias*. Tese (Doutorado) – Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2003.
- TÁVORA, F. J. A. F. *A Cultura da Mamona*. Fortaleza, EPACE, 1892.
- VAISSIÈRE, B. E.; FREITAS, B. M. & GEMMILL-HERREN, B. *Protocol to Detect and Assess Pollination Deficits in Crops*. Rome, Food and Agriculture Organization, 2009.
- WWF. “Amazon Deforestation”. n. 21 out. 2008. Disponível em: <http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/latin_america_and_caribbean/region/amazon/problems/amazon_deforestation/index.cfm>.



5. Polinizadores Vertebrados: Uma Visão Geral para as Espécies Brasileiras

Silvana Buzato, Tereza Cristina Giannini, Isabel Cristina Machado,
Marlies Sazima, Ivan Sazima

“It will be tragic if the remaining natural areas of the world are filled with ageing plants silent as graveyards with no butterfly or sunbird pollinators working their flowers or large colourful birds eating their fruits” (Bond, 1994).

INTRODUÇÃO

Estimativas indicam que a dispersão de pólen feita por animais contribui para a reprodução sexuada de aproximadamente 90% das 250 mil espécies conhecidas de angiospermas (Bawa, 1990; Kearns *et al.*, 1998). Adicionalmente, resultados recentes indicam que a agricultura, principalmente dos países em desenvolvimento, tem se tornado mais dependente dos serviços de polinizadores. Há previsão de que a redução de produtividade, associada ao decréscimo na atividade de polinizadores, tenderia a ser compensada por um aumento de áreas para a produção agrícola (Aizen *et al.*, 2009). Tais fatos, associados ao valor monetário do serviço ecológico prestado pelos polinizadores, têm motivado crescente interesse no assunto devido à necessidade de conhecer seu estado atual e desenvolver estratégias para manejo e conservação dos serviços de polinização¹ (Withgott, 1999; López-Hoffman *et al.*, 2009). No entanto, dada a grande importância das abelhas como polinizadores (Buchmann e Nabhan, 1997; Potts *et al.*, 2010), ainda é muito reduzida a atenção dada aos polinizadores vertebrados (Nabhan, 2004).

Polinizadores vertebrados são responsáveis pela polinização de 3% a 15% das espécies conhecidas de angiospermas (Bawa, 1990; Kress e Beach, 1994; Devy e Davidar, 2003). Levantamentos preliminares das espécies vegetais economicamente importantes em regiões tropicais registram que aproximadamente 7% delas dependem da atividade de vertebrados como polinizadores (Roubik, 1995; Nabhan e Buchmann, 1997). Apesar de ser considerado pouco provável que rupturas nos serviços de polinização possam levar espécies vegetais à extinção devido à ocorrência de efeitos demográficos compensatórios (Bond, 1994), várias espécies apre-

1. Mais informações podem ser encontradas também nos sites: <<http://www.fws.gov/pollinators/>> e <<http://www.polinizadoresbrasil.org.br/>>

sentam diminuição na produção de frutos e sementes (Gribel *et al.*, 1999; Canela e Sazima, 2003) e na qualidade dos frutos (Ricketts *et al.*, 2008) na ausência de polinizadores. Esse fato poderia ser agravado em sistemas de polinização nos quais há aumento de especialização associada às características florais que limitam o acesso de polinizadores (Bond, 1994).

Radiação adaptativa relevante de animais vertebrados ocorreu em regiões tropicais e subtropicais, associada à utilização de recursos florais (Fleming e Muchhala, 2008; Fleming *et al.*, 2009). Vários casos de extrema especialização na interação entre flores e vertebrados nectarívoros têm sido registrados (Temeles e Kress, 2003; Muchhala, 2006), sendo requerida atenção às condições necessárias para manutenção de tais interações. Por exemplo, em regiões da América do Norte e da América Central, polinizadores vertebrados realizam migrações, segundo variações nas condições ambientais e recursos, e o deslocamento e a sobrevivência desses animais muito provavelmente seriam ameaçados por mudanças ambientais (Nabhan, 2004). Estudos indicam que a remoção de cobertura vegetal altera padrões de deslocamento de beija-flores (Hadley e Betts, 2009) e que a fragmentação de hábitat tem consequências graves, especialmente para alguns dos polinizadores vertebrados (Girão *et al.*, 2007).

Por se deslocarem no ambiente, esses animais são elos de ligação móvel e conectam hábitats, atuando como mensageiros de material genético entre plantas (Sekercioglu, 2006). São também importantes na manutenção da diversidade biológica, uma vez que facilitam processos biológicos mesmo em ambientes degradados (Ottewell *et al.*, 2009; Van Geert *et al.*, 2010). Foi considerando esses aspectos que, neste trabalho, abordamos os seguintes pontos: 1. listar as espécies de polinizadores vertebrados efetivos ou potenciais no Brasil; 2. definir sua ocorrência nos principais biomas brasileiros; 3. identificar grupos de plantas com as quais interagem; 4. identificar lacunas de conhecimento para desenvolvimento de estratégias de conservação dos polinizadores; e 5. sugerir recomendações para que sua ocorrência possa ser mantida nos ambientes em que se distribuem.

METODOLOGIA

O levantamento dos visitantes florais vertebrados foi feito a partir da consulta de publicações científicas que constam das bases de dados *online* nacionais e internacionais, usando as palavras “flower AND bat AND pollination”, “flower AND hummingbird AND pollination”, “flower AND vertebrate AND pollination”, “flower AND mammal AND pollination”, e “flower AND reptile AND pollination”. Adicionalmente, dissertações e teses foram consultadas. A partir do registro de uma dada espécie como visitante floral, outras espécies do mesmo grupo taxonômico com semelhanças morfológicas e comportamentais foram adicionadas ao

levantamento por terem possibilidade de agir como visitantes florais e polinizadores. Portanto, o presente estudo considera tanto os polinizadores efetivos como os potenciais. Informações sobre a distribuição das espécies foram obtidas com base nos dados das coleções disponíveis no *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, em anexo), coleção de aves do Museu de Zoologia da USP (MZUSP), Grantsau (1988), Marinho-Filho e Sazima (1998), Reis *et al.* (2006, 2007) e Sigrist (2009). Os limites de distribuição dos principais biomas brasileiros seguem a classificação do IBGE (1993).

Para determinação dos limites de temperatura e altitude dos locais de ocorrência das espécies de polinizadores, as informações oriundas do GBIF foram sobrepostas às bases de dados ambientais obtidas no *Worldclim* (Hijmans *et al.*, 2005) por meio de um *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (ArcGIS 9.3, Esri Inc.). Para beija-flores, os dados das coleções disponíveis no GBIF foram complementados com informações oriundas da coleção de aves do Museu de Zoologia da USP.

Para o levantamento das espécies vegetais com registro de interação com visitantes florais vertebrados, somente foram consideradas aquelas cujos visitantes foram identificados até o nível de espécie. Essa decisão exclui espécies consideradas polinizadas por tais vetores com base somente em atributos florais. Apesar de restringir a lista das espécies de plantas, foi possível obter informações mais precisas sobre o estado do conhecimento atual da interação polinizador-planta.

RESULTADOS

Registramos 338 espécies de polinizadores efetivos ou potenciais de vertebrados no Brasil, distribuídos em 25 famílias e 135 gêneros (Tabela 5.1), sendo 111 espécies de aves passeriformes, 39 espécies de aves não passeriformes, 84 espécies de beija-flores, 48 espécies de morcegos filostomídeos, 54 espécies de mamíferos não voadores e 2 espécies de répteis. Alguns exemplos dessa variedade de polinizadores incluem beija-flores Phaethornithinae e Trochilinae, pássaros Thraupidae e Fringillidae, morcegos Glossophaginae e lagartos Scincidae (Fig. 5.1). Duas famílias, Trochilidae (beija-flores) e Phyllostomidae (morcegos), perfazem 39% das espécies destes polinizadores (Fig. 5.2). Biomas florestais concentram o maior número de espécies de polinizadores vertebrados (cerca de 65%). Adicionalmente, 99 espécies são endêmicas da Floresta Amazônica e 49 espécies endêmicas da Floresta Atlântica (Tabela 5.1). Há variação na frequência relativa do número de espécies de polinizadores vertebrados de cada grupo entre os diversos biomas. Por exemplo, há maior número de espécies de morcegos filostomídeos do que beija-flores na caatinga. Adicionalmente, o número de espécies de mamíferos não voadores é proporcionalmente maior na Floresta Amazônica (Fig. 5.3).

Os valores médios de altitude e temperatura dos diversos grupos de visitantes florais são semelhantes entre biomas (Tabela 5.2), porém algumas espécies se distribuem em áreas de baixada e dentro de limites restritos de variação altitudinal (e.g. *Glaucis dohrnii*), ao passo que outras são encontradas onde essa variação é mais ampla (e.g. *Clytolaema rubricauda*, Tabela 5.1). Para a maioria das espécies, há insuficiência ou indisponibilidade de registros oriundos de coleções zoológicas. A adição de informações provenientes de uma única coleção brasileira, do Museu de Zoologia da USP, triplicaria o banco de dados disponível no GBIF. Essas informações representam 62% do banco de dados do presente estudo (Fig. 5.4).

Encontramos 350 espécies de angiospermas distribuídas em 156 gêneros e 47 famílias com registros de interações com visitantes florais vertebrados (Tabela 5.3). A maioria das espécies foi registrada na Floresta Atlântica (Fig. 5.5), ambiente que concentra 65% dos estudos. Exceto para a Floresta Amazônica, nos demais biomas predominam os registros de interação entre espécies de plantas e beija-flores (Fig. 5.6).

DISCUSSÃO

O levantamento preliminar de espécies de vertebrados demonstra a grande riqueza de espécies brasileiras em diversos grupos taxonômicos que atuam ou poderiam atuar como polinizadores. Apesar de, proporcionalmente, o número de espécies de aves passeriformes ser maior para todos os biomas, a riqueza de espécies de beija-flores e morcegos, associada à sua especialização no uso de recurso floral, reforça a importância dos dois grupos como os principais vetores de pólen nos diversos biomas. Estudos de polinização feitos em comunidades no cerrado e na caatinga reforçam sua importância como vetores de pólen nesses dois biomas (Oliveira e Gibbs, 2002; Machado e Lopes, 2004). Vale a pena, também, ressaltar a importância dos morcegos para a polinização de espécies na caatinga, visto que os percentuais de espécies polinizadas por esse grupo (cerca de 13%) são muito superiores aos registrados para outros biomas de dentro ou de fora do Brasil (Machado e Lopes, 2004). Exceto para a Floresta Amazônica, em todos os demais biomas brasileiros registramos maior número de observações de interação entre flores e vertebrados envolvendo beija-flores. No entanto, estudo recente indica a relevância de aves passeriformes e não passeriformes para polinização de várias espécies vegetais na região neotropical (Rocca e Sazima, 2010).

A Floresta Atlântica concentra o maior número de registros de interação entre vertebrados e flores, devido principalmente aos esforços concentrados dos pesquisadores que atuam no Sudeste do Brasil. Esse fato tem consequências para a distribuição do número de espécies vegetais registradas para as diversas famílias de angiospermas. O levantamento das espécies de plantas com registros de inte-

ração indica que o maior número de espécies está concentrado em Bromeliaceae, família conhecida como uma das fontes principais de recursos florais para beija-flores (e.g. Buzato *et al.*, 2000). Diante desse cenário, nota-se que deveriam ser realizados estudos exploratórios em outros biomas, aumentando as amostragens existentes em regiões como o Pantanal e a Floresta Amazônica (Fischer, 2000; Sazima *et al.*, 2001; Araújo e Sazima, 2003).

Adicionalmente, seria necessário dar atenção aos vertebrados com grande possibilidade de atuarem como polinizadores, porém sem registro efetivo. O aumento de observações sobre polinizadores vertebrados certamente irá alterar a distribuição da importância relativa de cada grupo nos diversos biomas. Por exemplo, esperamos que mamíferos não voadores na Floresta Amazônica e aves passeriformes e não passeriformes no Pantanal tenham maior importância na polinização das flores que o registrado até o presente (Gribel, 1988; Sazima *et al.*, 2001). Convém, também, considerar que diversas espécies vegetais são polinizadas por mais de uma categoria de vertebrados, como por exemplo morcegos e mamíferos não voadores noturnos (Vieira e Carvalho-Okano, 1996), morcegos à noite e beija-flores durante o dia (Sazima *et al.*, 1994), e aves passeriformes, aves não passeriformes e lagartos (Sazima *et al.*, 2009). Tais espécies vegetais geralmente apresentam variações morfofisiológicas (Buzato *et al.*, 1994), representando sistemas biológicos adequados para explorar questões evolutivas e o significado funcional de tais variações (Muchhala, 2008).

Há urgência na recuperação e na disponibilização das informações contidas nas coleções zoológicas brasileiras, sem as quais nem mesmo o local de ocorrência das espécies pode ser conhecido com precisão. Ainda seria importante que coletas futuras de beija-flores e morcegos filostomídeos pudessem conter, além dos dados tradicionalmente coletados para o indivíduo, informações sobre envergadura da asa. Essa informação é útil para estimativas de consumo energético e capacidade de deslocamento (Feinsinger e Chaplin, 1975; Tschapka, 2004). Informação sobre a ocorrência da espécie é essencial para a projeção de cenários e já tem sido usada também para interpretações de ocorrência da interação de espécies de polinizadores com determinados grupos de plantas (Giannini *et al.*, 2010).

Também detectamos que as espécies têm limites de distribuição altitudinal e de temperatura distintos. Esses dados poderiam ser usados para selecionar espécies com chances de realizar deslocamentos na paisagem devido às alterações naturais ou antrópicas nas condições e recursos ambientais (Buermann *et al.*, 2011). Esse tipo de estudo é inexistente no Brasil, apesar da relevância desse conhecimento para escolher com prioridade as manchas de hábitat na paisagem, tendo como objetivo a manutenção das espécies (Nabhan, 2004).

Certamente, esta primeira avaliação é incompleta, mas indica alguns caminhos a se percorrer para o avanço do conhecimento dos polinizadores vertebrados e sua interação com as plantas. Trabalhos futuros deveriam reduzir os desvios na

amostragem entre grupos de polinizadores e biomas. Informações provenientes de coleções nacionais necessitam ser urgentemente recuperadas e incorporadas às bases de dados *online* como *speciesLink* do Cria e GBIF.

Considerando o deslocamento dos polinizadores, recomendamos iniciar estudos de monitoramento das populações a longo prazo, para rastrear as áreas usadas pelos indivíduos e delimitar habitats essenciais para a manutenção das populações. Dada a tendência desses vetores de pólen de percorrerem longas distâncias e polinizarem plantas que ocorrem em baixa densidade, eles desempenham importante função na manutenção da continuidade genética de populações mesmo em ambientes fragmentados (Ottewell *et al.*, 2009). Tais atributos têm grande valor para a conservação biológica e poderão ser essenciais para assegurar os serviços de polinização para espécies vegetais de importância econômica (Gribel *et al.*, 1999).

Tabela 5.1. Lista de espécies de polinizadores vertebrados efetivos e potenciais (em cada grupo as famílias, gêneros e espécies estão em ordem alfabética); ocorrência nos biomas brasileiros e registro dos limites mínimo e máximo de temperatura e altitude nas áreas de ocorrência. Origem da informação: A= GBIF, B= MZUSP, C=Marinho-Filho e Sazima, 1998, D= Grantsau, 1988, E=Sigrist, 2009, F=Reis *et al.*, 2006. Biomas: FAM= Floresta Amazônica, FAT= Floresta Atlântica, CE= Cerrado, CA= Caatinga, PA= Pantanal. Polinizadores efetivos e potenciais: AP= Aves passeriformes, ANP= Aves não passeriformes, BF= Beija-flores. Com exceção de Phyllostomidae (morcegos), os demais mamíferos são não voadores. Asteriscos após o nome indicam espécies registradas visitando flores.

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
AVES								
Cardinalidae (AP)								
<i>Habia rubica</i>	AE	+	+	+	+	+	7-35	7-933
<i>Piranga flava</i> *	E	+	+	+	+	+	...	...
Coerebidae (AP)								
<i>Coereba flaveola</i> *	AE	+	+	+	+	+	6-35	3-1160
Columbidae (ANP)								
<i>Patagioenas cayennensis</i> *	AE	+	+	+	+	+	...	...
<i>Patagioenas maculosa</i>	AE	-	-	-	-	+	...	...
<i>Patagioenas picazuro</i> *	E	-	+	+	+	+	...	...
<i>Patagioenas plumbea</i>	E	+	+	+	-	-	...	...
<i>Patagioenas speciosa</i>	AE	+	+	+	+	+	...	...
<i>Zenaida auriculata</i> *	E	-	-	+	+	+	...	...
Corvidae (AP)								
<i>Cyanocorax chrysops</i>	E	+	+	+	-	+	...	...
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	AE	-	+	+	-	+	9-34	25-1160
<i>Cyanocorax cyanomelas</i>	AE	+	-	+	-	+	11-34	104-667
Cracidae (ANP)								
<i>Ortalis canicollis</i> *	E	-	-	+	-	+	...	...

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
Emberizidae (AP)								
<i>Coryphospingus cucullatus</i> *	AE	+	+	+	-	+	8-34	3-1203
<i>Coryphospingus pileatus</i>	AE	+	+	+	+	+	8-34	52-1203
<i>Paroaria baeri</i> *	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Paroaria capitata</i> *	AE	-	+	+	-	+	8-34	104-406
<i>Paroaria coronata</i>	AE	-	-	+	-	+	7-34	4-835
<i>Paroaria dominicana</i>	AE	-	+	-	+	+	12-34	10-894
<i>Paroaria gularis</i>	AE	+	-	-	-	+	14-35	4-326
Fringillidae (AP)								
<i>Chlorophonia cyanea</i>	E	+	+	+	-	+	...	...
<i>Euphonia chalybea</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Euphonia chlorotica</i>	AE	+	+	+	-	+	7-34	3-894
<i>Euphonia cyanocephala</i> *	E	-	+	-	-	+	...	...
<i>Euphonia pectoralis</i> *	AE	+	+	-	-	+	5-35	7-1271
<i>Euphonia violacea</i> *	AE	+	+	-	-	+	6-35	3-931
Furnariidae (AP)								
<i>Pseudoisura unirufa</i> *	E	-	-	+	-	+	...	...
Icteridae (AP)								
<i>Agelaioides badius</i>	E	-	-	+	-	+	...	...
<i>Agelasticus cyanopus</i> *	E	-	-	-	-	+	...	...
<i>Agelasticus thilius</i>	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Cacicus cela</i> *	AE	+	+	+	+	+	13-35	9-1025
<i>Cacicus chrysopterus</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Cacicus haemorrhous</i> *	E	+	+	-	-	-	...	...
<i>Curaeus forbesi</i>	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Gnorimopsar chopi</i> *	E	-	+	+	-	+	...	...
<i>Icterus cayanensis</i> *	E	+	+	+	+	+	...	...
<i>Icterus chryscephalus</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Icterus croconotus</i> *	E	+	-	+	-	+	...	...
<i>Icterus jamaicii</i> *	E	-	+	+	+	+	...	...
<i>Icterus nigrogularis</i> *	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Molothrus bonariensis</i>	AE	+	+	+	+	+	1-34	3-2004
<i>Molothrus oryzivorus</i>	E	+	+	+	-	+	...	...
<i>Procacicus solitarius</i>	E	+	+	+	-	+	...	...
<i>Psarocolius bifasciatus</i> *	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Psarocolius decumanus</i> *	AE	+	+	+	+	+	8-35	10-1104
<i>Psarocolius viridis</i>	AE	+	-	-	-	-	16-33	6-169
Mimidae (AP)								
<i>Mimus saturninus</i> *	E	-	+	+	+	+	...	...
Picidae (ANP)								
<i>Celeus flavescens</i> *	AE	-	+	+	+	+	...	...
<i>Celeus flavus</i>	E	+	-	-	+	-	...	...
<i>Celeus grammicus</i> *	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Celeus lugubris</i>	E	-	-	+	-	+	...	...

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
<i>Celeus torquatus</i>	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Celeus undatus</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Colaptes melanochloros</i> *	E	-	+	+	+	+	...	...
<i>Melanerpes cactorum</i> *	E	-	-	+	-	+	...	...
<i>Melanerpes candidus</i> *	AE	+	+	+	-	+	...	...
<i>Melanerpes cruentatus</i>	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Melanerpes flavifrons</i>	AE	-	+	-	-	-	...	...
Psittacidae (ANP)								
<i>Aratinga acuticaudata</i> *	E	-	-	+	+	+	...	...
<i>Aratinga aurea</i> *	AE	+	+	+	+	+	...	...
<i>Aratinga auricapillus</i>	AE	-	+	+	-	-	...	...
<i>Aratinga cactorum</i>	E	-	-	+	+	-	...	...
<i>Aratinga jandaya</i>	AE	-	+	+	+	-	...	...
<i>Aratinga leucophthalma</i> *	E	+	+	+	+	+	...	...
<i>Aratinga nenday</i> *	E	-	-	-	-	+	...	...
<i>Aratinga solstitialis</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Aratinga weddellii</i> *	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Brotogeris chiriri</i> *	AE	-	+	+	+	+	...	...
<i>Brotogeris chrysoptera</i> *	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Brotogeris cyanoptera</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Brotogeris tirica</i> *	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Brotogeris versicolurus</i>	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Diopsittaca nobilis</i> *	E	-	+	+	+	+	...	...
<i>Pionites leucogaster</i> *	AE	+	+	-	+	-	15-33	1-651
<i>Pionus maximiliani</i>	E	-	+	+	-	+	...	...
<i>Pionus menstruus</i> *	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Pyrilia vulturina</i>	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Pyrrhura frontalis</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
Thraupidae (AP)								
<i>Chlorophanes spiza</i> *	AE	+	+	-	-	+	13-33	6-457
<i>Conirostrum bicolor</i> *	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Conirostrum speciosum</i> *	E	+	+	+	-	+	...	...
<i>Cyanerpes caeruleus</i> *	AE	+	-	-	-	+	15-35	11-259
<i>Cyanerpes cyaneus</i> *	AE	+	+	+	-	+	13-35	6-667
<i>Dacnis cayana</i> *	AE	+	+	+	+	+	6-35	6-1160
<i>Dacnis flaviventer</i>	AE	+	-	-	-	-	15-35	16-271
<i>Dacnis nigripes</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Hemithraupis guira</i> *	AE	+	+	+	+	+	8-35	11-1160
<i>Hemithraupis ruficapilla</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Nemosia pileata</i> *	E	+	+	+	+	+	...	...
<i>Orthogonys chloricterus</i> *	AE	-	+	-	-	-	6-30	8-1027
<i>Ramphocelus bresilius</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Ramphocelus carbo</i> *	AE	+	+	+	-	+	10-35	6-889
<i>Ramphocelus nigrogularis</i>	AE	+	-	-	-	-	18-32	33-238

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
<i>Saltator aurantiirostris</i> *	E	-	-	-	-	+	...	...
<i>Saltator coerulescens</i> *	E	+	-	-	-	+	...	...
<i>Saltator fuliginosus</i>	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Saltator maxillosus</i>	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Saltator maximus</i>	AE	+	+	+	+	+	10-35	11-865
<i>Saltator similis</i>	AE	-	+	+	+	+	1-31	6-2004
<i>Saltatrix atricollis</i>	E	-	+	+	-	+	...	...
<i>Schistochlamys melanopis</i> *	E	-	+	+	-	+	...	...
<i>Schistochlamys ruficapillus</i> *	AE	+	+	+	+	+	8-33	14-1104
<i>Stephanophorus diadematus</i>	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Tachyphonus coronatus</i> *	AE	-	+	+	-	+	4-34	3-1555
<i>Tachyphonus cristatus</i>	AE	+	+	-	-	-	10-35	8-766
<i>Tachyphonus rufiventer</i> *	AE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Tachyphonus rufus</i> *	AE	+	+	+	+	+	7-34	3-1275
<i>Tangara cayana</i>	AE	+	+	+	+	+	4-35	12-1555
<i>Tangara chilensis</i> *	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Tangara cyanocephala</i> *	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Tangara desmaresti</i> *	AE	-	+	-	-	-	1-31	11-2004
<i>Tangara fastuosa</i>	AE	-	+	-	+	-	9-30	10-1861
<i>Tangara gyrola</i>	AE	+	-	-	-	-	21-32	11-32
<i>Tangara mexicana</i>	E	+	-	+	-	+	...	...
<i>Tangara peruviana</i> *	AE	-	+	-	-	-	10-31	7-753
<i>Tangara preciosa</i> *	AE	-	+	-	-	-	6-32	4-942
<i>Tangara seledon</i> *	AE	-	+	-	-	-	...	...
<i>Thraupis bonariensis</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Thraupis cyanoptera</i>	AE	-	+	-	-	-	5-31	6-1387
<i>Thraupis episcopus</i>	AE	+	-	-	-	-	14-35	4-326
<i>Thraupis ornata</i> *	AE	-	+	-	-	+	6-31	8-1104
<i>Thraupis palmarum</i>	AE	+	+	+	+	+	8-35	7-947
<i>Thraupis sayaca</i> *	AE	-	+	+	+	+	4-34	6-1555
Trochilidae (BF)								
<i>Amazilia brevirostris</i> *	AE	-	+	-	-	-	...	...
<i>Amazilia chionogaster</i>	DE	-	+	+	-	-	...	...
<i>Amazilia fimbriata</i> *	ADE	+	+	+	+	+	6-35	6-1086
<i>Amazilia lactea</i> *	DE	-	+	+	-	+	6-31	244-1424
<i>Amazilia leucogaster</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Amazilia rondoniae</i>	DE	+	-	+	-	-	...	...
<i>Amazilia versicolor</i> *	ADE	+	+	+	-	+	1-35	3-2004
<i>Amazilia viridigaster</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Anopetia gounellei</i> *	E	-	+	-	+	-	13-35	279-756
<i>Anthracothorax nigricollis</i> *	ADE	+	+	+	+	+	7-35	1-1086
<i>Anthracothorax viridigula</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Aphantochroa cirrochloris</i> *	ADE	-	+	+	-	-	8-32	9-808
<i>Augastes lumachella</i> *	DE	-	+	+	-	-	13-30	491-962

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
<i>Augastes scutatus</i> *	DE	-	+	+	-	-	7-27	1260-1424
<i>Avocettula recurvirostris</i> *	DE	+	-	+	-	-	20-32	40-121
<i>Calliphlox amethystina</i> *	DE	+	+	+	+	+	5-34	22-1083
<i>Campylopterus duidae</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Campylopterus largipennis</i> *	DE	+	+	-	-	-	12-35	11-362
<i>Chlorostilbon lucidus</i> *	E	-	+	+	+	+	4-34	30-1555
<i>Chlorostilbon mellisugus</i>	DE	+	-	+	-	-	14-35	25-510
<i>Chlorostilbon notatus</i> *	AE	+	+	-	-	-	17-34	6-236
<i>Chrysolampis mosquitus</i> *	AE	+	+	+	+	+	8-35	1-1032
<i>Chrysuronia oenone</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Clytolaema rubricauda</i> *	AE	-	+	-	-	-	4-41	11-1555
<i>Colibri coruscans</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Colibri delphinae</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Colibri serrirostris</i> *	E	-	+	+	-	+	5-33	90-1297
<i>Discosura langsdorffi</i>	E	+	+	-	-	-	...	...
<i>Discosura longicaudus</i>	E	+	+	-	-	-	...	...
<i>Doryfera johannae</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Eupetomena macroura</i> *	AE	+	+	+	+	+	6-35	7-1424
<i>Florisuga fusca</i> *	E	-	+	-	-	-	7-31	4-828
<i>Florisuga mellivora</i> *	E	+	-	-	-	-	14-35	11-343
<i>Glaucis dohrnii</i>	DE	-	+	-	-	-	16-31	6-270
<i>Glaucis hirsutus</i> *	ADE	+	+	+	+	+	11-34	6-739
<i>Heliactin bilophus</i>	E	-	-	+	+	+	13-34	236-791
<i>Heliodoxa aurescens</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Heliodoxa schreibersii</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Heliodoxa xanthogonys</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Heliomaster furcifer</i>	E	-	-	+	-	+	14-34	142-485
<i>Heliomaster longirostris</i>	E	+	+	+	+	+	14-35	27-510
<i>Heliomaster squamosus</i> *	E	-	+	+	+	+	8-34	1-1032
<i>Heliothryx auritus</i> *	AE	+	+	-	-	+	1-35	11-2004
<i>Hylocharis cyanus</i> *	E	+	+	-	-	+	8-35	6-842
<i>Hylocharis chrysura</i> *	AE	-	+	+	-	+	7-34	4-833
<i>Hylocharis sapphirina</i> *	AE	+	+	-	-	-	14-33	6-458
<i>Leucippus chlorocercus</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Leucochloris albicollis</i> *	AE	+	+	-	-	+	7-34	5-842
<i>Lophornis chalybeus</i> *	E	+	+	-	-	-	21-33	10-127
<i>Lophornis gouldii</i>	E	+	-	+	-	-	13-35	9-791
<i>Lophornis magnificus</i> *	E	-	+	+	-	+	6-33	25-1031
<i>Lophornis ornatus</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Lophornis pavoninus</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Phaethornis aethopyga</i>	E	+	-	-	-	-	16-35	4-268
<i>Phaethornis augusti</i>	ADE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Phaethornis bourcierii</i>	DE	+	-	-	-	-	21-33	10-127

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
<i>Phaethornis eurynome</i> *	ADE	+	+	-	-	-	1-41	11-2004
<i>Phaethornis griseogularis</i> *	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Phaethornis hispidus</i>	DE	+	-	+	-	+	12-33	27-457
<i>Phaethornis idaliae</i> *	DE	-	+	-	-	-	11-31	29-459
<i>Phaethornis malaris</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Phaethornis maranhaoensis</i>	D	+	-	-	-	-	16-35	173-277
<i>Phaethornis margaretae</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Phaethornis nattereri</i>	DE	+	+	+	-	+	12-34	44-667
<i>Phaethornis philippii</i>	ADE	+	-	-	-	-	16-34	11-309
<i>Phaethornis pretrei</i> *	ADE	-	+	+	+	+	7-35	1-1260
<i>Phaethornis ruber</i> *	ADE	+	+	+	+	-	10-35	8-1083
<i>Phaethornis rupurumii</i>	DE	+	+	-	-	-	9-34	16-715
<i>Phaethornis squalidus</i> *	ADE	-	+	-	-	-	6-32	10-929
<i>Phaethornis subochraceus</i>	DE	-	+	-	-	+	...	...
<i>Phaethornis superciliosus</i> *	ADE	+	-	-	-	-	12-35	11-363
<i>Polytmus guainumbi</i> *	E	+	+	+	+	+	9-35	1-739
<i>Polytmus milleri</i>	E	+	-	-	-	-	...	...
<i>Polytmus theresiae</i>	E	+	-	-	-	-	21-33	11-77
<i>Ramphodon naevius</i> *	ADE	-	+	-	-	-	7-31	7-946
<i>Stephanoxis lalandi</i> *	E	-	+	-	-	-	6-31	244-1424
<i>Thalurania furcata</i> *	ADE	+	+	+	+	+	6-35	10-1083
<i>Thalurania glaucopsis</i> *	AE	-	+	-	-	-	5-41	3-1309
<i>Thalurania watertonii</i> *	DE	-	+	-	-	-	16-31	90-467
<i>Threnetes leucurus</i>	DE	+	-	-	-	-	13-34	11-286
<i>Threnetes niger</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
<i>Topaza pella</i> *	DE	+	-	-	-	-	19-33	11-127
<i>Topaza pyra</i>	DE	+	-	-	-	-	...	...
Troglodytidae (AP)								
<i>Campylorhynchus turdinus</i> *	E	+	+	+	-	+	...	...
Turdidae (AP)								
<i>Turdus albicollis</i> *	AE	+	+	-	-	+	4-35	7-1555
<i>Turdus amaurochalinus</i>	AE	+	+	+	+	+	4-34	6-1555
<i>Turdus fumigatus</i> *	AE	+	+	-	-	-	8-34	11-650
<i>Turdus leucomelas</i> *	AE	+	+	+	+	+	1-34	7-2004
<i>Turdus rufiventris</i> *	E	-	+	+	+	+	...	...
<i>Turdus subalaris</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
Tyrannidae (AP)								
<i>Elaenia cristata</i>	E	+	+	+	+	+	...	...
<i>Elaenia chiriquensis</i> *	E	+	+	+	-	+	...	...
<i>Elaenia flavogaster</i> *	AE	+	+	+	+	+	4-34	6-1555
<i>Elaenia mesoleuca</i> *	E	+	+	-	-	+	...	...
<i>Elaenia obscura</i>	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Elaenia parvirostris</i> *	AE	+	+	+	+	+	4-33	5-1555
<i>Elaenia pelzelni</i>	AE	+	-	-	-	-	20-33	5-40

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
<i>Elaenia ridleyana</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
<i>Elaenia spectabilis</i>	AE	+	+	+	+	+	8-33	47-1112
<i>Machetornis rixosa</i> *	E	-	-	+	+	+	...	...
<i>Myiarchus ferox</i>	AE	+	+	+	-	+		
<i>Myiarchus swainsoni</i>	E	+	+	+	+	+	...	...
<i>Myiarchus tyrannulus</i> *	AE	+	+	+	+	+	10-35	8-1160
<i>Pitangus sulphuratus</i> *	E	+	+	+	+	+	...	...
Tyritidae (AP)								
<i>Oxyruncus cristatus</i> *	E	+	+	-	-	+	18-22	80-300
<i>Tityra cayana</i>	AE	+	+	+	+	+	5-34	6-1104
<i>Tityra inquisitor</i>	AE	+	+	+	+	+	7-34	19-805
<i>Tityra semifasciata</i>	AE	+	-	+	-	-	13-35	6-889
Vireonidae (AP)								
<i>Vireo gracilirostris</i> *	E	-	+	-	-	-	...	...
MAMÍFEROS								
Phyllostomidae								
<i>Ametrida centurio</i>	AC	+	-	-	-	-	15-34	25-343
<i>Anoura caudifer</i> *	AC	+	+	+	+	+	7-33	13-476
<i>Anoura geoffroyi</i> *	AC	+	+	+	+	+	8-32	7-968
<i>Artibeus lituratus</i> *	AC	+	+	+	+	+	8-34	7-1149
<i>Artibeus obscurus</i>	AC	+	+	-	+	+	8-34	6-808
<i>Artibeus planirostris</i> *	AC	+	+	+	-	-	12-32	5-704
<i>Carollia brevicauda</i>	AC	+	+	-	+	+	9-33	11-1025
<i>Carollia castanea</i>	AC	+	-	-	-	-	12-33	15-809
<i>Carollia perspicillata</i> *	AC	+	+	+	+	+	4-35	5-1271
<i>Carollia subrufa</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Chiroderma doriae</i> *	A	-	+	-	-	+	8-28	112-778
<i>Chiroderma villosum</i>	AC	+	+	+	-	+	16-32	68-356
<i>Choeroniscus minor</i>	AC	+	+	+	-	-	19-33	11-119
<i>Enchisthenes hartii</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Glossophaga comissarisi</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Glossophaga soricina</i> *	AC	+	+	+	+	+	10-35	26-1139
<i>Lamproncyteris brachyotis</i>	C	+	+	+	-	-	...	...
<i>Lionycteris spurrelli</i>	AC	+	-	-	-	-	12-33	11-808
<i>Lonchophylla bokermanni</i> *	C	-	+	+	-	-	...	...
<i>Lonchophylla dekeyseri</i> *	AC	-	-	+	+	-	15-35	406-737
<i>Lonchophylla mordax</i> *	AC	-	+	-	+	-	15-33	272-737
<i>Lonchophylla thomasi</i> *	AC	+	-	-	-	-	18-33	4-463
<i>Lychonycteris obscura</i>	A	+	+	-	-	-	...	...
<i>Mimon bennettii</i>	C	+	+	+	+	-	...	...
<i>Mimon crenulatum</i>	AC	+	+	+	+	-	12-34	11-606
<i>Phylloderma stenops</i>	C	+	+	+	-	-	...	...
<i>Phyllostomus discolor</i> *	C	+	+	+	+	+	...	...
<i>Phyllostomus elongatus</i>	AC	+	+	+	+	+	16-33	4-695

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
<i>Phyllostomus hastatus</i> *	AC	+	+	+	+	+	9-35	6-1025
<i>Phyllostomus latifolius</i>	A	+	-	-	-	-	...	...
<i>Platyrrhinus brachycephalus</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Platyrrhinus helleri</i>	AC	+	-	+	-	+	2-34	11-431
<i>Platyrrhinus infuscus</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Platyrrhinus lineatus</i> *	AC	+	+	+	+	+	6-34	6-1149
<i>Platyrrhinus recifinus</i>	AC	-	+	-	-	-	10-32	8-808
<i>Pygoderma bilabiatum</i> *	AC	-	+	-	-	+	6-31	8-870
<i>Rhinophylla fischeriae</i>	AC	+	-	-	-	-	14-33	11-250
<i>Rhinophylla pumilio</i> *	C	+	+	+	+	-	...	...
<i>Scleronycteris ega</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Sturnira bidens</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Sturnira lilium</i> *	AC	+	+	+	+	+	6-33	6-1149
<i>Sturnira magna</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Sturnira tildae</i>	AC	+	+	+	+	-	10-34	11-457
<i>Trinycteris niceforoi</i>	A	+	-	-	-	-	14-33	11-250
<i>Uroderma bilobatum</i>	AC	+	+	+	+	+	10-36	5-773
<i>Uroderma magnirostrum</i>	AC	+	+	+	+	-	15-36	11-457
<i>Vampyroides caraccioli</i>	C	+	-	-	-	-	...	...
<i>Xeronycteris vieirai</i>	A	-	-	-	+	-	...	...
Cebidae								
<i>Alouatta belzebul</i>	AF	+	+	-	-	-	13-34	4-1025
<i>Alouatta caraya</i>	AF	+	-	+	+	+	16-34	66-781
<i>Alouatta guariba</i>	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Alouatta seniculus</i>	AF	+	+	-	-	-	4-34	9-928
<i>Aotus azarai</i>	AF	+	-	+	-	-	...	...
<i>Aotus trivirgatus</i>	AF	+	-	-	-	-	17-34	21-228
<i>Aotus vociferans</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Ateles belzebuth</i>	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Ateles chamek</i>	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Ateles marginatus</i>	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Ateles paniscus</i>	AF	+	-	-	-	-	17-34	312-344
<i>Brachyteles arachnoides</i> *	AF	-	+	-	-	-	5-31	11-1752
<i>Brachyteles hypoxanthus</i> *	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Callithrix aurita</i> *	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Callithrix geoffroyi</i>	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Callithrix flaviceps</i>	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Callithrix jacchus</i>	AF	-	+	-	+	-	10-34	11-1025
<i>Callithrix pennicillata</i>	AF	-	+	+	+	-	9-33	23-1025
<i>Cebuella pygmaea</i>	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Cebus apella</i>	AF	+	-	-	-	-	10-34	9-500
<i>Cebus libidinosus</i>	AF	-	+	+	+	-	...	...
<i>Cebus nigritus</i> *	AF	-	+	-	-	-	4-35	5-1112
<i>Lagothrix cana</i>	F	+	-	-	-	-	...	...

GRUPO TAXONÔMICO	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	BIOMAS					TEMPERATURA MIN-MAX (°C)	ALTITUDE MIN-MAX (M)
		FAM	FAT	CE	CA	PA		
<i>Lagothrix lagotricha</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Lagothrix poeppigi</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Leontopithecus caissara</i>	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Leontopithecus chrysomelas</i>	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Leontopithecus chrysopygus</i> *	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Leontopithecus rosalia</i>	AF	-	+	-	-	-	10-33	11-978
<i>Mico argentatus</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Mico chrysoleucus</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Mico humeralifer</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Saguinus bicolor</i> *	AF	+	-	-	-	-	22-33	10-58
<i>Saguinus fuscicollis</i>	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Saguinus imperator</i> *	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Saguinus labiatus</i>	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Saguinus midas</i>	AF	+	-	-	-	-	15-33	5-763
<i>Saguinus mystax</i>	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Saguinus niger</i>	AF	+	-	-	-	-	21-33	11-108
<i>Saguinus nigricollis</i>	AF	+	-	-	-	-	...	...
<i>Saimiri sciureus</i>	AF	+	-	-	-	-	17-34	5-223
Didelphidae								
<i>Caluromys lanatus</i> *	AF	+	+	+	-	-	13-34	12-1025
<i>Caluromys philander</i> *	AF	+	+	+	-	-	13-35	7-381
<i>Didelphis albiventris</i> *	AF	+	+	+	+	+	9-35	25-1149
<i>Didelphis aurita</i> *	AF	-	+	+	-	+	7-32	14-906
<i>Didelphis marsupialis</i> *	AF	+	+	+	-	-	7-35	5-906
<i>Micoureus paraguayanus</i>	AF	-	+	-	-	-	...	...
Procyonidae								
<i>Bassaricyon gabbii</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Nasua nasua</i>	AF	+	+	+	+	+	...	...
<i>Potos flavus</i>	AF	+	+	-	-	-	...	...
Sciuridae								
<i>Guerlinguetus aestuans</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Guerlinguetus alphonsei</i>	F	-	+	-	-	-	...	...
<i>Guerlinguetus gilvularis</i>	F	+	-	-	-	-	...	...
<i>Guerlinguetus ingrami</i>	F	-	+	-	-	-	10-30	367-522
RÉPTEIS								
Scincidae								
<i>Trachylepis atlantica</i> *	A	-	+	-	-	-	...	...
Tropiduridae								
<i>Tropidurus montanus</i> *	A	-	-	+	-	-	...	...

Tabela 5.2. Média e desvio-padrão de temperatura (Temp) e altitude (Alt) nas áreas com registro de ocorrência das espécies nos diversos grupos de polinizadores vertebrados nos biomas brasileiros.

	FLORESTA AMAZÔNICA		FLORESTA ATLÂNTICA		CERRADO		CAATINGA		PANTANAL	
	Temp (°C)	Alt (m)	Temp (°C)	Alt (m)	Temp (°C)	Alt (m)	Temp (°C)	Alt (m)	Temp (°C)	Alt (m)
Aves passeriformes	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Aves não passeriformes	21,65 ± 2,90	492,44 ± 265,89	20,23 ± 2,35	608,97 ± 217,59	20,54 ± 2,09	611,83 ± 215,53	20,17 ± 2,27	672,13 ± 200,03	20,69 ± 2,29	580,03 ± 231,34
Beija-flores	23,01 ± 3,56	364,03 ± 285,50	21,17 ± 3,59	533,54 ± 338,31	21,33 ± 2,97	537,26 ± 323,98	21,56 ± 1,80	529,83 ± 182,21	20,91 ± 2,26	547 ± 242,54
Morcegos filostomídeos	22,26 ± 2,72	359,00 ± 175,39	21,90 ± 2,67	410,64 ± 183,36	22,08 ± 2,93	396,63 ± 216,34	21,97 ± 2,36	453,91 ± 191,25	20,96 ± 2,57	449,1 ± 153,08
Mamíferos não voadores	23,93 ± 2,89	318,57 ± 229,83	21,11 ± 2,41	509,15 ± 209,64	22,28 ± 2,30	451,78 ± 135,37	22,5 ± 2,09	513,12 ± 89,07	22,16 ± 3,12	490,16 ± 107,26

Tabela 5.3. Número de espécies e de gêneros em cada família com registros de visitas florais por vertebrados.

FAMÍLIAS	GÊNEROS	ESPÉCIES	FAMÍLIAS	GÊNEROS	ESPÉCIES
Acanthaceae	10	15	Heliconiaceae	1	7
Alstromeriaceae	2	4	Lamiaceae	3	4
Amaryllidaceae	1	7	Lecythidaceae	1	1
Apocynaceae	3	3	Loranthaceae	1	5
Bignoniaceae	8	11	Lythraceae	2	3
Boraginaceae	1	3	Malvaceae	12	28
Bromeliaceae	18	80	Maranthaceae	3	3
Cactaceae	5	7	Marcgraviaceae	3	3
Campanulaceae	3	6	Musaceae	2	3
Cannaceae	1	1	Myrtaceae	1	1
Capparaceae	1	1	Onagraceae	1	1
Caryocaraceae	1	4	Orchidaceae	3	3
Chrysobalanaceae	1	2	Orobanchaceae	1	2
Clusiaceae	3	3	Passifloraceae	2	7
Combretaceae	1	2	Rubiaceae	8	21
Compositae	3	5	Rutaceae	2	1
Convolvulaceae	2	5	Sapindaceae	2	2
Costaceae	1	1	Scrophulariaceae	2	2
Curcubitaceae	2	2	Solanaceae	4	5
Ericaceae	3	6	Velloziaceae	1	2
Euphorbiaceae	1	1	Verbenaceae	3	6
Fabaceae	19	40	Vochysiaceae	2	2
Gentianaceae	1	1	Zingiberaceae	1	1
Gesneriaceae	4	27			

Fig. 5.1. Variedade de polinizadores vertebrados no Brasil: A) *Ramphodon naevius* (Phaethornithinae) em flor de *Centropogon cornutus* (Campanulaceae); B) *Leucochloris albicollis* (Trochilinae) em flor de *Syphocampylus westinianus* (Campanulaceae); C) *Euphonia pectoralis* (Fringillidae) em inflorescência de *Combretum fruticosum* (Combretaceae); D) *Tangara seledon* (Thraupidae) em inflorescência de *Schwartzia brasiliensis* (Marcgraviaceae); E) *Glossophaga soricina* (Glossophaginae) em flor de *Chelonanthus alatus* (Gentianaceae); F) *Trachylepis atlantica* (Scincidae) em flor de *Erythrina velutina* (Fabaceae).



Fig. 5.2. Distribuição das espécies de polinizadores efetivos e potenciais de vertebrados em seis categorias.

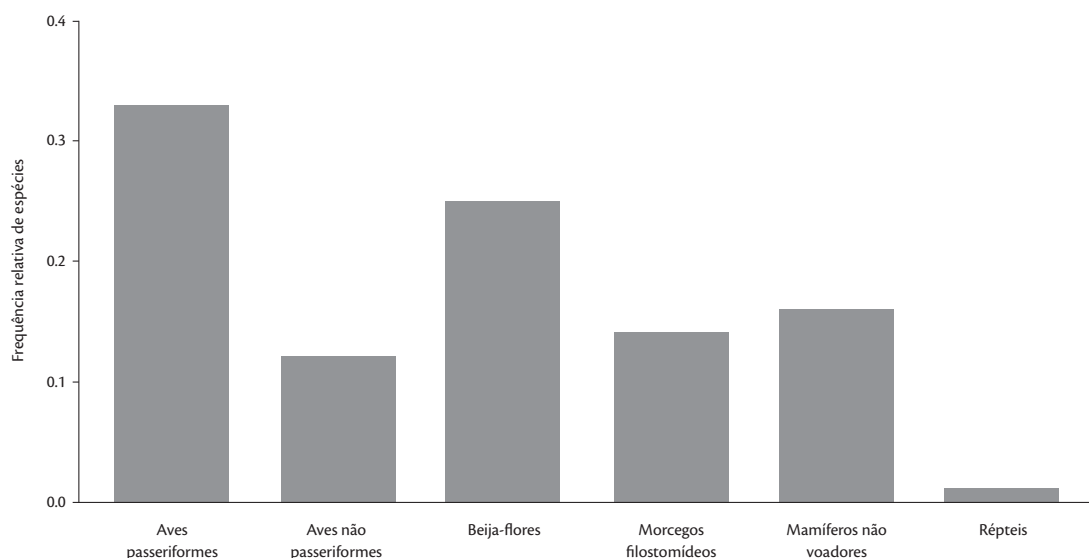


Fig. 5.3. Distribuição das espécies de polinizadores efetivos e potenciais de vertebrados em cada categoria nos biomas brasileiros.

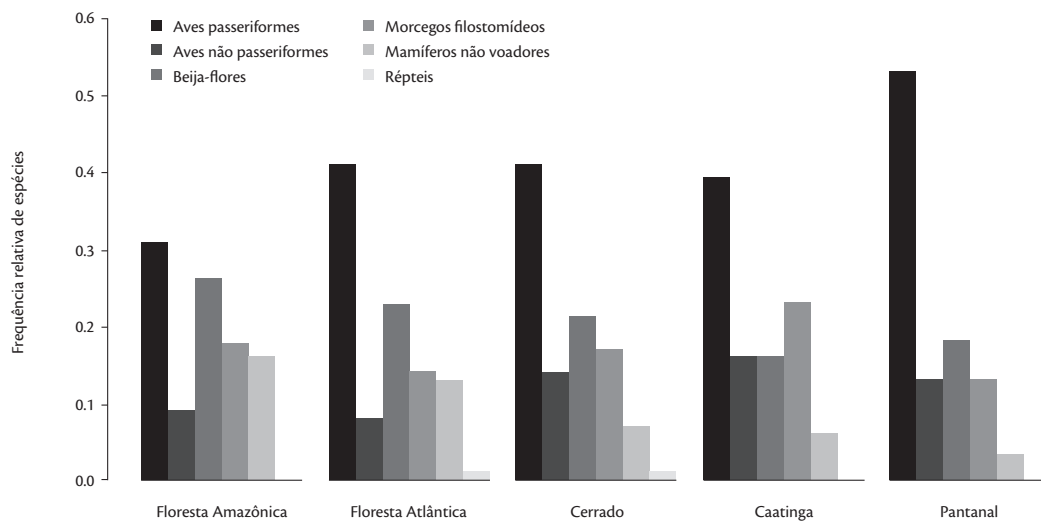


Fig. 5.4. Distribuição dos registros de beija-flores oriundos da coleção de aves do MZUSP e da base de dados *online* GBIF.

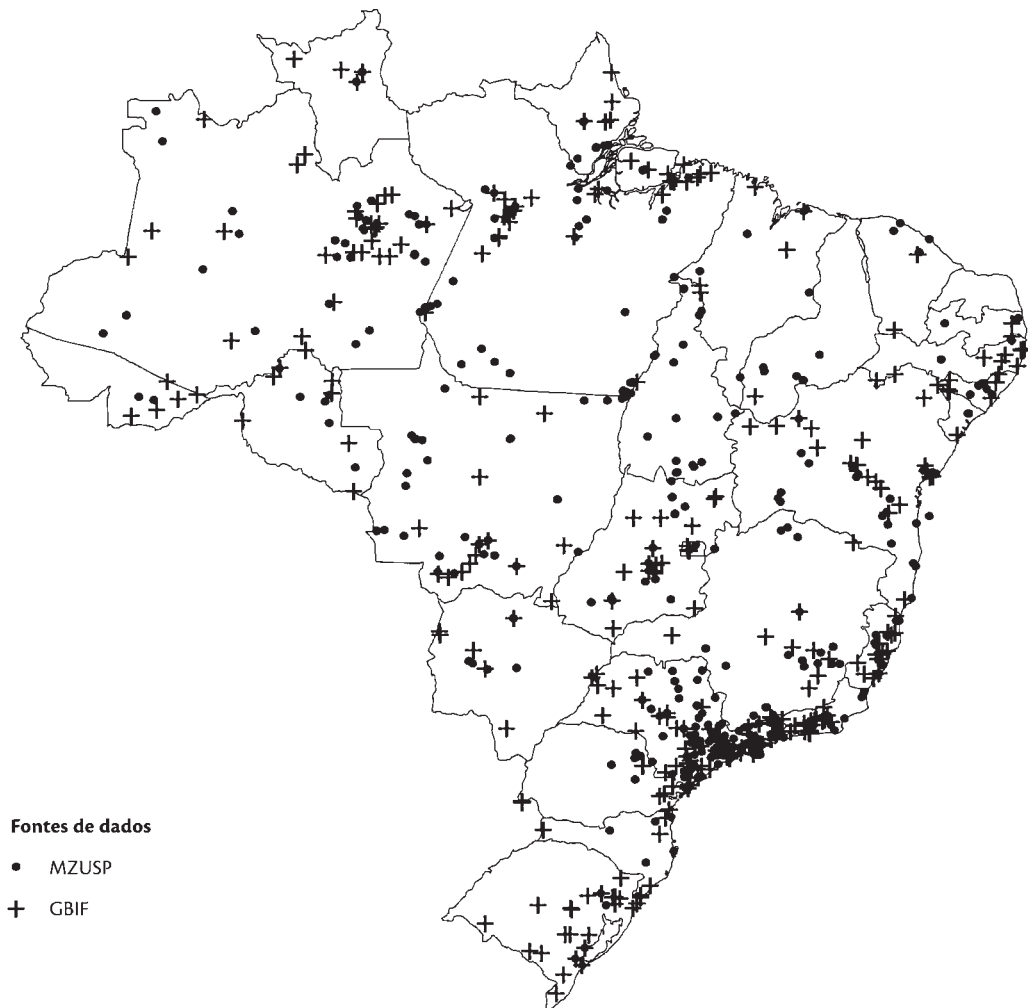


Fig. 5.5. Distribuição das espécies vegetais com registros de interação com polinizadores efetivos e potenciais de vertebrados nos biomas brasileiros.

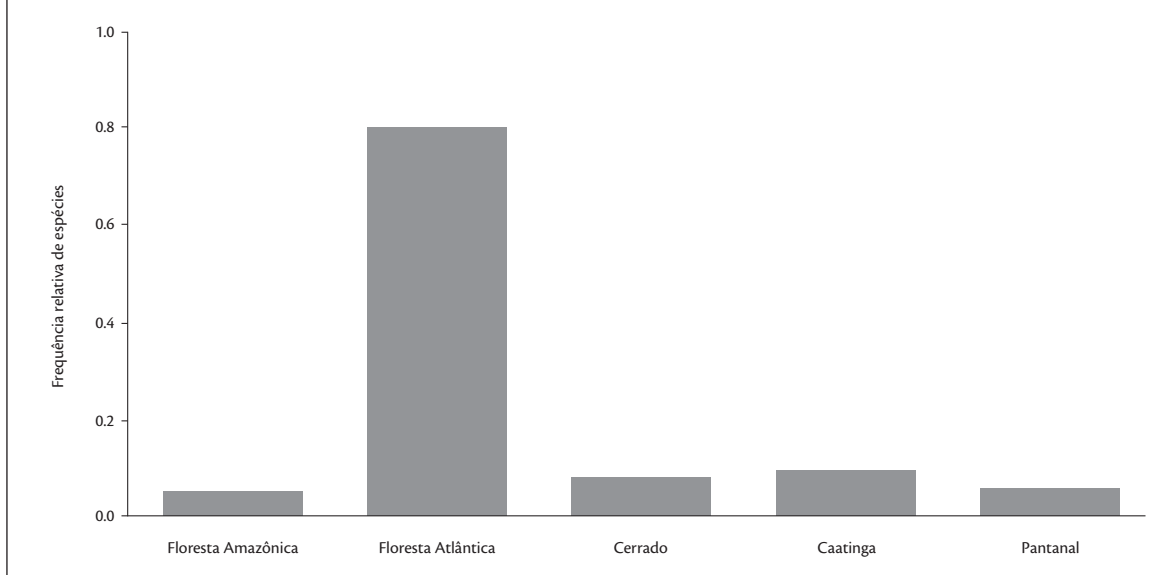
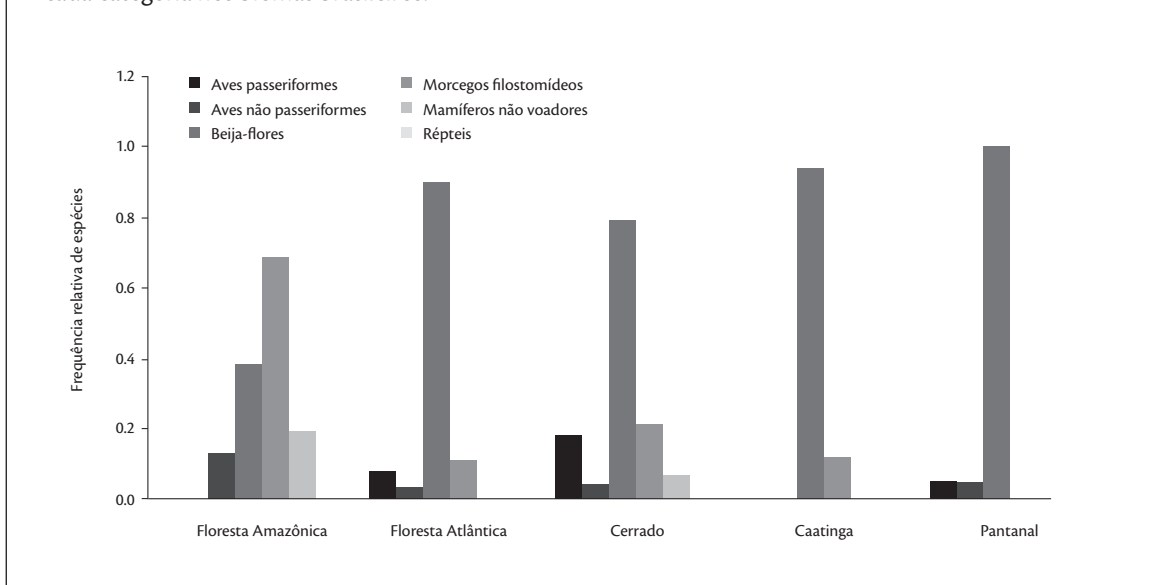


Fig. 5.6. Distribuição das espécies vegetais com registros de interação com polinizadores vertebrados em cada categoria nos biomas brasileiros.



ANEXO

Lista das coleções e Museus acessadas por meio do GBIF

Academy of Natural Sciences, Philadelphia's Natural History Museum – American Museum of Natural History – Avian Knowledge Network – Biologiezentrum Linz Oberoesterreich – Borror Laboratory of Bioacoustics – California Academy of Sciences – Cornell University Museum of Vertebrates – Institute of Systematics and Evolution of Animals, Polish Academy of Sciences – Instituto de Biología de la Universidad Autónoma del México – Los Angeles County Museum of Natural History – Louisiana State University Museum of Natural Science – Lund Museum of Zoology – Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara – Michigan State University Museum – Museo Argentino de Ciencias Naturales – Museu de Ciències Naturals de Barcelona – Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences – Museum of Comparative Zoology, Harvard University – Museum of Evolution, Uppsala – Museum of Vertebrate Zoology of Berkeley – National Museum of Natural History – Natural History Museum, University of Oslo – Royal Ontario Museum – Sam Noble Oklahoma Museum of Natural History – San Diego Natural History Museum – Senckenberg Museum – Texas Cooperative Wildlife Collection – The Danish Biodiversity Information Facility – UCLA-Dickey Collection (UCLA-Dickey) – University Museum of Zoology Cambridge – University of California, Davis – University of Colorado Museum of Natural History – University of Kansas Biodiversity Research Center – University of Michigan Museum of Zoology – University of Minnesota Bell Museum of Natural History – University of Nebraska State Museum – University of Washington Burke Museum – Yale University Peabody Museum – Zoological Collections of Australian Museums – Zoological Museum Amsterdam, University of Amsterdam

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a valiosa colaboração de Luiz Fellipe Lisboa Mattos, Melina de Sousa Leite, Paulo César Fernandes, Patrícia Gabryela Moreira por organizarem as informações oriundas de dissertações, teses e artigos bem como as disponíveis no GBIF. Adicionalmente, agradecemos ao dr. Luís Fábio Silveira pelas informações oriundas da coleção de beija-flores do MZUSP. Gostaríamos de destacar a excelência e a dedicação deste pesquisador à frente da curadoria da coleção de aves do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Seu trabalho é um exemplo a ser seguido na organização e na manutenção de coleções nacionais.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A. & KLEIN, A. M. "How Much Does Agriculture Depend on Pollinators? Lessons from Long-term Trends in Crop Production". *Annals of Botany*, 103(9): 1579, 2009.
- ARAÚJO, A. C. & SAZIMA, M. "The Assemblage of Flowers Visited by Hummingbirds in the 'Capões' of Southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil". *Flora*, 198: 427-435, 2003.
- BAWA, K. S. "Plant-pollinator Interactions in Tropical Rain Forests". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21: 399-422, 1990.
- BOND, W. J. "Do Mutualisms Matter? Assessing the Impact of Pollinator and Disperser Disruption on Plant Extinction". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 344(1307): 83-90, 1994.
- BUCHMANN, S. L. & NABHAN, G. P. *The Forgotten Pollinators*. Washington, Island Press, 1997.
- BUERMANN, W.; CHAVES, J. A.; DUDLEY, R.; MCGUIRE, J. A.; SMITH, T. B. & ALTSHULER, D. L. "Projected Changes in Elevational Distribution and Flight Performance of Montane Neotropical Hummingbirds in Response to Climate Change". *Global Change Biology*, 17(4): 1671-1680, 2011.
- BUZATO, S.; SAZIMA, M. & SAZIMA, I. "Pollination of Three Species of *Abutilon* (Malvaceae) Intermediate between Bat and Hummingbird Flower Syndromes". *Flora*, 189(4): 327-334, 1994.
- _____. "Hummingbird-pollinated Floras at Three Atlantic Forest Sites". *Biotropica*, 32(4b): 824-841, 2000.
- CANELA, M. B. F. & SAZIMA, M. "*Aechmea pectinata*: a Hummingbird Dependent Bromeliad with Inconspicuous Flowers from the Rainforest in South-eastern Brazil". *Annals of Botany*, 92(5): 731-737, 2003.
- DEVY, M. S. & DAVIDAR, P. "Pollination Systems of Trees in Kakaachi, a Mid-elevation Wet Evergreen Forest in Western Ghats, India". *American Journal of Botany*, 1: 20-33, 2003.
- FEINSINGER, P. & CHAPLIN, S. "On the Relationship between Wing Disc Loading and Foraging Strategy in Hummingbirds". *American Naturalist*, 109(966): 217-224, 1975.
- FISCHER, E. A. *Polinização por Morcegos Phyllostominae versus Glossophaginae em Floresta de Terra Firme na Amazônia Central*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2000.
- FLEMING, T. H.; GEISELMAN, C. & KRESS, W. J. "The Evolution of Bat Pollination: a Phylogenetic Perspective". *Annals of Botany*, 104(6): 1017-1043, 2009.
- FLEMING, T. H. & MUCHHALA, N. "Nectar-feeding Bird and Bat Niches in Two Worlds: Pantropical Comparisons of Vertebrate Pollination Systems". *Journal of Biogeography*, 35(5): 764-780, 2008.
- GIANNINI, T. C.; SARAIVA, A. M. & ALVES-DOS-SANTOS, I. "Ecological Niche Modeling and Geographical Distribution of Pollinator and Plants: a Case Study of *Peponapis fervens* (Smith, 1879) (Eucerini: Apidae) and *Cucurbita* Species (Cucurbitaceae)". *Ecological Informatics*, 5: 59-66, 2010.

- GIRÃO, L.; C. LOPES, A. V.; TABARELLI, M. & BRUNA, E. M. “Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape”. *PLoS One*, 2(9): 908, 2007.
- GRANTSAU, R. *Os Beija-flores do Brasil*. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura, 1988.
- GRIBEL, R. Visits of *Caluromys lanatus* (Didelphidae) to Flowers of *Pseudobombax tomentosum* (Bombacaceae): a Probable Case of Pollination by Marsupials in Central Brazil”. *Biotropica*, 20(4): 344-347, 1988.
- GRIBEL, R.; GIBBS, P. E. & QUEIRÓZ, A. L. “Flowering Phenology and Pollination Biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia”. *Journal of Tropical Ecology*, 15(3): 247-263, 1999.
- HADLEY, A. S. & BETTS, M. G. “Tropical Deforestation Alters Hummingbird Movement Patterns”. *Biology Letters*, 5(2): 207-210, 2009.
- HIJMANS, J. R.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G. & JARVIS, A. “Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas”. *International Journal of Climatology*, 25(15): 1965-1978, 2005.
- IBGE. *Mapa de Vegetação do Brasil*. Brasília, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1993.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. & WASER, N. M. “Endangered Mutualisms: the Conservation of Plant-pollinator Interactions”. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 83-112, 1998.
- KRESS, W. J. & BEACH, J. H. “Flowering Plant Reproductive Systems”. In: MCDADE, L. A.; BAWA, K. S.; HESPENHEIDE, H. A. & HARTSHORN, G. S. (Eds.). *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. Chicago, University Chicago Press, 1994, pp. 19-33.
- LÓPEZ-HOFFMAN, L.; VARADY, R. G.; FLESSA, K. W. & BALVANERA, P. “Ecosystem Services across Borders: a Framework for Transboundary Conservation Policy”. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(2): 84-91, 2009.
- MACHADO, I. & LOPES, A. V. “Floral Traits and Pollination Systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest”. *Annals of Botany*, 94(3): 365-376, 2004.
- MARINHO-FILHO, J. S. & SAZIMA, I. “Brazilian Bats and Conservation Biology: a First Survey”. In: KUNZ, T. H. & RACEY, P. A. (Eds.). *Bat Biology and Conservation*. Washington, Smithsonian Institution Press, 1998, pp. 282-294.
- MUCHHALA, N. “Nectar Bat Stows Huge Tongue in Its Rib Cage”. *Nature*, 444(7120): 701-702, 2006.
- _____. “Functional Significance of Interspecific Variation in *Burmeistera* Flower Morphology: Evidence from Nectar Bat Captures in Ecuador”. *Biotropica*, 40(3): 332-337, 2008.
- NABHAN, G. P. *Conserving Migratory Pollinators and Nectar Corridors in Western North America*. Tucson, University of Arizona Press / The Arizona-Sonora Desert Museum, 2004.
- NABHAN, G. P. & BUCHMANN, S. L. *Services Provided by Pollinators*. Washington, Island Press, 1997. (Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems).
- OLIVEIRA, P. E. & GIBBS, P. E. “Pollination and Reproductive Biology in Cerrado Plant Communities”. In: OLIVEIRA, P. S. & MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of*

- Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Washington, Columbia University Press, 2002, pp. 329-347.
- OTTEWELL, K. M.; DONNELLAN, S. C.; LOWE, A. J. & PATON, D. C. "Predicting Reproductive Success of Insect *versus* Bird-pollinated Scattered Trees in Agricultural Landscapes". *Biological Conservation*, 142(4): 888-898, 2009.
- POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O. & KUNIN, W. E. "Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers". *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6): 345-353, 2010.
- REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A. & LIMA, I. P. *Mamíferos do Brasil*. Londrina, 2006.
- _____. *Morcegos do Brasil*. Londrina, 2007.
- RICKETTS, T. H. *et al.* "Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?". *Ecology Letters*, 11(5): 499-515, 2008.
- ROCCA, M. A. & SAZIMA, M. "Beyond Hummingbird-flowers: the Other Side of Ornithophily in the Neotropics". *Oecologia Australis*, 14: 67-99, 2010.
- ROUBIK, D. W. *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics*. Rome, Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1995.
- SAZIMA, I.; SAZIMA, C. & SAZIMA, M. "A Catch-all Leguminous Tree: *Erythrina velutina* Visited and Pollinated by Vertebrates at an Oceanic Island". *Australian Journal of Botany*, 57(1): 26-30, 2009.
- SAZIMA, M.; SAZIMA, I. & BUZATO, S. "Nectar by Day and Night: *Siphocampylus sulfureus* (Lobeliaceae) Pollinated by Hummingbirds and Bats". *Plant Systematics and Evolution*, 191(3): 237-246, 1994.
- SAZIMA, M.; VOGEL, S.; PRADO, A. L.; DE OLIVEIRA, D. M.; FRANZ, G. & SAZIMA, I. "The Sweet Jelly of *Combretum lanceolatum* Flowers (Combretaceae): a Cornucopia Resource for Bird Pollinators in the Pantanal, Western Brazil". *Plant Systematics and Evolution*, 227(3): 195-208, 2001.
- SEKERCIOGLU, C. H. "Increasing Awareness of Avian Ecological Function". *Trends in Ecology & Evolution*, 21(8): 464-471, 2006.
- SIGRIST, T. *Avifauna Brasileira: Guia de Campo*. Vinhedo, Avisbrasilis, 2009.
- TEMELES, E. & KRESS, W. "Adaptation in a Plant-hummingbird Association". *Science*, 300(5619): 630-633, 2003.
- TSCHAPKA, M. "Energy Density Patterns of Nectar Resources Permit Coexistence within a Guild of Neotropical Flower Visiting Bats". *Journal of Zoology*, 263(1): 7-21, 2004.
- VAN GEERT, A.; VAN ROSSUM, F. & TRIEST, L. "Do Linear Landscape Elements in Farmland Act as Biological Corridors for Pollen Dispersal?". *Journal of Ecology*, 98(1): 178-187, 2010.
- VIEIRA, M. F. & CARVALHO-OKANO, R. M. "Pollination Biology of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) in Southeastern Brazil". *Biotropica*, 28(1): 61-68, 1996.
- WITHGOTT, J. "Pollination Migrates to Top of Conservation Agenda". *Bioscience*, 49(11): 857-862, 1999.



6. Relações entre Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e Flores no Brasil – Panorama e Perspectivas de Uso de Polinizadores

Rubem Samuel de Avila Junior, Reisla Oliveira, Carlos Eduardo Pinto,
Felipe Wanderley de Amorim, Clemens Schindwein

ESFINGÍDEOS NO BRASIL: HISTÓRICO DOS LEVANTAMENTOS FAUNÍSTICOS E CONHECIMENTO ATUAL

Os esfingídeos estão entre os grupos de Lepidoptera mais bem inventariados e estudados no planeta (Kitching e Cadiou, 2000; Kawahara *et al.*, 2009). A família Sphingidae compõe um grupo monofilético e estudos morfológicos e moleculares recentes têm confirmado sua posição dentro da superfamília Bombycoidea (Kitching e Cadiou, 2000; Kawahara *et al.*, 2009). A família está dividida em três subfamílias e oito tribos: Smerinthinae (Smerintnithini, Sphingulini e Ambulyicine), Sphinginae (Sphingini e Acherontiini) e Macroglossinae (Dilophonotini, Philampelini e Macroglossini), as quais abrigam 214 gêneros (Kitching e Cadiou, 2000). Em todo o mundo, estão catalogadas cerca de 1 400 espécies, distribuídas em todos os continentes com exceção da Antártica, porém a maior diversidade desse grupo é observada nas regiões tropicais (Kitching e Cadiou, 2000). Mesmo que estimativas apontem para ocorrência de pelo menos 302 espécies na América do Sul, o que compreende cerca de um terço da riqueza total do grupo (Kitching, comunicação pessoal), os esfingídeos têm sido pobremente estudados nos neotrópicos.

Os primeiros registros de esfingídeos no Brasil datam da segunda metade do século XIX em correspondências de Fritz Müller a Charles Darwin relatando a ocorrência de espécies com probóscides extremamente longas. A partir da metade do século XX, iniciam-se os primeiros inventários sistematizados da esfingofauna brasileira realizados na região Sul (Biezanko, 1948; Laroca e Mielke, 1975, Laroca *et al.*, 1989, Marinoni *et al.*, 1999), Sudeste (Zikán e Zikán, 1968; Coelho *et al.*, 1979; Ferreira *et al.*, 1986; Avila Jr. *et al.*, 2005; Amorim *et al.*, 2009; Avila Jr., 2009), Nordeste (Darrault e Schindwein, 2002; Gusmão e Creão-Duarte, 2004; Duarte e Schindwein, 2005a, 2005b, 2008) e Norte (Motta *et al.*, 1991, 1998; Motta, 1993; Motta e Xavier-Filho, 2005). Esse conjunto de levantamentos aponta para a ocorrência de pelo menos 144 espécies de esfingídeos no país, distribuídas em trinta gêneros e seis tribos (Fig. 6.1).

Apesar de não existir um *checklist* sistematizado de Sphingidae para o Brasil, o número de gêneros até então registrado está próximo ao observado em outros países da América do Sul, como Argentina, onde estão documentados 29 gêneros e 106 espécies (Moré *et al.*, 2005), e Bolívia, com 32 gêneros e 180 espécies (Kitching *et al.*, 2001). Utilizando-se estimadores de riqueza total de espécies (conforme Colwell e Coddington, 1994) como parâmetro para avaliar o quão rica é a fauna de Sphingidae no Brasil, verificamos que são esperadas entre 187 a 206 espécies. Isso indica que entre 20% e 30% das espécies de esfingídeos presentes no país ainda não foram registrados nos levantamentos disponíveis na literatura. É interessante ressaltar que, com base nos dados do Museu de História Natural de Londres, estão registradas pelo menos 186 espécies de esfingídeos no Brasil (I.J. Kitching, comunicação pessoal), o que corresponde a mais de 60% das espécies presentes na América do Sul. Porém, o conjunto de levantamentos realizados até o momento está concentrado em poucas localidades do território nacional, sendo inexistentes no Centro-oeste brasileiro. Considerando-se a grande heterogeneidade fitogeográfica do Brasil, estimamos um número ainda maior de espécies ocorrentes no país.

HISTÓRIA NATURAL

O ciclo de vida dos esfingídeos é bastante uniforme. As fêmeas são extremamente seletivas na escolha dos sítios de oviposição: escolhem plantas hospedeiras de uma ou poucas espécies e depositam poucos ovos por planta. Na fase larval, os esfingídeos apresentam corpo robusto, ausente de pelos e na grande maioria das espécies pode ser observado um apêndice na porção distal do corpo (Janzen, 1984). Embora sejam insuficientes os trabalhos que detalhem aspectos da biologia da maioria das espécies, o desenvolvimento das larvas em seus cinco instares comumente ocorre por duas a quatro semanas, quando se encaminham ao solo para o empupamento (Janzen, 1984).

Na fase adulta, os esfingídeos apresentam hábitos predominantemente noturnos. O corpo é robusto e fusiforme e normalmente apresenta coloração críptica, sendo que muitas espécies possuem colorações conspícuas nas asas e no abdômen, como ocorre em *Agrius cingulata* (Fabricius, 1775), e nos esfingídeos dos gêneros *Manduca* (Hubner, 1807) e *Cocytius* (Hubner, 1819). Uma musculatura alar vigorosa e asas anteriores maiores que as posteriores proporcionam voos a grande velocidade e por longas distâncias (Janzen, 1984; Kawahara *et al.*, 2009). Outra característica marcante no grupo é a presença de olhos bastante proeminentes em relação ao restante da cabeça. A visão é desenvolvida e associada ao aguçado sentido olfativo possibilita a discriminação de fontes de recurso alimentar (Raguso e

Willis, 2002). Assim como morcegos e beija-flores, os esfingídeos são capazes de adejar durante o forrageio de néctar, atividade que demanda altas necessidades energéticas (Heinrich, 1975). Tais características estão associadas ao importante papel de Sphingidae como polinizadores.

ESFINGÍDEOS COMO POLINIZADORES

Inúmeras espécies de plantas apresentam um conjunto de adaptações morfofisiológicas resultantes de uma estreita história evolutiva com esfingídeos (Darwin, 1862; Vogel, 1954; Faegri e Van Der Pijl, 1979). Flores hipocrateriformes ou em forma de pincel, brancas, de antese noturna ou crepuscular, com néctar abundante e que sinalizam a oferta de recurso através de cheiro adocicado são especialmente atrativas aos esfingídeos, e por isso ditas esfingófilas (Müller, 1873; Knuth, 1898; Vogel, 1954; Faegri e Van Der Pijl, 1979). A presença do néctar na base de tubos florais estreitos restringe o acesso ao recurso floral exclusivamente aos visitantes com aparelhos bucais longos, característica marcante em esfingídeos (Ghazoul, 1997; Alexandersson e Johnson, 2002; Darrault e Schlindwein, 2005).

Diferentemente das fêmeas de abelhas, as de esfingídeos não constroem ninhos para onde retornam com alimento larval a cada período de forrageio em flores, e os machos não estabelecem territórios em manchas de flores como fazem os das abelhas solitárias e os de beija-flores (Eickwort, 1977; Ewald e Carpenter, 1978). Se por um lado esta não residência e o hábito predominantemente noturno os creditam como o mais importante grupo de polinizadores de plantas noturnas em florestas tropicais, por outro, dificultam a determinação de suas fontes de néctar e a caracterização das relações entre esfingídeos e plantas.

O entendimento dos mecanismos de polinização em espécies esfingófilas através da observação de esfingídeos em visita às flores é limitado pela dificuldade da observação noturna. Em nível de comunidade, relações esfingídeos-plantas têm sido inferidas indiretamente pela análise do pólen aderido ao corpo de mariposas coletadas em iscas luminosas (Haber e Frankie, 1989; Darrault e Schlindwein, 2002; Amorim, 2008; Avila Jr. *et al.*, 2010).

Utilizando-se a ferramenta de análise polínica, nos poucos estudos realizados no Brasil, chegou-se a um grupo diverso de plantas de pelo menos 121 espécies de 22 famílias que se relaciona com esfingídeos. Espécies de Rubiaceae (18%), Fabaceae-Mimosaceae (13%), Apocynaceae (8%) e Malvaceae (5%) são as principais fontes de alimento para essas mariposas (Fig. 6.2 e 6.3).

OS SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO PRESTADOS POR ESFINGÍDEOS PODEM SER UTILIZADOS NO BRASIL?

Plantas conhecidamente polinizadas por esfingídeos vêm sendo utilizadas no país, seja com fim alimentício, como a mangabeira (*Hancornia speciosa*, Apocynaceae) e o mamão (*Carica papaya*, Caricaceae), ornamental, como os jasmims (*Jasminum* spp., – Oleaceae, *Tabernaemontana*, *Trachelospermum*, *Plumeria*, *Ervatomia*, *Carissa* – Apocynaceae), *Inga* (Mimosaceae), *Mandevilla* (Apocynaceae), ou medicinal, como janaguba (*Himatanthus drasticus*, Apocynaceae) e o genipapo bravo (*Tocoyena formosa*, Rubiaceae). Em detalhes, o papel desses polinizadores na produção de frutos é conhecido apenas para a mangabeira (Darrault e Schlindwein, 2005), representante típico do tabuleiro nordestino e cerrado brasileiros (Tavares, 1964).

No caso de *H. speciosa*, espécie autoincompatível, a produção de frutos é completamente dependente do serviço de polinização prestado, sobretudo, por doze espécies de esfingídeos (Darrault e Schlindwein, 2005). As mangabas, denominação popular dos frutos, são utilizadas na fabricação de doces, sorvetes e na medicina popular, o que agrega à planta um alto potencial socioeconômico, especialmente no Nordeste brasileiro.

Baixas taxas de frutificação a partir da polinização natural em relação àquelas provenientes de polinização cruzada manual têm indicado um número insuficiente de visitas em uma plantação na Paraíba; indicam, ainda, que a maior produção de frutos exige medidas que aumentem o fluxo entre indivíduos no local de plantio. A maior frequência dos esfingídeos nas flores deve levar não somente ao aumento da produtividade da mangabeira, mas a mangabas de melhor qualidade, já que frutos mais bem polinizados, com um maior número de sementes, são mais pesados (Darrault e Schlindwein, 2006).

Estudos de polinização de espécies de plantas esfingófilas com sistemas mistos de polinização têm mostrado o quão eficientes são os esfingídeos como polinizadores. Mesmo em frequências de visitas mais baixas que outros polinizadores, eles foram responsáveis por taxas reprodutivas tão altas quanto aquelas resultantes dos serviços de polinização prestados por outros vetores (Maruyama *et al.*, 2010).

Apesar de suas larvas tenderem a ser específicas em relação ao uso das fontes de alimento, as análises da carga de pólen aderida aos corpos de esfingídeos coletados em diversos ecossistemas sugerem generalidade alimentar para os adultos polinizadores (Darrault e Schlindwein, 2002; Amorim, 2008; Avila Jr. *et al.*, 2010).

Fig. 6.1. Divisão da família Sphingidae no Brasil, detalhando a divisão das subfamílias, tribos e a distribuição dos gêneros dentro destes grupos seguindo a classificação de Kitching e Cadiou (2000).

	Subfamília	Tribo	Gênero	Nº de espécies	
Sphingidae	Smerinthinae	Ambulycini	<i>Adhemarius</i>	8	
			<i>Orecta</i>	1	
			<i>Protambulyx</i>	4	
	Sphinginae	Sphingini	<i>Amphimoea</i>	1	
			<i>Cocytius</i>	4	
			<i>Manduca</i>	19	
			<i>Neococytius</i>	1	
			<i>Neogene</i>	1	
			<i>Sphinx</i>	1	
	Sphinginae	Ancherontiini	<i>Agrius</i>	1	
			<i>Aellopos</i>	3	
			<i>Aleuron</i>	4	
			<i>Callionima</i>	7	
			<i>Enyo</i>	3	
			<i>Erinnyis</i>	9	
	Macroglossinae	Dilophonotini	<i>Eupyrrhoglossum</i>	2	
			<i>Hemeroplanes</i>	3	
			<i>Isognathus</i>	11	
			<i>Madoryx</i>	3	
			<i>Nyceryx</i>	4	
<i>Oryba</i>			1		
<i>Pachylia</i>			3		
<i>Pachylioides</i>			1		
<i>Perigonia</i>			5		
<i>Phryxus</i>			1		
<i>Pseudosphinx</i>			1		
<i>Unzela</i>			1		
Macroglossinae			Philampelini	<i>Eumorpha</i>	13
				<i>Xylophanes</i>	27
Macroglossinae	Macroglossini	<i>Hyles</i>	1		
		Total de espécies	144		

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso conhecimento sobre as relações dos esfingídeos com plantas, de importância econômica ou não, ainda é consideravelmente fragmentado para entendermos em que nível as plantas esfingófilas se relacionam exclusivamente ou estreitamente com espécies particulares de esfingídeos. As informações acumuladas até o momento, contudo, são claras o suficiente para estabelecermos que esfingídeos são polinizadores eficientes e muitas vezes os únicos responsáveis pela produção de frutos e sementes viáveis de centenas de espécies noturnas, parte delas fontes de alimento para o homem.

Por serem organismos de extrema mobilidade, áreas de dispersão e migração dos esfingídeos devem ser consideradas na tentativa de manejá-los como polinizadores de plantas cultivadas. Talvez o caminho mais bem-sucedido seja via manejo de paisagem, por manutenção de ambientes diversificados que atendam às suas demandas ambientais como alimento e sítios de oviposição. Para o uso sustentável do serviço de polinização prestado por esfingídeos, no entanto, é primordial que ampliemos nosso conhecimento sobre seus parceiros em interações interespecíficas e testemos diferentes desenhos de mosaicos de vegetação nativa com cultivos de plantas esfingófilas que abranjam condições e recursos que garantam a presença desses polinizadores nos locais de cultivo.

Fig. 6.2. Famílias de plantas que incluem espécies esfingófilas no Brasil.

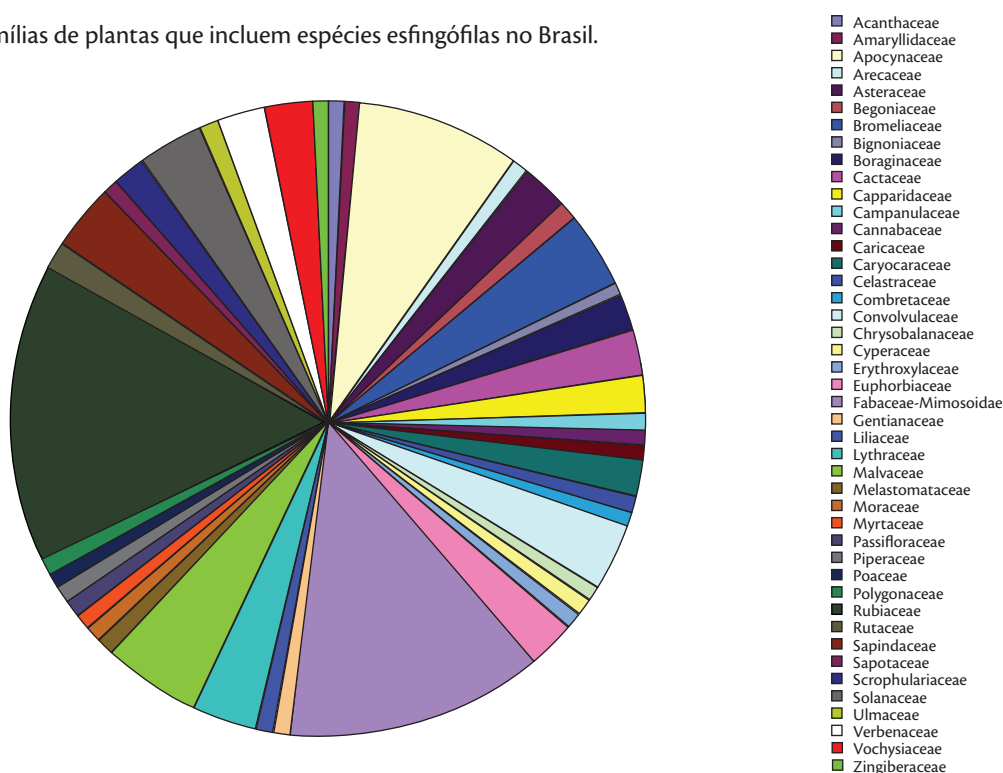
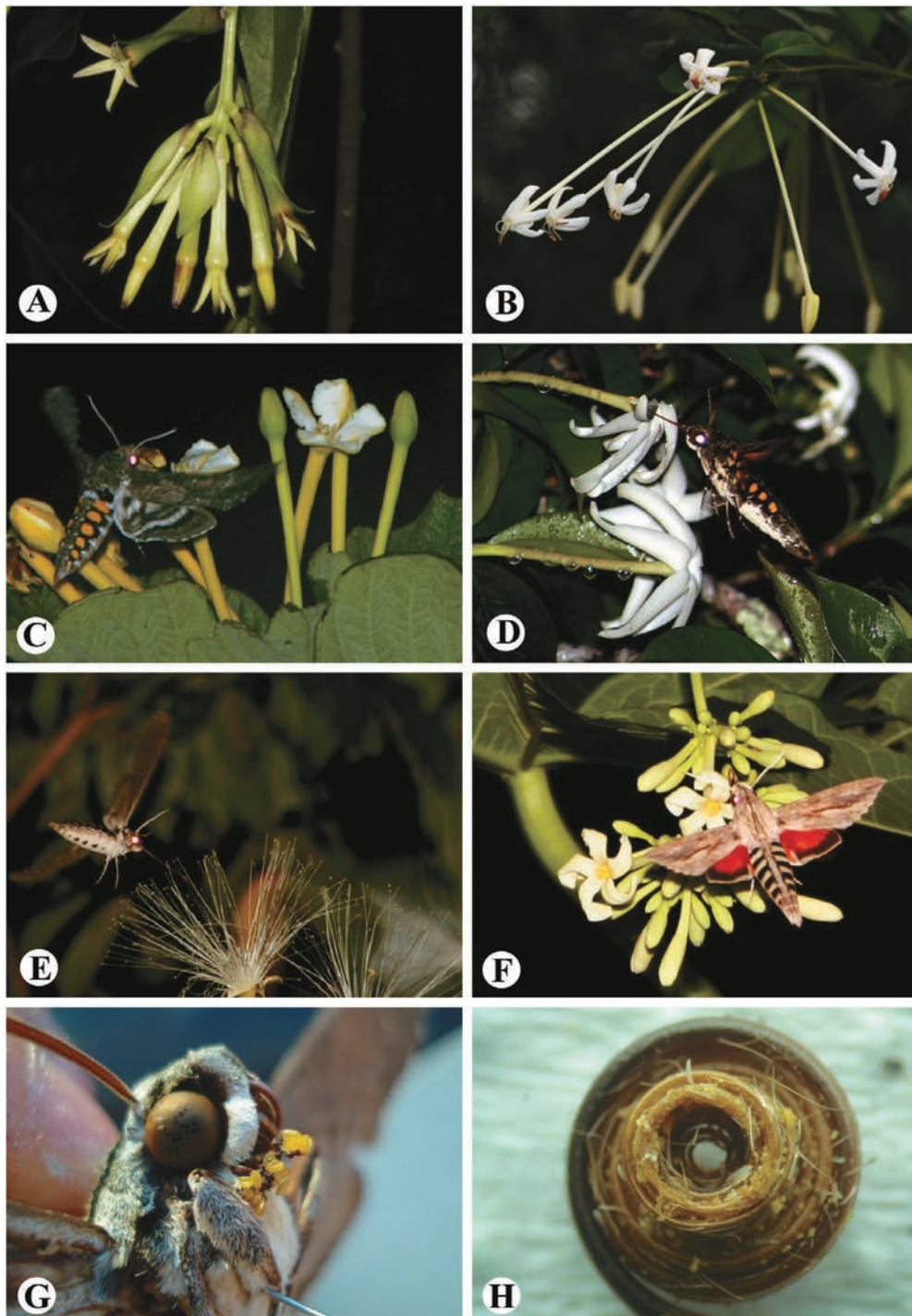


Fig. 6.3. Esfingídeos e flores esfingófilas. A) *Cestrum bracteatum* (Solanaceae); B) *Posoqueria latifolia* (Rubiaceae); C) *Manduca sexta* e *Tocoyena formosa* (Rubiaceae); D) *Cocytius* sp. e *Hillia parasitica* (Rubiaceae); E) *Manduca pellenia* e *Inga sessilis* (Fabaceae); F) *Erinnyis ello* e *Carica papaya* (Caricaceae); G) Polínias de *Schubertia grandiflora* (Apocynaceae, Asclepiadoideae) aderidas à probóscide de *Manduca rustica*; H) Probóscide seccionada de *Manduca sexta* com uma massa de pólen de *Tocoyena formosa* (Rubiaceae). Créditos: F. W. Amorim (A, C, E, G, H), R. S. Avila Jr. (B, D) e R. Oliveira (F).



AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Airton Torres Carvalho e Artur C. Dália Maia pelos comentários e discussões, a Vera L. Imperatriz-Fonseca pelo convite e ao CNPq, à Capes e à Fapesp (proc. nº 07/58666-3) pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDERSSON, R. & JOHNSON, S. D. "Pollinator-mediated Selection on Flower-tube Length in a Hawkmoth-pollinated *Gladiolus* (Iridaceae)". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269: 631-636, 2002.
- AMORIM, F. W. *A Comunidade de Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e Plantas Esfingófilas numa Área de Cerrado no Sudeste do Brasil: Biogeografia e Associações Mutualísticas*. Dissertação (Mestrado) – Ecologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2008.
- AMORIM, F. W.; DE AVILA JR., R. S.; DE CAMARGO, A. J. A.; VIEIRA, A. L. & OLIVEIRA, P. E. "A Hawkmoth Crossroads? Species Richness, Seasonality and Biogeographical Affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado". *Journal of Biogeography*, 36: 662-674, 2008.
- AVILA JR., R. S. *Composição, Fenologia Reprodutiva e Biologia da Polinização de Espécies Esfingófilas no Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Picinguaba)*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2009.
- AVILA JR., R. S.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; CORREA, Â. M. S. & SAZIMA, M. "Tipos Polínicos Encontrados em Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) em Área de Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil: Uso da Palinologia no Estudo de Interações Ecológicas". *Revista Brasileira de Botânica*, 33(3): 415-424, 2010.
- AVILA JR., R. S.; GUIMARÃES, P.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; CORRÊA, A. M. S. & SAZIMA, M. "Caracterização das Interações Plantas-esfingídeos em Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil: Generalização ou Especialização?". In: VII Congresso de Ecologia do Brasil. *Anais*. 2005, CD-ROM.
- BIEZANKO, C. *Sphingidae de Pelotas e seus Arredores. Contribuição ao Conhecimento da Fisiografia do Rio Grande do Sul*. Pelotas, Edição do Autor, 1948.
- COELHO, I.; SILVEIRA-NETO, A.; DIAS, J.; FORTI, L.; CHAGAS, E. & LARA, F. "Fenologia e Análise Faunística da Família Sphingidae (Lepidoptera), através de Levantamentos com Armadilha Luminosa em Piracicaba-SP". *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 8(2): 295-307, 1979.
- COLWELL, R. & CODDINGTON, J. "Estimating Terrestrial Biodiversity through Extrapolation". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 345(1311): 101-118, 1994.
- DARRAULT, R. O. & SCHLINDWEIN, C. "Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, Nordeste do Brasil: Abundância, Riqueza e Relação com Plantas Esfingófilas". *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(2): 429-443, 2002.

- _____. "Limited Fruit Production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and Pollination by Nocturnal and Diurnal Insects". *Biotropica*, 37(3): 381-388, 2005.
- _____. "Polinização". In: SILVA, J. F. & LEDO, A. S. (Eds.). *A Cultura da Mangaba*. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006, 43-56.
- DARWIN, C. *On the Various Contrivances by which British and Foreign Archids Are Fertilised by Insects, and on the Good Effects of Intercrossing*. London, John Murray, 1862.
- DUARTE, J. & SCHLINDWEIN, C. "The Highly Seasonal Hawkmoth Fauna (Lepidoptera: Sphingidae) of the Caatinga of Northeast Brazil: a Case Study in the State of Rio Grande do Norte". *Journal of the Lepidopterists' Society*, 59(4): 212-218, 2005a.
- _____. "Riqueza, Abundância e Sazonalidade de Sphingidae (Lepidoptera) num Fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil". *Revista Brasileira de Zoologia*, 22: 662-666, 2005b.
- _____. "Hawkmoth Fauna of a Northern Atlantic Rain Forest Remnant (Sphingidae)". *Journal of the Lepidopterists' Society*, 62(2): 71-79, 2008.
- EICKWORT, G. "Male Territorial Behaviour in the Mason Bee *Hoplitis anthocopoides* (Hymenoptera: Megachilidae)". *Animal Behaviour*, 25: 542-554, 1977.
- EWALD, P. & CARPENTER, F. "Territorial Responses to Energy Manipulations in the *Anna* Hummingbird". *Oecologia*, 31(3): 277-292, 1978.
- FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. *The Principles of Pollination Ecology*. 3. ed. Oxford, Pergamon Press, 1979.
- FERREIRA, P.; MARTINS, D. & HÜBNER, N. "Levantamento, Flutuação e Análise Entomofaunística em Mata Remanescente da Zona da Mata, Viçosa, Minas Gerais. I. Sphingidae: Lepidoptera". *Revista Ceres*, 33(190): 516-527, 1986.
- GHAZOUL, J. "The Pollination and Breeding System of *Dipterocarpus obtusifolius* (Dipterocarpaceae) in Dry Deciduous Forests of Thailand". *Journal of Natural History*, 31(6): 901-916, 1997.
- GUSMÃO, M. A. B. & CREÃO-DUARTE, A. J. "Diversidade e Análise Faunística de Sphingidae (Lepidoptera) em Área de Brejo e Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil". *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(3): 491-498, 2004.
- HABER, W. & FRANKIE, G. "A Tropical Hawkmoth Community: Costa Rican Dry Forest Sphingidae". *Biotropica*, 21(2): 155-172, 1989.
- HEINRICH, B. "Bee Flowers: a Hypothesis on Flower Variety and Blooming Times". *Evolution*, 29: 325-344, 1975.
- JANZEN, D. "Two Ways to Be a Tropical Big Moth: Santa Rosa Saturniids and Sphingids". In: DAWKINS, R. & RIDLEY, M. (Eds.). *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*. Oxford, Oxford University Press, 1984, pp. 85-140.
- KAWAHARA, A.; MIGNAULT, A.; REGIER, J.; KITCHING, I. & MITTER, C. "Phylogeny and Biogeography of Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae): Evidence from Five Nuclear Genes". *PLoS One*, 4(5): 1-11, 2009.
- KITCHING, I. & CADIOU, J. *Hawkmoths of the World: an Annotated and Illustrated Revisionary Checklist (Lepidoptera: Sphingidae)*. London, Cornell University Press, 2000.
- KITCHING, I.; LEDEZMA, J. & BAIXERAS, J. "The Sphingidae of Bolivia (Insecta: Lepidoptera)". *Gayana*, 65: 79-111, 2001.
- KNUTH, P. *Handbuch der Blütenbiologie*. Leipzig, Verlag Wilhelm Engelmann, 1898.

- LAROCA, S.; BECKER, V. & ZANELLA, F. C. V. “Diversidade, Abundância Relativa e Fenologia em Sphingidae (Lepidoptera) na Serra do Mar (Quatro Barras, PR) Sul do Brasil”. *Acta Biologica Paranaense*, 18: 13-53, 1989.
- LAROCA, S. & MIELKE, O. H. H. “Ensaio sobre a Ecologia de Comunidade em Sphingidae na Serra do Mar, Paraná, Brasil (Lepidoptera)”. *Revista Brasileira de Biologia*, 35(1): 1-18, 1975.
- MARINONI, R.; DUTRA, R. & MIELKE, O. “Levantamento da Fauna Entomológica no Estado do Paraná. IV. Sphingidae (Lepidoptera): diversidade alfa e estrutura de comunidade. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16: 223-240, 1999.
- MARUYAMA, P. K.; AMORIM, F. W. & OLIVEIRA, P. E. “Night and Day Service: Distyly and Mixed Pollination System in *Faramea cyanea* (Rubiaceae)”. *Flora*, 205: 818-824, 2010.
- MORÉ, M.; SERSIC, A. & COCCUCI, A. A. *Esfingidos del Argentina*. Córdoba, Lola, 2005.
- MOTTA, C. S. “Mariposas Esfingídeas (Lepidoptera, Sphingidae) da Amazônia Brasileira e o Meio Ambiente”. In: FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G. M.; LEÃO, E. L. M. & OLIVEIRA, L. A. (Eds.). *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia – Fatos e Perspectivas*. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1993.
- MOTTA, C. S.; AGUILERA-PERALTA, F. J. & ANDREAZZE, R. “Aspectos da Esfingofauna (Lepidoptera, Sphingiadae), em Área de Terra-firme, no Estado do Amazonas, Brasil”. *Acta Amazonica*, 28: 75-92, 1998.
- MOTTA, C. S.; FERREIRA, R. L. M. & AGUIAR, N. O. “Sobre a Esfingofauna da Ilha de Maracá e da Serra de Pacaraima, Roraima (Lepidoptera, Sphingidae)”. *Acta Amazonica*, 21: 319-324, 1991.
- MOTTA, C. & XAVIER-FILHO, F. “Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) do Município de Beruri, Amazonas, Brasil”. *Acta Amazonica*, 35: 457-462, 2005.
- MÜLLER, H. *Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die Gegenseitigen Anpassungen beider*. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1873.
- RAGUSO, R. A. & WILLIS, M. A. “Synergy between Visual and Olfactory Cues in Nectar Feeding by Naive Hawkmoths, *Manduca sexta*”. *Animal Behaviour*, 64: 685-695, 2002.
- TAVARES, R. “Contribuição para o Estudo da Cobertura Vegetal dos Tabuleiros do Nordeste”. *Boletim de Recursos Naturais da Sudene*, 2: 13-25, 1964.
- VOGEL, S. *Blütenbiologische Typen als Elemente der Sipplgliederung*. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1954.
- ZIKÁN, J. & ZIKÁN, W. “A Inseto-fauna do Itatiaia e da Mantiqueira”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 3: 45-109, 1968.



7. Besouros (Insecta, Coleoptera) como Polinizadores no Brasil – Perspectivas no Uso Sustentado e Conservação na Polinização

Artur Campos Dália Maia, Airton Torres Carvalho,
Hipólito Ferreira Paulino-Neto, Clemens Schindwein

A POLINIZAÇÃO POR BESOUROS

Os coleópteros constituem-se no mais diverso de todos os grupos atuais de organismos e, atualmente, incluem cerca de 350 mil espécies catalogadas, distribuídas em 175 famílias (Beutel e Leschen, 2005). Estima-se que este número seja, na verdade, pelo menos cinco vezes maior (Lawrence *et al.*, 1999).

Um exoesqueleto bastante resistente e impermeável, aliado à capacidade de explorar uma enorme variedade de recursos alimentares, permite aos besouros ocupar virtualmente qualquer hábitat (Lawrence *et al.*, 1999). Entre as várias guildas tróficas descritas para a ordem por Marinoni *et al.* (2001), os herbívoros destacam-se em abundância e número de espécies (cerca de 50% de todos os Coleoptera; Lawrence *et al.*, 1999; Tabela 7.1).

As associações especializadas entre besouros e plantas são particularmente notadas entre as guildas fitófagas, as mais diversas da ordem. Espécies brocadoras, minadoras, rizófagas, filófagas, são importantes pragas de plantas cultivadas e áreas de reflorestamento e causam enormes prejuízos em todo o mundo. Planos de manejo de pragas envolvem milhares de dólares todos os anos (Hill, 1996).

Apesar de figurarem entre os mais antigos grupos animais relacionados às angiospermas, os besouros antófilos polinizadores em geral são enxergados como visitantes florais pouco especializados. Em sua atividade nas flores e inflorescências de plantas hospedeiras, alimentam-se de pólen, néctar, exudatos e quaisquer outros tecidos nutritivos disponíveis (Proctor *et al.*, 1996; Richards, 1997; Tabela 7.2). Por possuírem arcabouço bucal mastigador, os besouros são bastante destrutivos como visitantes florais. Por esse motivo, flores e inflorescências cantarófilas, especializadas à polinização por coleópteros são geralmente robustas e apresentam quantidades grandes de tecidos alimentares nutritivos e pólen (Endress, 1996). O termo “cantarofilia” tem sua origem em besouros antófilos da família Cantharidae, na verdade pouco especializados e raramente polinizadores. Segundo Bernhardt (2000), as angiospermas polinizadas por besouros em todo o mundo pertencem a 34 famílias (Tabela 7.3).

Proctor *et al.* (1996) destacam a importância da cantarofilia em sistemas envolvendo besouros e plantas nos trópicos, em contraste com sua relativa insignificância em climas temperados. A maioria das espécies vegetais de habitats tropicais depende da interação com animais para o sucesso da polinização. Grandes besouros dinastíneos (Scarabaeidae, Dynastinae) dos gêneros *Cyclocephala* e *Erioscelis*, além de pequenos besouros de inúmeras espécies das famílias Chrysomelidae, Curculionidae, Nitidulidae e Staphylinidae, são visitantes comuns de flores e inflorescências de palmeiras, anonáceas e aráceas, entre outras famílias de angiospermas em ecossistemas tropicais e subtropicais (Endress, 1996). Adaptações frequentes para a cantarofilia envolvem a forte emissão de odores adocicados ou de material em decomposição, além de oferta de abrigo no interior de câmaras florais (Barth, 1991; Endress, 1996). A termogênese floral, fenômeno comum para essas plantas, facilita a volatilização de substâncias químicas atrativas. Além disso, consiste em um importante recurso de economia de energia para certas espécies de coleópteros que utilizam as câmaras florais como local de acasalamento (Seymour *et al.*, 2003). Os trabalhos realizados sobre a biologia de polinização de plantas cantarófilas no Brasil são bastante escassos, somando em torno de vinte a trinta estudos detalhados¹.

Segundo Schatz (1990), estima-se que aproximadamente novecentas espécies de angiospermas sejam exclusiva ou essencialmente polinizadas por besouros dinastíneos. Considerando que besouros das famílias Nitidulidae e Curculionidae são os principais visitantes florais entre as Arecaceae, diversas Annonaceae neotropicais e os únicos polinizadores entre as Cyclanthaceae, estimamos que o número de angiospermas potencialmente polinizadas por besouros exceda 2 mil espécies. O número de coleópteros envolvidos em serviços especializados de polinização não deve ser inferior a oitocentas espécies (Lawrence *et al.*, 1999) (Tabela 7.4).

No Brasil, figuram entre as principais famílias de angiospermas cantarófilas as Annonaceae, Araceae, Arecaceae, Cyclanthaceae, Magnoliaceae e Nymphaeaceae (Gottsberger, 1990). Espécies arbóreas e arbustivas dessas famílias são elementos constantes em inúmeros ecossistemas naturais em todo o país e desempenham papel fundamental em sua dinâmica trófica. Entre as Araceae, o megadiverso gênero *Philodendron* (> 700 spp.) apresenta relação estreita com os igualmente diversos besouros dinastíneos dos gêneros *Cyclocephala* e *Erioscelis* (Schatz, 1990; Croat, 1997). Seus frutos são especialmente cobiçados por mamíferos arborícolas e aves (Mayo *et al.*, 1997). Inúmeras espécies de palmeiras (Arecaceae) e frutíferas dos gêneros *Annona* e *Rollinia* (Annonaceae), nativas e introduzidas, destacam-se em sua evidente importância como plantas cultivadas ou exploradas de forma extrativista (Westerkamp e Gottsberger, 2000).

1. Portal Periódicos Capes, out. 2010

BESOUROS E ARÁCEAS

A família Araceae compreende cerca de 105 gêneros e 3 mil espécies de plantas de hábito predominantemente geofítico ou hemiepifítico, distribuídas em todas as principais zonas biogeográficas do planeta à exceção dos polos (Mayo *et al.*, 1997). Atribui-se a praticamente todas as espécies da família uma relação estrita com insetos polinizadores, especialmente besouros e moscas. Embora o conhecimento da biologia da polinização entre as Araceae seja muito deficiente (Gibernau, 2003), plantas cantarófilas devem somar cerca de mil a 2 mil espécies principalmente nas regiões tropicais (Schatz, 1990). Filodendros (*Philodendron* spp.), caládios (*Caladium* spp.) e a comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia* spp.) são algumas das muitas aráceas cultivadas ornamentalmente (Mayo *et al.*, 1997; Fig. 7.1). A taioba ou mangarito (*Xanthosoma* spp.) é comestível e suas folhas são consumidas tradicionalmente nos estados da Bahia, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Os rizomas dessa planta também são comestíveis e seu consumo é expressivo na África e na Ásia (Rubatzky e Yamaguchi, 1996). Besouros dinastíneos da tribo Cyclocephalini figuram como importantes polinizadores, junto a algumas espécies de pequenos besouros da família Nitidulidae (Gibernau, 2003; Fig. 7.1).

BESOUROS E PALMEIRAS

Arecaceae (Palmae) é uma família com distribuição pantropical com cerca de duzentos gêneros e 2 mil espécies popularmente conhecidas como palmeiras (Uhl e Dransfield, 1987). No Brasil, ocorrem cerca de duzentas espécies em quarenta gêneros (Souza e Lorenzi, 2005). Fonte de frutos e meristemas comestíveis, óleos e fibras, entre outros produtos, essa família figura entre as mais importantes economicamente, principalmente nos trópicos. O coqueiro (*Cocos nucifera*), o dendzeiro (*Elaeis guineensis*) e a tamareira (*Phoenix dactylifera*) estão entre as espécies cultivadas de maior importância na agroindústria, e há grande número de espécies utilizadas como plantas ornamentais (Howard *et al.*, 2001). No Brasil, a maior riqueza encontra-se na Amazônia, com cerca de 35 gêneros e 150 espécies (Henderson *et al.*, 1997), quase todas utilizadas pelo homem (Balick e Beck, 1990). Além da importância econômica e ecológica, destaca-se a cultural e social. Palmeiras são muito utilizadas por comunidades tradicionais e indígenas da América do Sul (e.g. Anderson, 1977). No Brasil, há tamanha diversidade e abundância de palmeiras que se justifica a utilização do vernáculo “Pindorama” (terra das palmeiras), designação que povos pré-colombianos deram às terras que hoje constituem grande parte do Brasil (Lorenzi *et al.*, 2004). A maioria dos produtos das palmeiras nativas ainda é explorada de forma tradicional ou artesanal em áreas naturais ou seminaturais.

Existe uma crescente demanda por óleos vegetais utilizados não só para indústria de cosméticos e de alimentos, mas também para produção de biocombustíveis, com um potencial enorme de expansão. Como os óleos são extraídos dos frutos e sementes, todo o ciclo produtivo depende de serviços de polinização. Contudo, há somente poucas informações sobre a polinização de espécies de palmeiras no Brasil. Como a maioria delas possui flores unissexuais, e como dioicia temporal é comum à família, o serviço de polinização é essencial para a formação de frutos (Silberbauer-Gottsberger, 1990; KÜchmeister *et al.*, 1998). Ocorrem palmeiras anemófilas, melitófilas e miófilas (Henderson, 1986), mas antese noturna, forte emissão de odores florais e termogênese das inflorescências de grande parte de Arecaceae indicam polinização por besouros na maioria das espécies (KÜchmeister *et al.*, 1998). Grande parte dessas palmeiras cantarófilas deve ser polinizada por besouros das famílias Nitidulidae, Curculionidae e Scarabaeidae (Henderson, 1986; Silberbauer-Gottsberger, 1990; Howard *et al.*, 2001). Os serviços ambientais promovidos por esses besouros são de difícil valoração. Grande parte da informação gerada em estudos de polinização no Brasil contempla primariamente aspectos botânicos, dando pouca atenção aos animais.

As inflorescências grandes das palmeiras demandam também grande quantidade de animais para que não haja *déficit* de polinização. Em *Attalea microcarpa* foram estimados cerca de 60 mil coleópteros por inflorescência por noite (KÜchmeister *et al.*, 1998). Números parecidos também foram citados por outros autores (e.g. Scariot *et al.*, 1991; Storti, 1993; Moura *et al.*, 2008). Como larvas e adultos de besouros têm demandas ambientais diferenciadas é necessário obter informações básicas da história natural destas espécies e conhecer os ciclos de vida, para entender sua manutenção e propor medidas de manejo.

Estudos de polinização de palmeiras foram revisados em Henderson (1986) e Howard *et al.* (2001), que também fornecem informações sobre espécies cantarófilas ocorrentes no Brasil. KÜchmeister *et al.* (1998) apresentam dados detalhados de morfologia floral, termogênese e listas de visitantes florais de onze espécies de palmeiras nos arredores de Manaus (AM). Os autores indicam besouros de Curculionidae, Nitidulidae e Scarabaeidae como os principais polinizadores, além de ocasionais espécies de Chrysomelidae e Staphylinidae.

ESTUDOS COM PALMEIRAS DE INTERESSE ECONÔMICO

O babaçu (*Attalea phalerata* – syn. *Orbignya phalerata*), uma espécie de grande interesse econômico e social, foi estudado no Maranhão. As vistosas e odoríferas inflorescências foram visitadas por insetos de onze ordens, mas besouros de *Mystrops mexicana* (Reitter) (Nitidulidae) foram determinados como polinizadores mais importantes (Anderson *et al.*, 1988). Milhares de besouros dessa espécie

foram registrados nas inflorescências comendo pólen, copulando e depositando seus ovos nas flores estaminadas. Os autores discutem que o ciclo de vida da espécie é estreitamente relacionado a esta palmeira. Adultos emergiram entre doze e catorze dias após a postura. Mesmo que algumas flores possam ser polinizadas pelo vento, a maior produção de frutos foi observada nas inflorescências expostas aos visitantes florais.

Attalea funifera Mart, a piaçava, uma espécie endêmica da Floresta Atlântica, é uma das palmeiras economicamente mais importantes na Bahia, gerando mais de 20 milhões de dólares em 1996 (Voeks, 1996). Suas fibras são utilizadas principalmente na confecção artesanal de vassouras. As plantas crescem principalmente em áreas manejadas, naturais ou seminaturais. Bondar (1940, 1941 *apud* Voeks, 2002) mencionou como possíveis polinizadores *Celestes bipunctata* e *Phyllostrox tatianae* (Curculionidae, Derelomini). Mais recentemente, Voeks (2002) cita visitas por abelhas, vespas e besouros de várias espécies em Ilhéus, Bahia, destacando *Mystrops* sp. (Nitidulidae, Mystropini), *Phyllostrox tatianae* e *Celestes bipunctata* como polinizadores mais frequentes. De acordo com Silberbauer-Gottsberger (1990), espécies de *Attalea* apresentam relações especializadas com besouros de *Mystrops*, *Phyllostrox* e *Phytotribus* (Curculionidae, Derelomini). Inflorescências de *A. attaleoides* e *A. microcarpa* foram visitadas por besouros da família Staphylinidae, Nitidulidade (*Mystrops*), Scarabaeidae (*Cyclocephala*), Chrysomelidae e várias espécies de Curculionidae em Manaus (Küchmeister *et al.*, 1998). Uma espécie importante para a produção de piaçava é *Leopoldinia piassava* Wallace, explorada na bacia do rio Solimões (Lescure *et al.*, 1992), que apresenta inflorescências odoríferas (Henderson, 1986). Não há informação sobre seus polinizadores.

O dendezeiro ou dendê, *Elaeis guineensis* Jacq, é uma das espécies de Areaceae com maior importância econômica. Estudos de polinização foram iniciados na década de 1980 (Henderson, 1986, e obras citadas). Nativo do oeste do continente africano, o dendê foi introduzido em várias partes tropicais do mundo. Populações africanas nativas são polinizadas por besouros de várias espécies de *Elaeidobius* (Curculionidae, Derelomini). Introduzido no Brasil ainda durante o período colonial (Genty *et al.*, 1986), o dendezeiro apresenta enorme importância econômica para produção de óleo. A alta produtividade de óleo é diretamente proporcional à taxa de frutos fecundados. Espécies nativas de Nitidulidae, especialmente *Mystrops costaricensis* Gillogly, além das espécies introduzidas, *Elaeidobius subvittatus* e *E. kamerunicus* são os principais polinizadores do dendezeiro no Brasil. Besouros da espécie *E. kamerunicus* são polinizadores muito efetivos, tendo inclusive aumentado a fecundação das flores no sul da Bahia (Moura *et al.*, 2008). Estudos sobre manejo desse polinizador e seus impactos sobre a população de besouros polinizadores nativos ainda não foram realizados no Brasil. Hardon (1969 *apud* Henderson, 1986) reportou para *E. oleifera* vários insetos visitando as inflorescências, especialmente *Cyclocephala* e *Cryptoraea* (Nitidulidae), além de abelhas do gênero *Trigona*. Será

necessário determinar os ciclos de vida desses animais bem como testar um possível aumento de produtividade das palmeiras com o aumento populacional dos besouros.

Astrocaryum é um gênero importante no paisagismo e na produção de frutos e óleos comestíveis. Estudos indicam que as espécies do gênero são polinizadas por besouros (Howard *et al.*, 2001). O tucumã, *Astrocaryum vulgare* Mart., é comum na Amazônia Oriental, utilizado na extração de fibras de alta resistência, frutos ricos em vitamina A e gorduras. A espécie tem potencial para substituir o dendê e o babaçu na indústria de óleos (Villachica *et al.*, 1996). *Terires minusculus* (Curculionidae, Derelomini) e *Mystrops* spp. foram destacados como polinizadores efetivos dessa espécie (Oliveira *et al.*, 2003). *Astrocaryum acaule* Mart. é polinizada por *Mystrops* sp. (Nitidulidae), *Chlorota haemorrhoidalis* (Scarabaeidae) e *Phytotribus* sp. (Curculionidae); *Astrocaryum gynacanthum* Mart. por besouros Staphylinidae, *Chlorota haemorrhoidalis* (Scarabaeidae) e espécies de Curculionidae em Manaus (Küchmeister *et al.*, 1998).

Flores de espécies do gênero *Bactris* são polinizadas quase exclusivamente por besouros Curculionidae e Nitidulidae (Henderson, 1986). O principal polinizador da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) na Colômbia é *Derelomus palmarum* (Curculionidae, Derelomini) (Mora-Urpí e Solís-Fallas, 1980); em cultivo na Amazônia Peruana, *Phyllotrox* spp. (Curculionidae) e *Epuraea* (Nitidulidae) (Listabarth, 1996); e na Costa Rica, *Cyclocephala amazona* (Henderson, 1986). A importância de determinado grupo de besouros como polinizadores de *Bactris* parece depender da localidade e da época do ano (Silberbauer-Gottsberger, 1990). Espécies de *Bactris* estudadas no Brasil foram *B. hirta*, *B. simplicifrons* e *B. maraja*, todas polinizadas principalmente por Nitidulidae, Scarabaeidae e Curculionidae (Küchmeister *et al.*, 1998).

O buriti, *Mauritia flexuosa* L., é uma espécie de grande importância nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, principalmente pelo fruto rico em vitamina A utilizado para sucos e doces. A espécie é dioica, xenogâmica, e em Manaus as flores foram polinizadas por abelhas e besouros, sendo espécies de Nitidulidae, Curculionidae (*Celestes* e *Phytotribus*) e Cucujidae (Storti, 1983) os polinizadores mais importantes.

A macaúba, *Acrocomia aculeata* (Jacquin) Loddiges ex Martius (sinônimo de *A. entumescens*, Lorenzi, 1996) é uma espécie em processo de domesticação. As flores foram polinizadas por *Andranthobius* sp. (Derelomini, Curculionidae), *Mystrops* cf. *mexicana* e *Cyclocephala forsteri* no cerrado do Distrito Federal (Scariot *et al.*, 1991). A espécie é autocompatível e a polinização pelo vento e por insetos garante sucesso na colonização de novas áreas. A macaúba, como denominada no Nordeste, é muito usada na arborização em Recife.

Os frutos das palmeiras do gênero *Oneocarpus* são consumidos no Norte do Brasil em forma de suco, polpa e vinho. Algumas espécies têm potencial para extração de óleo. Três espécies na região de Manaus, *O. bacaba* Mart., *O. bataua* Mart. e *O. minor* Mart., são monoicas com inflorescências bissexuais, termogê-

nicas, androdioicas (Küchmeister *et al.*, 1998). As inflorescências foram visitadas por insetos de vários grupos, principalmente por besouros das famílias Nitidulidade, Scarabaeidae, Staphylinidae e Curculionidae, abelhas e formigas, sendo os besouros os principais polinizadores.

As flores do gênero *Euterpe*, incluindo *E. oleracea* (açai-de-touceira), *E. precatori*, (açai solteiro) e *E. edulis* (palmito juçara) são principalmente polinizadas por abelhas; besouros possuem menor importância como polinizadores (Howard *et al.*, 2001). *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr., estudada em Uberlândia, Minas Gerais, é miófila e polinizada secundariamente por besouros de *Dactylocrepis* sp. (Curculionidae) e *Mystrops* sp. (Nitidulidade) (Ostrorog e Barbosa, 2009).

Para o gênero *Syagrus*, que inclui espécies de grande importância econômica e ecológica no Centro-oeste e Nordeste do Brasil, não existem estudos de polinização. As flores de *Syagrus inajai* foram visitadas por escarabeídeos da espécie *Cyclocephala guianae-endrodi* (Küchmeister *et al.*, 1998).

BESOUROS E ANONÁCEAS

Annonaceae é uma família predominantemente pantropical com cerca de 130 gêneros e 2 200 espécies. No Brasil, ocorrem 33 gêneros e 250 espécies (Souza e Lorenzi, 2005). Cinco gêneros são reportados com importância econômica: *Annona* (Fig. 7.2c) (ata, cherimoia, graviola, marolo e pinha) (Fig. 7.2a), *Duguetia* (pindaíva e pindaúva), *Guatteria* (pindaíba), *Rollinia* (araticum-do-mato, fruta-do-conde e biribá) e *Xylopia* (pimenta vermelha ou pimenta-de-macaco) (Lorenzi, 1998; Sobrinho, 2010).

A maioria dos representantes da família Annonaceae é polinizada por coleópteros, sendo os do gênero *Cyclocephala* (Scarabaeidae, Dynastinae) altamente especializados (Silberbauer-Gottsberger *et al.*, 2003) (Fig. 7.2). Besouros polinizadores alimentam-se de pólen e tecidos nutritivos das pétalas e usam as flores como abrigo e local de cópula (Gottsberger, 1989; Paulino-Neto e Oliveira, 2006). São atraídos às flores pela volatilização de odores produzidos durante a termogênese floral (Küchmeister *et al.*, 1998; Silberbauer-Gottsberger *et al.*, 2003). Polinização por outros grupos de insetos também é conhecida para a família: tisanópteros (e.g. Gottsberger, 1994), moscas (e.g. Gottsberger, 1989; Norman *et al.*, 1992), abelhas Euglossini (Carvalho e Webber, 2000; Teichert *et al.*, 2009) e baratas (Nagamitsu e Inoue, 1997).

As espécies de Annonaceae adaptaram-se a dois tipos de polinizadores: as com flores pequenas e delicadas são polinizadas por pequenos besouros das famílias Nitidulidae, Curculionidae, Chrysomelidae e Staphylinidae, enquanto as espécies com flores grandes e robustas são polinizadas por grandes besouros Scarabaeidae da subfamília Dynastinae (Silberbauer-Gottsberger *et al.*, 2003) (Fig. 7.2). As espé-

cies com marcada importância econômica no Brasil apresentam morfologias que se enquadram para dois tipos de polinizadores. A pinha, a pindaíva, a pimentade-macaco são polinizadas por pequenos besouros, enquanto a graviola e o marolo são polinizados, predominantemente, por grandes.

As anonáceas apresentam importância econômica em vários países, entre os quais se destacam Chile, México, Venezuela, Austrália e o Brasil (Sobrinho, 2010). No Brasil, o Censo Agropecuário do IBGE de 1996 demonstrava que a região Nordeste sozinha correspondia a 85% da produção nacional, estimando que aproximadamente 10 mil hectares estavam sendo cultivados com anonáceas. Nos últimos anos, a produção de atemoia (híbrido de *A. squamosa* e *A. cherimola*), bem como de outras anonáceas, tem crescido significativamente, atingindo nos estados de Minas Gerais e São Paulo aumento em área plantada de até dez vezes nos últimos cinco anos (Sobrinho, 2010). Recentemente, o cultivo de anonáceas espalhou-se pela região Nordeste e, atualmente, a Bahia é o principal estado produtor, seguido de Pernambuco e Alagoas. Já se pratica com frequência o plantio irrigado em todos os estados citados acima e também em Minas Gerais (principalmente região norte) e São Paulo (Sobrinho, 2010).

ESTUDOS COM ANONÁCEAS DE INTERESSE ECONÔMICO

A gravioleira, *Annona muricata* L., é uma árvore de pequeno porte de origem provável na América Central e norte da América do Sul (Pinto e Genú, 1984; Pinto e Ramos, 1997a; Sobrinho, 2010), hoje cultivada principalmente em regiões de clima tropical quente e seco (Morton, 1966). Seu fruto, o maior entre as espécies comerciais de *Annona* (> 8kg), destina-se em grande parte às agroindústrias produtoras de polpa, suco, néctar e sorvetes (São José, 1997; Sobrinho, 2010), sendo os estados da Bahia e de São Paulo seus maiores produtores. Estima-se que, em todo o Brasil, 2 500 ha sejam destinados ao plantio da graviola (Sobrinho, 2010). Quando fresco, apresenta altos valores no mercado interno e externo como fruta de mesa (Seaton, 1988; Pinto e Silva, 1994). A polpa processada e congelada também é comercializada com valores altos (Sobrinho, 2010). As flores de *A. muricata* são autocompatíveis, mas por apresentarem protoginia dependem de serviços especializados de polinização (Webber, 1981; Cavalcante, 2000).

A cultura da gravioleira apresenta grande potencial econômico no Brasil (Pinto e Silva, 1994; Sobrinho, 2010). A expansão da cultura no país é limitada principalmente pelas dificuldades técnicas envolvidas na produtividade das plantas, que frequentemente apresentam baixo índice de frutificação e frutos mal-formados (Pinto e Ramos, 1997b; Pinto *et al.*, 2001). Em adição, vários desafios precisam ser vencidos para que não apenas a graviola, como também outras anonáceas tenham seu potencial econômico devidamente explorados no Brasil. Dentre esses

desafios destacam-se a adaptação das diversas espécies e variedades aos diversos tipos de clima, a adoção de tecnologias de produção, o planejamento das práticas culturais, o aprimoramento das tecnologias pós-colheita e a adoção de estratégias mercadológicas eficientes (Sobrinho, 2010). Vários estudos recomendam técnicas artificiais de polinização, uma prática onerosa que pode ser contornada em pomares onde o polinizador natural está presente (Figuerola, 1981; Escobar, 1985; Lemos *et al.*, 1999; Cavalcante, 2000). Os polinizadores da cultura da gravioleira no Brasil e em países das Américas do Sul e Central são: *Cyclocephala vestita* em Pernambuco e Bahia (Cavalcante, 2000; Maia *et al.*, no prelo); *Cyclocephala* sp. no Ceará (Soares *et al.*, 2009); *C. hirsuta* em Minas Gerais (Cavalcante, 2000); *C. picipes*, *Cyclocephala* sp. e Chysomelidae spp. em Manaus (Webber, 1981); *C. signata* na Colômbia (Escobar, 1985); e *C. amazona*, *C. brittoni* e *C. stictica* na Costa Rica (Villalta, 1988).

Aparentemente, a eficácia na polinização da gravioleira é altamente correlacionada com a localidade e abundância de polinizadores. Em Pernambuco, Maia *et al.* (no prelo) observaram que pomares próximos às matas apresentaram mais besouros dentro das flores pela manhã que aqueles monoculturais e afastados. Observação similar foi documentada por Cavalcante (2000) em Una (BA). Em pomar próximo a um fragmento de Floresta Atlântica e em sistema de consórcio com outras fruteiras, o autor mediu 95,2% de frutificação, enquanto em Minas Gerais, somente 11,7%, em áreas próximas a pastagem ou plantação de *Eucalyptus*. A preservação de áreas naturais próximas aos pomares auxilia na manutenção de populações dos polinizadores, o que resulta em aumento de produtividade.

A pinheira, *Annona squamosa* L., é provavelmente oriunda das Antilhas (Braga, 1960). Atualmente, é encontrada em quase todos os continentes (Cavalcante, 2000). A cultura da pinha espalha-se desde o Norte do país até São Paulo e consiste em 57% de todo o comércio de anonáceas no Brasil (Cavalcante, 2000). No país, são cultivados 6625 ha, com a região Nordeste respondendo por mais de 90% da produção nacional. O principal produtor é o estado da Bahia, seguido de Pernambuco e Alagoas (Cavalcante, 2000; IBGE, 2001). A polinização afeta diretamente a produção da pinha: em cultivos comerciais, estima-se que somente 3% a 5% das flores desenvolvam frutos, muitos deles mal-formados (Franklin *et al.*, 1995; Lederman e Bezerra, 1997; Araujo *et al.*, 1999; Nietzsche, 2009). Como no cultivo comercial da graviola, vários autores indicam a polinização manual para o aumento da produtividade (George *et al.*, 1989; Welgemoed e Du Preez, 1992; Cogez e Lyannaz, 1996; Duarte e Escobar, 1997). Ganhos chegam à ordem de até dez vezes o número de frutos formados e quatro vezes o número de frutos perfeitos (Campos *et al.*, 2004). Entretanto, essa é uma técnica demorada e onerosa, que exige mão de obra especializada e encarece o valor do produto.

As frutas são geralmente consumidas *in natura*, ou na forma de sucos, doces, sorvetes e bebidas fermentadas (Leal, 1990). As flores de *A. squamosa* apresentam

protoginia e dependem da presença de polinizadores especializados para formarem frutos naturalmente (Araujo *et al.*, 1999). Seus polinizadores naturais são besouros pequenos da família Nitidulidae (Westerkamp e Gottsberger, 2000), entretanto para o Brasil somente pouco se conhece sobre a diversidade desses insetos. Em Pernambuco, Kiill e Costa (2003) identificaram *Carpophilus hemipterus* e *Haptoncus ochraceus* (Nitidulidae). Na Flórida, Nadel e Peña (1994) identificaram *Carpophilus fumatus*, *C. hemipterus*, *C. humeralis*, *C. marginellus*, *C. mutilatus*, *Colopterus posticus*, *C. truncatus* e *Haptoncus lutelus* nas flores de pinha, mas *C. mutilatus* é destacado como o polinizador mais eficiente. Na Austrália *C. hemipterus* foi considerado o polinizador mais importante (George *et al.*, 1989). Curiosamente, *C. hemipterus* foi considerado polinizador efetivo em locais distantes no mundo e seu estudo no Brasil deve ser aprofundado.

A cherimoia (*Annona cherimoia* Mill.) é nativa da Cordilheira dos Andes (Bolívia, Colômbia, Equador e Peru) e espalhou-se por inúmeros países de clima tropical e subtropical, sendo encontrada no sul da Europa, na Índia, em Israel, nas Filipinas, no Egito, no sul dos Estados Unidos e no Brasil, sendo mais adaptado a climas temperados (Sobrinho, 2010). Adicionalmente, outra fruta que vem ganhando mercado e tornando-se muito popular é a atemoia, um híbrido de *A. cherimoia* e *A. squamosa* (Tokunaga, 2000). A fruta é muito saborosa e com grande potencialidade econômica (incluindo pequenos produtores), e sua demanda tem crescido muito nos últimos anos, já correspondendo a uma fatia de 37% do mercado no Brasil (Sobrinho, 2010). Apesar de não haver programas específicos para pesquisa e desenvolvimento da cultura da atemoia, a produção brasileira de frutas de excelente qualidade e estratégias mercadológicas para sua comercialização levam a crer que haverá um crescimento da produção a curto prazo (Sobrinho, 2010). Dentre os principais problemas encontrados para sua produção destacam-se a necessidade de se realizar polinização manual, visto que essa prática pode produzir até quarenta vezes mais frutos que a resultante de polinização natural, com o dobro de frutos considerados perfeitos para comercialização (Melo *et al.*, 2002). Não há estimativas oficiais sobre o plantio de cherimoia e atemoia para o Brasil, mas estima-se que não excedam 1 200 ha plantados. No que se refere à cherimoia, a produção comercial brasileira ainda é insignificante (Nogueira *et al.*, 2005) e carece de investimentos básicos para o conhecimento da ecologia da planta no país. A cherimoia é a anonácea mais consumida no mundo e apresenta enorme potencial de exploração comercial (Nogueira *et al.*, 2005). Besouros Nitidulidae são os principais polinizadores das culturas de atemoia e cherimoia. Em Israel, Gazit *et al.* (1982) identificaram as espécies *Carpophilus hemipterus*, *C. mutilatus*, *Uroporus humeralis* e *Haptoncus luteolus*. Nos EUA e na Austrália foram identificados *Carpophilus freemani*, *C. marginellus*, *C. fumatus*, *C. maculatus*, *C. oilosellus*, *C. dimidiatus*, *C. truncatus*, *Lobiopa insularis* e *Colopterus posticus* (George *et al.*, 1989; Nagel *et al.*, 1989; Nadel e Peña, 1994). No Brasil não há registros sólidos

de visitantes florais documentados. *Carpophilus* sp. observados em flores foram considerados pouco eficientes na transferência do pólen (Bonaventure, 1999).

O marolo, também conhecido por araticum ou pinha-do-cerrado (*Annona crassiflora* Mart.), ocorre naturalmente nos estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Bahia, Tocantins, Maranhão, Pará e Piauí (Lorenzi, 1998; Ribeiro *et al.*, 2000). Seus frutos são muito apreciados pela população rural e comercializados informalmente em pequenos mercados e feiras-livres (Almeida *et al.*, 1987; Lorenzi, 1998; Soares *et al.*, 2009). A exemplo de outras frutíferas do gênero *Annona*, sua polpa pode ser consumida *in natura* ou na forma de sorvetes, sucos, doces, geleias, licores, recheios para bolo e como ingrediente de pratos típicos da região. As árvores apresentam potencial na arborização urbana (Lorenzi, 1998; Soares *et al.*, 2009). A produção do marolo é baseada em técnicas extrativistas (Soares *et al.*, 2009), mas seu cultivo em maior escala pode tornar-se altamente rentável caso haja planejamento e pesquisa de técnicas adequadas para produção em pomares em áreas de cobertura vegetal nativa (Cavalcante *et al.*, 2009). A planta é autocompatível, mas produz número maior de frutos quando recebe pólen de flores de outros indivíduos da mesma espécie (xenogamia), de forma que a fauna de polinizadores é de grande relevância para se obter uma boa produção de frutos (Paulino-Neto e Oliveira, 2006; Cavalcante *et al.*, 2009). Para a maioria dos estudos realizados, os principais polinizadores de *A. crassiflora* são besouros dinastíneos do gênero *Cyclocephala*, destacadamente das espécies *C. atricapilla*, *C. quatuordecimpunctata*, *C. latericia* e *C. octopunctata* (Gottsberger, 1986, 1989; Cavalcante *et al.*, 2009). Fato alarmante é que dados indicam que populações desses polinizadores estão sofrendo reduções drásticas e mesmo extinção local em diversas áreas no Brasil. Essa redução pode estar diretamente relacionada com a destruição de habitats naturais, avanço de monoculturas e principalmente aumento na utilização de inseticidas (Paulino-Neto, 2009). Ao mesmo tempo, observa-se que essa espécie naturalmente apresenta baixa produtividade (Braga-Filho *et al.*, 2009; Cavalcante *et al.*, 2009), produzindo em média quatro frutos por planta, dos quais três podem ser aproveitados comercialmente (Braga-Filho *et al.*, 2009).

RISCOS E PERSPECTIVAS

O desmatamento de áreas florestais adjacentes aos pomares ou a áreas de extrativismo é inadequado à manutenção de polinizadores com requerimentos ecológicos complexos tais como os besouros. O fenômeno, aliado ao uso de técnicas agrícolas convencionais, tem trazido sério risco às espécies antófilas.

Deve-se aumentar os estudos sobre história natural dos animais, contemplando pontos ainda não conhecidos, tais como a ecologia química e comportamental.

Recentemente, vêm sendo gerados protocolos de criação de coleópteros polinizadores em cativeiro (e.g. Dynastinae, Cyclocephalini) (Albuquerque, 2009; Rodrigues *et al.*, 2010; Maia *et al.*, dados não publicados). O custo para coleta e manutenção dos animais é mínimo e técnicas de aplicação dos protocolos existentes em larga escala são bastante plausíveis.

Tabela 7.1. Dietas e número de espécies e gêneros das principais famílias de Coleoptera (> 1000 spp.). Baseado em Lawrence (1982). Pr: predador; De: detritívoro; Aq: aquático; Fu: fungívoro; Fi: fitófago; Xi: xilófago.

TÁXON	# SPP.	HÁBITO
Adephaga		
Carabidae	30 000	Pr; De
Dytiscidae	3 000	Aq
Polyphaga		
Hydrophilidae	2 000	Aq
Histeroidea		
Histeridae	3 000	Pr
Liodidae	2 000	Fu
Scydmaenidae	2 000	De
Staphylinidae	30 000	Pr; De
Pselaphidae	5 000	Fu
Lucanidae	1 200	Fi
Scarabaeidae	25 000	Fi
Buprestidae	15 000	Xi
Elateridae	9 000	Fi
Eucnemidae	1 200	Xi
Lycidae	3 500	Pr
Lampyridae	2 000	Pr
Cantharidae	5 000	Pr
Anobiidae	2 150	Xi
Cleridae	4 000	Pr
Melyridae	5 000	Pr
Nitidulidae	3 000	De
Cucujidae	1 200	Pr
Erotylidae	2 500	Fu
Endomychidae	1 300	Fu
Coccinellidae	4 500	Pr; Fi
Colydiidae	1 300	Pr
Mordellidae	1 200	Fi; Xi
Oedimeridae	1 000	Xi
Anthicidae	3 000	Fi
Meloidae	3 000	Pr
Tenebrionidae	18 000	Fi
Cerambycidae	35 000	Xi
Bruchidae	1 500	Fi
Chrysomelidae	35 000	Fi
Anthribidae	2 600	Fu
Attelabidae	2 100	Fi
Apionidae	2 200	Fi
Brenthidae	2 300	Xi
Curculionidae	50 000	Fi; Xi
Total	320 750	

Tabela 7.2. Relação das famílias de Coleoptera com espécies reconhecidamente antófilas. Em destaque, famílias com maior número de espécies polinizadoras altamente especializadas. Adaptado de Bernhardt (2000).

TÁXON	
Anthicidae	Meloidae
Buprestidae	Mordellidae
Cerambycidae	Nitidulidae *
Chrysomelidae	Rhipiphoridae
Curculionidae *	Scarabaeidae *
Lycidae	Staphylinidae *

Tabela 7.3. Relação das famílias de angiospermas com espécies polinizadas por besouros. Em destaque, famílias com espécies envolvidas em síndromes cantarófilas altamente especializadas. Adaptado de Bernhardt (2000).

TÁXON	
Annonaceae *	Icacinaceae
Araceae *	Iridaceae
Arecaceae *	Lowiaceae
Bombacaceae	Magnoliaceae *
Calycanthaceae	Monimiaceae
Campanulaceae	Myristicaceae
Clusiaceae	Nymphaeaceae *
Convolvulaceae	Orchidaceae
Cornaceae	Papaveraceae
Cyclanthaceae *	Piperaceae
Degeneriaceae	Polemoniaceae
Dipterocarpaceae	Ranunculaceae
Oroseraceae	Sterculiaceae
Ebenaceae	Tiliaceae
Eupomatiaceae	Winteraceae
Hyacinthaceae	Zamiaceae
Hypoxidaceae	

Tabela 7.4. Principais grupos de besouros polinizadores relacionados à sua diversidade, distribuição geográfica e famílias de plantas associadas.

TÁXON	SPP.	DISTRIBUIÇÃO	PRINCIPAIS FAMÍLIAS DE PLANTAS ASSOCIADAS
Scarabaeidae	25 000		
Dynastinae			
Cyclocephalini	430		
<i>Cyclocephala</i>	> 350	Neotropical (BR)	Annonaceae, Araceae, Arecaceae, Cyclanthaceae, Magnoliaceae e Nymphaeaceae
<i>Erioscelis</i>	5	Neotropical (BR)	Araceae
<i>Mimeoma</i>	5	Neotropical (BR)	Araceae, Arecaceae
<i>Ruteloryctes</i>	2	Paleotropical	Nymphaeaceae
Rutelinae			
Rutelini			
<i>Parastasia</i>	> 100	Neártica, Indo-malásia	Araceae
Nitidulidae	3 000		
Carpophilinae			
<i>Carpophilus</i>	190	Cosmopolita (BR)	Arecaceae, Annonaceae
Cillaeinae			
<i>Colopterus</i>	??	?? (BR)	Annonaceae
<i>Macrostola</i>	??	Neotropical (BR)	Araceae
Nitidulinae			
Mystropini ca. 7 gêneros	??	América do Sul (BR)	Arecaceae
Curculionidae	50 000		
Curculioninae			
Derelomini ca. 40 gêneros	> 200	Tropical (BR)	Arecaceae, Cyclanthaceae

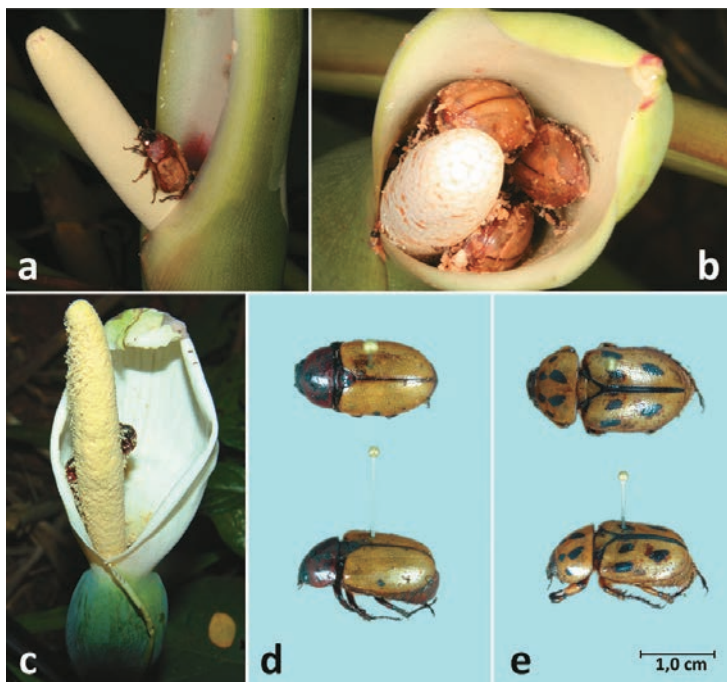


Fig. 7.1. Besouros e Araceae. a) Besouro polinizador (Scarabaeidae, Dynastinae) visitando inflorescência de *Philodendron acutatum* (Araceae) durante a fase feminina da antese; b) Besouros da espécie *Cyclocephala celata* (Scarabaeidae, Dynastinae) abrigados na câmara floral de inflorescência de *P. acutatum* durante a fase masculina da antese; c) Besouros polinizadores da espécie *C. celata* em inflorescência de *Caladium bicolor* (Araceae) durante a fase masculina da antese; d) *Cyclocephala celata*; e) *C. latericia*, polinizadores de aráceas no Estado de Pernambuco. Créditos: C. Schindwein e A. C. D. Maia.

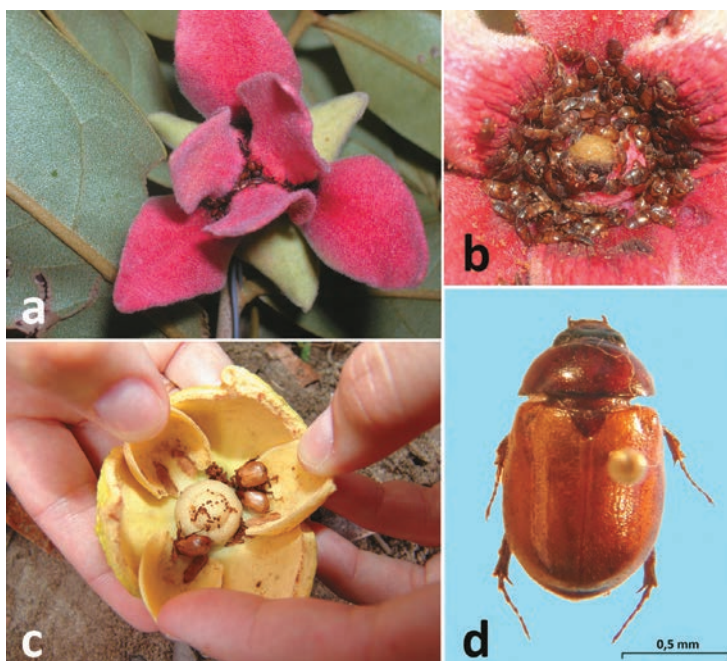


Fig. 7.2. Besouros e Annonaceae. a) Flor de *Duguetia furfuracea* (Annonaceae); b) Besouros polinizadores (Nitidulidae) abrigados no interior de câmara floral de *Duguetia furfuracea*; c) Besouros polinizadores (Scarabaeidae, Dynastinae) abrigados no interior de câmara floral de *Annona muricata*; d) *Cyclocephala vestita* (Scarabaeidae, Dynastinae), polinizador da gravioleira (*Annona muricata*) na Bahia e em Pernambuco. Créditos: H. F. Paulino-Neto e A. C. D. Maia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Reísla Oliveira, Carlos Eduardo Pinto da Silva, Rubem Samuel de Avila Jr. e Felipe W. Amorim pelas proveitosas discussões, a Vera Lucia Imperatriz-Fonseca pelo convite e ao CNPq e à Capes pela concessão das bolsas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L. S. C. *Desenvolvimento Biológico de Cyclocephala paraguayensis marginella Endrödi, 1966 (Scarabaeidae: Dynastinae: Cyclocephalini)*. 2009. Monografia (graduação) – Biologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2009.
- ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. & RIBEIRO, J. F. *Aproveitamento Alimentar de Espécies Nativas dos Cerrados: Araticum, Baru, Cagaita e Jatobá*. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1987.
- ANDERSON, A. “Os Nomes e Usos de Palmeiras entre uma Tribo de Índios Yanomana”. *Acta Amazonica*, 7(1): 5-13, 1977.
- ANDERSON, A. B.; OVERAL, W. L. & HENDERSON, A. “Pollination Ecology of a Forest-dominant Palm (*Orbignya phalerata* Mart.) in Northern Brazil”. *Biotropica*, 20(3): 192-205, 1988.
- ARAÚJO, J. F.; ARAÚJO, J. F. & ALVES, A. A. C. *Instruções Técnicas para o Cultivo da Pinha (Annona squamosa L.)*. Salvador, EBDA, 1999.
- BALICK, M. J. & BECK, H. T. *Useful Palms of the World: a Synoptic Bibliography*. Columbia, Columbia University Press, 1990.
- BARTH, F. G. *Insects and Flowers: the Biology of a Partnership*. New Jersey, Princeton University Press, 1991.
- BERNHARDT, P. “Convergent Evolution and Adaptive Radiation of Beetle-pollinated Angiosperms”. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1): 293-320, 2000.
- BEUTEL, R. G. & LESCHEN, R. A. B. “Coleoptera, Beetles. Volume 1: Morphology and Systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga partim)”. In: KRISTENSEN, N. P. & BEUTEL, R. G. (Eds.). *Handbuch der Zoologie*. Berlin, Walter de Gruyter, 2005.
- BONAVENTURE, L. *A Cultura da Cherimoia e de seu Híbrido a Atemoia*. São Paulo, Editorial Nobel, 1999.
- BRAGA, R. *Plantas do Nordeste, Especialmente do Ceará*. Fortaleza, Imprensa Oficial, 1960.
- BRAGA-FILHO, J. R.; NAVES, R. V.; VELOSO, V. R. S.; CHAVES, L. J.; NASCIMENTO, J. L. & AGUIAR, A. V. “Produção de Frutos e Caracterização de Ambientes de Ocorrência de Plantas Nativas de Araticum no Cerrado de Goiás”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31: 461-473, 2009.
- CAMPOS, R. S.; LEMOS, E. E. P.; OLIVEIRA, J. F.; FONSECA, F. K. P.; SANTIAGO, A. D. & BARROS, P. G. “Polinização Natural, Manual e Autopolinização no Pegamento de Frutos de Pinheira (*Annona squamosa* L.) em Alagoas”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26: 261-263, 2004.

- CARVALHO, R. & WEBBER, A. C. “Biologia Floral de *Unonopsis guatterioides* (ADC) RE Fr., uma Annonaceae Polinizada por Euglossini”. *Revista Brasileira de Botânica*, 23(4): 421-425, 2000.
- CAVALCANTE, T. R. M. *Polinizações Manual e Natural da Graviroleira (Annona muricata L.)*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000.
- CAVALCANTE, T. R. M.; NAVES, R. V.; FRANCESCHINELLI, E. V. & DA SILVA, R. P. “Polinização e Formação de Frutos em *Araticum*”. *Bragantia*, 68(1): 13-21, 2009.
- COGEZ, X. & LYANNAZ, J. P. “Manual Pollination of Sugar Apple (*Annona squamosa* L.)”. *Tropical Fruits Newsletter*, 19: 5-6, 1996.
- CROAT, T. B. “A Revision of *Philodendron* Subgenus *Philodendron* (Araceae) for Mexico and Central America”. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 84(3): 311-704, 1997.
- DUARTE, O. & ESCOBAR, O. “Mejora del Cuajado de Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) cv. Cumbe, Mediante Polinización Manual Autogama y Alogama”. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, 41: 162-165, 1997.
- ENDRESS, P. K. *Diversity and Evolutionary Biology of Tropical Flowers*. Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- ESCOBAR, W. T. *Estudio de la Biología Floral y Polinización Artificial del Guanabano *Annona muricata* L. en Condiciones del Valle del Cauca, Colombia*. Tese (Doutorado) – Universidad Nacional Palmira. 1985.
- FIGUEROA, M. “Cultivo de la Guanábana”. In: VIII Convención Nacional de Fruticultores. *Libro*. 1981, p. 32.
- FRANKLIN, F.; LAWRENCE, M. & FRANKLIN-TONG, V. “Cell and Molecular Biology of Self-incompatibility in Flowering Plants”. *International Review of Cytology*, 158: 1-64, 1995.
- GAZIT, S.; GALON, I. & PODOLER, H. “The Role of Nitidulid Beetles in Natural Pollination of *Annona* in Israel”. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, 107(5): 849-852, 1982.
- GENTY, P.; GARZÓN, A.; LUCCHINI, F. & DELVARE, G. “Polinización Entomófila de la Palma Africana en América Tropical”. *Oléagineux*, 41(3): 99-112, 1986.
- GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J.; IRONSIDE, D. A. & ANDERSON, P. “Effects of Nitidulid Beetles on Pollination and Fruit Set of *Annona* spp. Hybrids”. *Scientia Horticulturae*, 39: 289-299, 1989.
- GIBERNAU, M. “Pollinators and Visitors of Aroid Inflorescences”. *Aroideana*, 26: 66-83, 2003.
- GOTTSBERGER, G. “Some Pollination Strategies in Neotropical Savannas and Forests”. *Plant Systematics and Evolution*, 152(1): 29-45, 1986.
- _____. “Beetle Pollination and Flowering Rhythm of *Annona* spp. (Annonaceae) in Brazil”. *Plant Systematics and Evolution*, 167(3): 165-187, 1989.
- _____. “Flowers and Beetles in the South American Tropics”. *Botanica Acta*, 103(4): 360-365, 1990.
- _____. “As Anonáceas do Cerrado e a sua Polinização”. *Revista Brasileira de Biologia*, 54: 391-402, 1994.
- HENDERSON, A. “A Review of Pollination Studies in the Palmae”. *The Botanical Review*, 52(3): 221-259, 1986.

- HENDERSON, A.; GALEANO, G. & BERNAL, R. *Field Guide to the Palms of the Americas*. New Jersey, Princeton University, 1997.
- HILL, D. *The Economic Importance of Insects*. Berlin, Springer-Verlag GmbH, 1996.
- HOWARD, F. W.; MOORE, D.; GIBLIN-DAVIS, R. M. & ABAD, R. G. *Insects on Palms*. New York, Cabi Publishing, 2001.
- IBGE. “Levantamento Sistemático da Produção Agrícola”. IBGE, 2001. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/sidra/agro/agro.htm>.
- KIILL, L. H. P. & COSTA, J. G. “Biologia Floral e Sistema de Reprodução de *Annona squamosa* L. (Annonaceae) na Região de Petrolina-PE”. *Ciência Rural*, 33(5): 851-856, 2003.
- KÜCHMEISTER, H.; WEBBER, A. C.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. & GOTTSBERGER, G. “A Polinização e sua Relação com a Termogênese em Espécies de Arecaceae e Annonaceae da Amazônia Central”. *Acta Amazonica*, 28: 217-245, 1998.
- LAWRENCE, F. A.; HASTINGS, A. M.; DALLWITZ, M. J.; PAINE, T. A. & ZURCHER, E. *J. Beetles of the World: a Key and Information System for Families and Subfamilie*. Melbourne, CSIRO Publishing, 1999.
- LEAL, F. “Sugar Apple”. In: NAGY, S.; SHAW, P. E. & WARDOWSKI, W. F. (Eds.). *Fruits of Tropical and Subtropical Origin. Composition, Properties and Uses*. Lake Alfred, FSS: FSS, 1990, pp. 149-158.
- LEDERMAN, I. E. & BEZERRA, J. E. F. “Indução e Polinização de Anonáceas”. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MORAIS, O. M. & REBOUÇAS, T. N. H. (Eds.). *Anonáceas: Produção e Mercado (Pinha, Graviola, Atemoia e Cherimólia)*. Vitória da Conquista, Uesb-DFZ, 1997, pp. 142-148.
- LEMONS, E. E. P.; PEREIRA, P. C. C. & CAVALCANTE, R. L. R. “Artificial Pollination of Soursop (*Annona muricata* L.), to Improve Fruit Yield and Quality”. In: Congresso Internacional de Anonáceas. *Anais*. 1999, pp. 247-250.
- LESCURE, J.; EMPERAIRE, L. & FRANCISCON, C. “*Leopoldinia piassaba* Wallace (Arecaceae): a Few Biological and Economic Data from the Rio Negro Region (Brazil)”. *Forest Ecology and Management*, 55(1-4): 83-86, 1992.
- LISTABARTH, C. “Pollination of *Bactris* by *Phyllotrox* and *Epurea*. Implications of the Palm Breeding Beetles on Pollination at the Community Level”. *Biotropica*, 28(1): 69-81, 1996.
- LORENZI, H. *Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*. Nova Odessa, Editora Plantarum, 1998.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MADEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C. & FERREIRA, E. *Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas*. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2004.
- MAIA, A. C. D.; SCHLINDWEIN, C.; MARTINS, C. F.; ALMEIDA, C. E. B. N.; ANDRADE, F. G. S. & ZANELLA, F. C. V. *A Polinização da Gravioleira (Annonaceae) no Estado de Pernambuco*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, no prelo.
- MARINONI, R.; GANHO, N.; MONNÉ, M. & MERMUDES, J. *Hábitos Alimentares em Coleoptera (Insecta)*. Ribeirão Preto, Holos Editora Ltda., 2001.
- MAYO, S. J.; BOGNER, J. & BOYCE, P. C. *The Genera of Araceae*. Kew, Royal Botanic Gardens, 1997.

- MELO, M. R.; POMMER, C. V. & KAVATI, R. “Polinização Artificial da Atemoia com Diversas Fontes de Pólen Comparada com a Natural”. *Bragantia*, 61(3): 231-236, 2002.
- MORA-URPÍ, J. & SOLÍS-FALLAS, E. “Polinización en *Bactris gasipaes* HBK (Palmae)”. *Revista de Biología Tropical*, 28(1): 153-174, 1980.
- MORTON, J. “The Soursop or Guanabana (*Annona muricata* Linn.)”. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 79: 355-366, 1966.
- MOURA, J.; CIVIDANES, F.; SANTOS-FILHO, L. & VALLE, R. “Polinização do Dendezeiro por Besouros no Sul da Bahia”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 289-294, 2008.
- NADEL, H. & PEÑA, J. E. “Identity, Behavior, and Efficacy of Nitidulid Beetles (Coleoptera: Nitidulidae) Pollinating Commercial *Annona* species in Florida”. *Environmental Entomology*, 23(4): 878-886, 1994.
- NAGAMITSU, T. & INOUE, T. “Cockroach Pollination and Breeding System of *Ulvaria elmeri* (Annonaceae) in a Lowland Mixed Dipterocarp Forest in Sarawak”. *American Journal of Botany*, 84: 208-213, 1997.
- NAGEL, J.; PEÑA, J. E. & HABECK, D. “Insect Pollination of Atemoya in Florida”. *Florida Entomologist*, 72: 207-211, 1989.
- NIETSCHKE, S. “Viabilidade dos Grãos de Pólen de Flores de Pinheira (*Annona squamosa*) em Diferentes Horários”. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(2): 527-531, 2009.
- NOGUEIRA, E. A.; MELLO, N. T. C. & MAIA, M. L. “Produção e Comercialização de Anonáceas em São Paulo-Brasil”. *Informações Econômicas*, 35(2): 51-54, 2005.
- NORMAN, E.; RICE, K. & COCHRAN, S. “Reproductive Biology of *Asimina parviflora* (Annonaceae)”. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 119(1): 1-5, 1992.
- OLIVEIRA, M.; COUTURIER, G. & BESERRA, P. “Biologia da Polinização da Palmeira Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil”. *Acta Botanica Brasiliense*, 17(3): 343-353, 2003.
- OSTROG, D. R. V. & BARBOSA, A. A. A. “Biologia Reprodutiva de *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr. (Arecaceae) em Mata de Galeria Inundável em Uberlândia, MG, Brasil”. *Revista Brasileira de Botânica*, 32(3), 2009.
- PAULINO-NETO, H. F. “Um Sistema em Perigo”. *Ciência Hoje*, 266: 61, 2009.
- PAULINO-NETO, H. F. & OLIVEIRA, P. E. A. M. “As Anonáceas e os Besouros”. *Ciência Hoje*, 38: 59-61, 2006.
- PINTO, A. C. Q. & GENÚ, P. J. C. “Contribuição ao Estudo Técnico Científico da Graviola (*Annona muricata* L.)”. In: VII Congresso Brasileiro de Fruticultura. *Anais*. 1984, pp. 529-546.
- PINTO, A. C. Q. & RAMOS, V. H. V. “Graviola: Formação do Pomar e Tratos Culturais”. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MORAIS, O. M. & REBOUÇAS, T. N. H. (Eds.). *Anonáceas. Produção e Mercado (Pinha, Graviola, Atemoia e Cherimólia)*. Vitória da Conquista, DFZ/Uesb, 1997a, pp. 94-104.
- _____. “Melhoramento Genético da Graviola”. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MORAIS, O. M. & REBOUÇAS, T. N. H. (Eds.). *Anonáceas. Produção e Mercado (Pinha, Graviola, Atemoia e Cherimólia)*. Vitória da Conquista, DFZ/Uesb, 1997b, pp. 55-60.
- PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V. & RODRIGUES, A. A. “Floração, Polinização, Frutificação e Produção”. In: OLIVEIRA, M. A. S. (Ed.). *Graviola. Produção: Aspectos Técnicos*. Planaltina, Embrapa Informações Tecnológicas, 2001, pp. 48-51.

- PINTO, A. C. Q. & SILVA, E. M. *Graviola para Exportação: Aspectos Técnicos da Produção*. Brasília, Frupex/Embrapa, 1994. (Série Publicações Técnicas Frupex).
- PROCTOR, M.; YEO, P. & LACK, A. *The Natural History of Pollination*. Oregon, Timber Press, 1996.
- RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A.; SACLOPPI JUNIOR, E. J. & FONSECA, C. E. L. *Araticum (Annona crassiflora Mart.)*. Jaboticabal, Embrapa Cerrados, 2000.
- RICHARDS, A. *Plant Breeding Systems*. Londres, Chapman & Hall, 1997.
- RODRIGUES, S. R.; NOGUEIRA, G. A. L.; ECHEVERRIA, R. R. & OLIVEIRA, V. S. “Aspectos Biológicos de *Cyclocephala verticalis* Burmeister (Coleoptera: Scarabaeidae)”. *Neotropical Entomology*, 39: 15-18, 2010.
- RUBATZKY, V. E. & YAMAGUCHI, M. *World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values*. New York, Chapman & Hall, 1996.
- SÃO JOSÉ, A. R. “Aspectos Gerais das Anonáceas no Brasil”. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MORAIS, O. M. & REBOUÇAS, T. N. H. (Eds.). *Anonáceas. Produção e Mercado (Pinha, Graviola, Atemoia e Cherimólia)*. Vitória da Conquista, DFZ/Uesb, 1997, pp. 5-6.
- SCARIOT, A. O.; LLERAS, E. & HAY, J. D. “Reproductive Biology of the Palm *Acrocromia aculeata* in Central Brazil”. *Biotropica*, 23(1): 12-22, 1991.
- SCHATZ, G. E. “Some Aspects of Pollination Biology in Central American Forests”. In: BAWA, K. S. & HADLEY, M. (Eds.). *Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants*. Paris, Parthenon Publishing Group, 1990, pp. 69-84.
- SEATON, L. “Perishability: the Problem for Cherimoya and Soursop Market Growth”. *Fruit Trades Journal*, 2: 16-32, 1988.
- SEYMOUR, R.; WHITE, C. & GIBERNAU, M. “Environmental Biology: Heat Reward for Insect Pollinators”. *Nature*, 426(6964): 243-244, 2003.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. “Pollination and Evolution in Palms”. *Phyton*, 30(2): 213-233, 1990.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. & WEBBER, A. C. “Morphological and Functional Flower Characteristics of New and Old World Annonaceae with Respect to Their Mode of Pollination”. *Taxon*, 52(4): 701-718, 2003.
- SOARES, F. P.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; STEIN, V. C. & SANTANA, J. R. F. “Marolo: uma Frutífera Nativa do Cerrado”. *Universidade Federal de Lavras. Boletim Técnico*, 82: 1-17, 2009.
- SOBRINHO, R. B. *Potencial de Exploração das Anonáceas no Nordeste do Brasil*. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.
- SOUZA, V. C. & LORENZI, H. *Botânica Sistemática, Guia Ilustrado para Identificação das Famílias de Angiospermas da Flora Brasileira, Baseado em APG II*. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2005.
- STORTI, E. F. “Biologia Floral de *Mauritia flexuosa* Lyn. Fil, na Região de Manaus, AM, Brasil”. *Acta Amazonica*, 23: 371-381, 1983.
- TEICHERT, H.; DÖTTERL, S.; ZIMMA, B.; AYASSE, M. & GOTTSBERGER, G. “Perfume Collecting Male Euglossine Bees as Pollinators of a Basal Angiosperm: the Case of *Unonopsis stipitata* (Annonaceae)”. *Plant Biology*, 11(1): 29-37, 2009.
- TOKUNAGA, T. *A Cultura da Atemoia*. Campinas, Cati, 2000. (Boletim Técnico).

- UHL, N. & DRANSFIELD, J. *Genera Palmarum: a Classification of Palms Based on the Work of Harold E. Moore*. Kansas, Allen Press, 1987.
- VILALTA, R. *Estudio de la Biología Floral e Identificación de Agentes Polinizadores de la Guanábana (Annona muricata L.) en la Zona Atlántica de Costa Rica*. Tese (Doutorado) – Universidad Nacional, Costa Rica. 1988.
- VILLACHICA, H.; CARVALHO, J.; MULLER, C.; DIAZ, S. & ALMANZ, C. *Frutales y Hortalizas Promisorios de la Amazonia*. Tratado de Cooperación Amazónica/FAO, 1996
- VOEKS, R. A. “Tropical Forest Healers and Habitat Preference”. *Economic Botany*, 50(4): 381-400, 1996.
- _____. “Reproductive Ecology of the Piassava Palm (*Attalea funifera*) of Bahia, Brazil”. *Journal of Tropical Ecology*, 18: 121-136, 2002.
- WEBBER, A. C. *Biología Floral de Algunas Annonaceae na Região de Manaus, AM*. Dissertação (Mestrado) – Botânica, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus. 1981.
- WELGEMOED, C. P. & DU PREEZ, R. J. “Pollination of *Annona*”. *Inligtingsbulletin*, 231: 17-20, 1992.
- WESTERKAMP, C. & GOTTSBERGER, G. “Diversity Pays in Crop Pollination”. *Crop Science*, 40(5): 1209-1222, 2000.



8. Por que os Levantamentos de Abelhas Falham Quando se Trata de Entender suas Comunidades?

Astrid de Matos Peixoto Kleinert, André Eterovic, Pécio de Souza Santos Filho

É de conhecimento universal que as abelhas podem ser responsáveis pela polinização de uma enorme quantidade de espécies de plantas (Husband e Schemske, 1996; Kearns *et al.*, 1998; Ashman *et al.*, 2004), inclusive de plantas cultivadas (Klein *et al.*, 2007; Kremen *et al.*, 2007). Na realidade, as abelhas são responsáveis pela visita a uma grande quantidade de espécies vegetais (Alves-dos-Santos e Kleinert, 2007). Do ponto de vista das abelhas, as plantas são, basicamente, suas principais fontes de alimento, nas quais coletam pólen e néctar para manter as atividades de seus ninhos. Para as plantas, as abelhas são as responsáveis por sua reprodução. As abelhas empregam diferentes estratégias de forrageamento para atingir seu objetivo e as plantas precisam adaptar-se a essas estratégias (Dyer, 2002; Biesmeijer e Slaa, 2004; Nieh, 2004). Devem ser atraentes para as diferentes espécies de abelhas, que apresentam técnicas distintas de forrageamento, para finalmente alcançar sua recompensa, a reprodução.

No Brasil, até o final dos anos de 1960, todas as informações disponíveis sobre abelhas e plantas provinham de observações realizadas por naturalistas do início do século XX (como Cockerell, 1900; Schrottky, 1902; Ducke, 1906; Friese, 1910) e também de listas de espécies de plantas e de abelhas resultantes de observações feitas com outros objetivos, ou que simplesmente relatavam dados de presença, sem nenhuma informação quantitativa. Somente em 1967, Sakagami e colaboradores propuseram uma metodologia padronizada para os levantamentos de abelhas: basicamente, as espécies de abelhas são coletadas nas flores, ou em suas proximidades, ao longo de um transecto, ou área de coleta previamente delimitada, por um tempo fixo, durante o dia todo, por um longo período (geralmente, ao menos por um ano).

Ao longo dessas quatro décadas, muitos levantamentos foram realizados em uma extensa lista de biomas, da região amazônica aos pampas no Sul, inclusive naqueles modificados em diferentes graus pelo homem. A maioria desses trabalhos discute a composição das comunidades de abelhas, comparando seus re-

sultados com aqueles obtidos em biomas semelhantes, fazendo uma análise dos fatores bióticos e/ou abióticos que poderiam ter sido responsáveis pelas diferenças encontradas.

As informações obtidas nesses levantamentos estão dispersas em artigos científicos e, principalmente, em dissertações e teses inéditas (ver revisão em Pinheiro-Machado *et al.*, 2002; Biesmeijer *et al.*, 2005; Biesmeijer e Slaa, 2006). Os dados resultantes incluem listas de espécies de abelhas e sua abundância relativa, atividades diária e sazonal, listas de espécies vegetais visitadas e, às vezes, dados fenológicos das espécies de plantas. Esses dados nos dão somente uma ideia aproximada da estrutura e a composição de comunidades locais de Apoidea e das interações abelhas-plantas.

Uma das maiores limitações para a comparação entre áreas é a identificação apropriada das espécies de abelhas (Silveira *et al.*, 2002). Por esse motivo, a grande maioria dos estudos limita-se a comparações gerais baseadas na riqueza de espécies de Apoidea encontradas em diferentes áreas do mesmo bioma (Silveira e Campos, 1995), ou em biomas distintos dentro da mesma região geográfica (Jamhour e Laroca, 2004), tornando clara a necessidade urgente de uma síntese de todos esses conhecimentos acumulados. Algumas tentativas de síntese foram realizadas, por exemplo por Pinheiro-Machado *et al.* (2002), que analisaram 46 levantamentos feitos no Brasil, apresentando informações relacionadas somente à riqueza de espécies de famílias de Apoidea em diferentes biomas. Biesmeijer *et al.* (2005) sintetizaram dados de Apidae eussociais apresentados em 27 levantamentos, elaborando uma matriz de presença/ausência para analisar os padrões de generalização das redes de interações abelhas-plantas e a influência de alguns fatores, como altitude, latitude e hábitat nos diferentes níveis de generalização. Biesmeijer e Slaa (2006) compararam dados quantitativos de 28 levantamentos de abelhas, realizados no Brasil, para explicar os padrões de riqueza, amplitude de nicho e associação entre taxa de Apidae eussociais.

A ausência de uma síntese que incluísse todas as espécies de Apoidea encontradas nos levantamentos nos motivou a propor a construção de um banco de dados com todas as informações existentes sobre as interações abelhas-plantas no Brasil.

Os dados foram obtidos a partir de levantamentos que utilizaram a metodologia proposta por Sakagami *et al.* (1967) (n=86).

ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Encontramos vários problemas para coletar e organizar essa quantidade substancial de dados, enumerados a seguir:

- 1) falta de informação sobre periodicidade de amostragem, extensão e largura dos transectos ou tamanho das áreas amostradas, ausência de valores de coordenadas geográficas, falta de detalhamento da descrição do local e arredores;
- 2) espécies de árvores pouco ou não amostradas;
- 3) exclusão da contagem de indivíduos de *Apis mellifera* e, em alguns casos também, de *Trigona spinipes*;
- 4) diferenças nas informações provenientes da mesma fonte de dados (como número de indivíduos por gênero/família apresentando valores diferentes nas listas de espécies de abelhas e nas listas de plantas visitadas por elas);
- 5) dados quantitativos disponíveis somente para as espécies de abelhas, sem dados sobre o número de cada uma das espécies nas plantas visitadas;
- 6) ausência de dados sobre o número de abelhas de cada espécie, sendo informado apenas o número total de indivíduos encontrado.

Artigos oriundos de dissertações e teses constituíram-se em outra fonte de problemas, pelo fato de alguns dados não coincidirem com os apresentados na fonte original:

- 1) diferenças no número de indivíduos e de espécies, bem como nas interações abelhas-plantas;
- 2) diferenças resultantes da reclassificação taxonômica de abelhas (somente dados parciais foram publicados).

LEVANTAMENTOS

Reunimos informações sobre 86 levantamentos realizados em 130 localidades diferentes. Em 73 desses levantamentos, as coletas foram feitas por no mínimo um ano e nos restantes (13), por menos de um ano. É interessante notar que, embora cerca de quarenta levantamentos tenham sido adicionados à revisão feita por Pinheiro-Machado *et al.* (2002), quase nada mudou em termos de abrangência geográfica: a região Norte do país permaneceu sem ser amostrada e poucos levantamentos foram feitos na região Centro-oeste. Ambas as regiões compreendem mais da metade da área do país e incluem biomas relevantes, como os da Floresta Amazônica e das áreas tropicais úmidas do Pantanal Mato-grossense (Fig. 8.1).

Nos levantamentos que perduraram por no mínimo um ano ($n = 73$) foram encontrados de 9 a 84 gêneros e de 12 a 292 espécies de abelhas em cada uma das localidades amostradas ($n = 110$). Levantamentos com duração inferior a um ano ($n = 13$) apresentaram um menor número de gêneros (8 a 59) e de espécies de abelhas (12 a 209) por localidade ($n = 22$).

Fig. 8.1. Levantamentos padronizados de abelhas no Brasil nas últimas quatro décadas (círculo – levantamentos com duração de um ano ou mais; triângulo – levantamentos com duração inferior a um ano).



PRIORIDADES DE PESQUISA

Esta análise preliminar nos permitiu estabelecer prioridades de pesquisa que possibilitem uma visão mais realista das interações abelhas-plantas no Brasil, baseadas na análise sistemática e padronizada de coleta de dados. Dessa forma, os levantamentos devem, prioritariamente:

- ser realizados nas regiões Centro-oeste e Norte, e em outras áreas pouco estudadas dos estados das demais regiões;
- usar a mesma metodologia de Sakagami *et al.* (1967);
- perdurar por pelo menos um ano, com amostragens quinzenais ou, no mínimo, mensais;
- idealmente, os transectos devem ter o mesmo comprimento e largura, ser estabelecidos em uma área central do local de estudo, e ser percorridos duas vezes ao dia;
- apresentar uma descrição detalhada do local de estudo e de seus arredores;

- incluir todas as espécies encontradas;
- apresentar dados populacionais das espécies de abelhas e de plantas.

Cumprindo essas metas, estaremos mais próximos de uma melhor compreensão do funcionamento e da estrutura das comunidades de abelhas, o que nos permitirá melhor identificar a vulnerabilidade das espécies de abelhas a mudanças ambientais, justificando a adoção de políticas de conservação e restauração, como já apontado por Pinheiro-Machado *et al.* (2002).

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Fapesp pelo apoio financeiro (2004/15801-0), que incluiu a concessão de uma bolsa de auxílio técnico para o biólogo Valdo Santos da França (2008/06704-1) e verba para o auxílio prestado pela bióloga Valéria Ribeiro da Silva.

REFERÊNCIAS

- ALVES-DOS-SANTOS, I. & KLEINERT, A. M. P. “Quando um Visitante Floral é um Polinizador?”. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil. *Anais*. 2007, CD-ROM.
- ASHMAN, T. *et al.* “Pollen Limitation of Plant Reproduction: Ecological and Evolutionary Causes and Consequences”. *Ecology*, 85(9): 2408-2421, 2004.
- BIESMEIJER, J. C. & SLAA, E. J. “Information Flow and Organization of Stingless Bee Foraging”. *Apidologie*, 35(2): 143-157, 2004.
- _____. “The Structure of Eusocial Bee Assemblages in Brazil”. *Apidologie*, 37(2): 240-258, 2006.
- BIESMEIJER, J. C.; SLAA, E. J.; CASTRO, M. S.; VIANA, B. F.; KLEINERT, A. M. P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Connectance of Brazilian Social Bee: Food Plant Networks Is Influenced by Habitat, but Not by Latitude, Altitude or Network Size”. *Biota Neotropica*, 5(1): 85-93, 2005.
- COCKERELL, T. D. A. “Descriptions of New Bees Collected by H.H.Smith in Brazil”. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, pp. 336-337, 1900.
- DUCKE, A. “Neue Beobachtungen über die Bienen der Amasonslander”. *Allgemeine Zeitschrift für Entomologie*, 2: 51-60, 1906.
- DYER, F. C. “The Biology of Dance Language”. *Annual Review of Entomology*, 47: 917-949, 2002.
- FRIESE, H. “Neue Bienenarten aus Süd-Amerika”. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 56: 693-711, 1910.
- HUSBAND, B. & SCHEMSKE, D. “Evolution of the Magnitude and Timing of Inbreeding Depression in Plants”. *Evolution*, 50(1): 54-70, 1996.

- JAMHOUR, J. & LAROCA, S. “Uma Comunidade de Abelhas Silvestres (Hym., Apoidea) de Pato Branco (PR-Brasil): Diversidade, Fenologia, Recursos Florais e Aspectos Biogeográficos”. *Acta Biologica Paranaense*, 33(1,2,3,4): 27-119, 2004.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. & WASER, N. M. “Endangered Mutualisms: the Conservation of Plant-pollinator Interactions”. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 83-112, 1998.
- KLEIN, A.; VAISSIERE, B.; CANE, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. “Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops”. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608): 303-313, 2007.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; AIZEN, M. A.; GEMMILL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S. G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VAZQUEZ, D. P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E. E.; GREENLEAF, S. S.; KEITT, T. H.; KLEIN, A. M.; REGETZ, J. & RICKETTS, T. H. “Pollination and Other Ecosystem Services Produced by Mobile Organisms: a Conceptual Framework for the Effects of Land-use Change”. *Ecology Letters*, 10(4): 299-314, 2007.
- NIEH, J. C. “Recruitment Communication in Stingless Bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)”. *Apidologie*, 35: 159-182, 2004.
- PINHEIRO-MACHADO, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT, A. M. P. & SILVEIRA, F. A. “Brazilian Bee Surveys: State of Knowledge, Conservation and Sustainable Use”. In: KEVAN, P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollinating Bees – The Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, pp. 115-129.
- SAKAGAMI, S.; LAROCA, S. & MOURE, J. “Wild Bee Biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil: Preliminary Report”. *Journal of the Faculty of Sciences Hokkaido University, Series VI, Zoology*, 16(2): 253-291, 1967.
- SCHROTTKY, C. “Ensaio sobre as Abelhas do Brasil”. *Revista do Museu Paulista*, 5: 330-613, 1902.
- SILVEIRA, F. A. & CAMPOS, M. “A Melissofauna de Corumbataí (SP) e Paraopeba (MG) e uma Análise da Biogeografia das Abelhas do Cerrado Brasileiro (Hymenoptera, Apoidea)”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 39(2): 371-401, 1995.
- SILVEIRA, F. A.; PINHEIRO-MACHADO, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; KLEINERT, A. M. P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Taxonomic Constraints for the Conservation and Sustainable Use of Wild Pollinators – the Brazilian Wild Bees”. In: KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollinating Bees – The Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, pp. 41-50.



PARTE 3

Abelhas como Polinizadores



9. As Abelhas Solitárias e Perspectivas para seu Uso na Polinização no Brasil

Carlos Alberto Garófalo, Celso Feitosa Martins, Cândida Maria Lima de Aguiar, Marco Antonio Del Lama, Isabel Alves-dos-Santos

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Juntamente com aquelas que apresentam baixo grau de socialidade, constituem a maioria das mais de 20 mil espécies de abelhas que devem existir (Michener, 2007). Possuem representantes espalhados por todas as famílias de Apiformes e formam os conjuntos de espécies que compõem as famílias Colletidae, Andrenidae e Megachilidae. São encontradas em todas as áreas que possuem alguma vegetação. Podem construir ninhos em vários substratos com arquiteturas muito peculiares e com materiais bastante diversos, desde solo até fragmentos vegetais. Geralmente, não apresentam agressividade em relação ao homem. Podem apresentar de uma a várias gerações por ano. Possuem coloração corpórea bastante diversificada e, muitas vezes, de uma beleza ímpar. São as *abelhas solitárias*, que como o próprio nome diz, vivem sozinhas, cada uma construindo seu próprio ninho, defendendo-o contra inimigos naturais, produzindo um número, geralmente, pequeno e variável de descendentes e morrendo antes que sua cria se torne adulta (Batra, 1984; Alves-dos-Santos, 2002).

No Brasil, das 1 678 espécies de abelhas conhecidas, as quais se distribuem por cinco famílias – Apidae (913), Halictidae (251), Colletidae (104), Andrenidae (82) e Megachilidae (328) (Moure *et al.*, 2007) –, as abelhas solitárias são, também, a maioria. Embora tão importantes quanto as espécies sociais em seus papéis funcionais dentro dos ecossistemas, as espécies solitárias foram, até o presente, proporcionalmente menos estudadas. Essa escassez de conhecimentos bionômicos é resultante de, pelo menos, dois fatores: o primeiro, porque as populações das espécies solitárias são, na maioria das vezes, esparsas (Danks, 1971) e, o segundo, pela dificuldade de se localizar seus sítios de nidificação (Jayasingh & Freeman, 1980). Bosch *et al.* (2008) destacaram que muitos polinizadores altamente eficientes têm permanecido como “polinizadores potenciais” por causa da carência de estudos básicos sobre sua biologia do desenvolvimento e sobre o estabelecimento de métodos apropriados de criação.

As abelhas solitárias nidificam, em sua maioria, no solo; em seguida, o substrato mais usado é madeira, com os ninhos podendo ser construídos em tocos, troncos,

galhos ou ramos de árvores. Embora algumas espécies cavem buracos na madeira, cerca de 5% do total das espécies de abelhas solitárias apresentam o hábito de nidificar em cavidades preexistentes (Krombein, 1967). Essas cavidades podem ser o interior da medula de plantas, orifícios existentes em árvores, galerias feitas em madeira por besouros ou outros insetos, em gomos de bambu, em orifícios existentes em paredes de construções de alvenaria, em ninhos abandonados de outras espécies etc. Essa característica de nidificar em cavidades preexistentes tem facilitado o estudo de espécies solitárias, pois as fêmeas são atraídas a nidificarem em recipientes preparados pelo homem, os chamados ninhos-armadilha.

A utilização de tais ninhos-armadilha constitui, assim, um método simples e eficiente para amostrar as espécies que vivem em determinada área (Camillo *et al.*, 1995; Garófalo, 2000; Morato e Campos, 2000; Viana *et al.*, 2001b; Aguiar e Martins, 2002; Alves-dos-Santos, 2003; Aguiar *et al.*, 2005; Buschini, 2006; Loyola e Martins, 2006; Gazola e Garófalo, 2009), evitando aquelas que estejam apenas transitando pelo local (Camillo *et al.*, 1995; Tscharrntke *et al.*, 1998), e permite a amostragem de espécies, raramente coletadas em flores pelo fato de ocorrerem em baixas densidades em seus habitats (Parker, 1984; Torchio, 1984). Além disso, utilizando a técnica dos ninhos-armadilha é possível a obtenção de informações como abundância sazonal, refletida pela frequência de nidificação das espécies; estrutura dos ninhos, revelada pela identificação dos materiais utilizados na nidificação, forma de construção das células e número de células por ninho; fontes de alimento utilizadas para a criação dos imaturos, reveladas pela análise polínica do alimento larval presente nas células de cria; dinâmica populacional, a partir dos dados de emergência e/ou mortalidade dos imaturos e razão sexual; e, sobre a associação com outros organismos, revelada pela ocorrência de parasitas, predadores e patógenos (Garófalo *et al.*, 1993; Camillo *et al.*, 1994; Pereira *et al.*, 1999; Morato *et al.*, 1999; Vieira-de-Jesus e Garófalo, 2000; Morato, 2001; Silva *et al.*, 2001; Alves-dos-Santos *et al.*, 2002; Freitas e Oliveira-Filho, 2003; Gazola e Garófalo, 2003; Aguiar e Garófalo, 2004; Alves-dos-Santos, 2004, 2010; Zillikens e Steiner, 2004; Camarotti-de-Lima e Martins, 2005; Camillo, 2005; Aguiar *et al.*, 2006; Couto e Camillo, 2007; Mendes e Rêgo, 2007; Cordeiro e Alves-dos-Santos, 2008; Kamke *et al.*, 2008; Krug e Alves-dos-Santos, 2008; Santos *et al.*, 2008; Drummond *et al.*, 2008; Dórea *et al.*, 2009; Aguiar *et al.*, 2010; Dórea *et al.*, 2010a, 2010b; Marchi e Melo, 2010; Pereira e Garófalo, 2010; Cordeiro *et al.*, 2011).

Os trabalhos realizados no Brasil têm revelado um total de aproximadamente setenta espécies de abelhas ocupando os ninhos-armadilha. Essas espécies distribuem-se por três famílias: Apidae, com maior número de espécies registradas, Megachilidae, a segunda em abundância de espécies, e Colletidae, a mais pobremente representada. Evidentemente, a quantidade de informações disponível para cada uma daquelas espécies é muito variável e, na maioria das vezes, ela está relacionada com a frequência de ocupação dos ninhos-armadilha e da pró-

pria distribuição geográfica, pois espécies ocorrendo em várias regiões acabam por ser estudadas por vários pesquisadores. As espécies brasileiras que ocupam os ninhos-armadilha e que já foram objeto de estudos mais detalhados a respeito da biologia e/ou comportamento de nidificação estão relacionadas na Tabela 9.1.

AS ABELHAS SOLITÁRIAS E SEU USO EM PROGRAMAS DE POLINIZAÇÃO

Embora muitos tipos de animais tenham estabelecido relações de polinização com plantas que têm flores (Faegri e Van der Pijl, 1979; Bawa *et al.*, 1985), os polinizadores por excelência são, sem dúvida, os insetos. Entre esses, destacam-se as abelhas, as quais são amplamente reconhecidas como um dos principais fornecedores dos serviços de polinização. Essa atividade das abelhas não só proporciona um componente necessário à reprodução para muitas espécies vegetais, mas também um aumento da variabilidade genética, da viabilidade das sementes e o incremento na produção de frutos e sementes.

Embora reconhecidamente importantes e valiosas, apenas algumas espécies de abelhas são biologicamente conhecidas o suficiente para serem utilizadas em programas de polinização em cultivos abertos ou em estufas. Entre essas abelhas estão incluídas espécies sociais e espécies solitárias. Entre as abelhas sociais, a *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), o polinizador economicamente mais valioso, é utilizada em várias partes do mundo para a polinização de várias espécies cultivadas (Free, 1993). Sugerida como uma alternativa, principalmente em condições de estufa, às quais parecem se adaptar melhor do que as operárias de *Apis* (Free, 1993), a utilização de espécies de *Bombus* cresceu rapidamente nos últimos anos em vários países. Por causa de sua habilidade em polinizar vibrando o corpo, as espécies de *Bombus* são melhores polinizadoras do que *Apis* para as famílias Solanaceae e Ericaceae. Dessa forma, usadas como alternativas ou em adição aos procedimentos manuais ou mecânicos de vibração das flores, algumas espécies de *Bombus* têm sido utilizadas com grande sucesso na polinização de diversas culturas (Li *et al.*, 2006; Velthuis e van Doorn, 2006; Palma *et al.*, 2008).

O uso de abelhas sem ferrão, incluídas na tribo Meliponini, na polinização de plantas cultiváveis vem ganhando espaço nos últimos anos, pois elas apresentam características favoráveis para atuar como agentes polinizadores, tais como: polilectia e adaptabilidade, que auxiliam na polinização múltipla; constância floral (Bego *et al.*, 1989); são facilmente domesticadas; possuem colônias perenes, conduzindo as operárias a um forrageamento contínuo; têm grande quantidade de reservas de alimento estocada nos ninhos; são menos agressivas ao homem e a animais domesticados, quando comparadas com *Apis*; e, são capazes de forragear efetivamente em casas de vegetação (Heard, 1999). Ao mesmo tempo, os meliponíneos apresentam

algumas desvantagens na polinização de culturas: necessidade de melhorar o nível de tecnologia de domesticação para a maioria das espécies; falta de disponibilidade de um grande número de colmeias; e taxas de crescimento populacional baixas.

Em relação às abelhas solitárias, muitas espécies são eficientes polinizadores de plantas silvestres e cultivadas (Roubik, 1995), porém somente uma pequena fração delas tem sido utilizada para a polinização de culturas (Bosch e Kemp, 2002). Dentre os exemplos bem-sucedidos de uso de abelhas solitárias como polinizadores destacam-se: *Megachile rotundata* (Megachilidae), usada na polinização de alfafa (*Medicago sativa* L.) (Fabaceae) nos EUA e no Canadá (Richards, 1984); *Osmia cornuta* (Megachilidae) utilizada em culturas de amêndoas (*Prunus dulcis* L.), maçãs (*Malus domestica* Borkh) (Rosaceae) e peras (*Pyrus communis* L.) (Rosaceae), na Espanha, França e Itália (Bosch, 1994a, 1994b; Bosch *et al.*, 2000; Maccagnani *et al.*, 2003, 2007); *O. lignaria* (Megachilidae), utilizada em culturas de cerejas (*Prunus amygdalus* Batsch) (Rosaceae), maçãs e peras nos EUA e no Canadá (Bosch e Kemp, 1999, 2001, 2002; Bosch *et al.*, 2000); *O. cornifrons* (Megachilidae), utilizada em culturas de maçãs no Japão (Yamada *et al.*, 1971; Maeta, 1978; Maeta e Kimura, 1981; Sekita, 2001); *O. lignaria propinqua*, também usada em culturas de maçãs nos EUA (Torchio, 1985); e *O. cornuta* e *O. rufa* (Megachilidae), utilizadas na polinização de amora e framboesa (*Rubus* spp.) (Rosaceae), morango (*Fragaria x ananassa* Duch) (Rosaceae) e damasco (*Prunus armenica* L.) (Rosaceae) na Itália (Felicioli *et al.*, 2004).

No Brasil, duas culturas de maior expressão econômica e que dependem do uso de polinizadores vêm recorrendo aos serviços de polinização de *A. mellifera* em larga escala: a maçã, na região Sul, especialmente em Santa Catarina, e o melão (*Cucumis melo* L.) (Cucurbitaceae) na região Nordeste, particularmente nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte (Freitas e Imperatriz-Fonseca, 2005). Porém, estudos têm comprovado que abelhas solitárias são os polinizadores mais eficientes de algumas culturas e sugerem que tais espécies deveriam ser mais profundamente investigadas visando utilizá-las em programas de polinização controlada. Por exemplo, espécies de *Centris* seriam bons agentes polinizadores em cultivos de acerola (*Malpighia emarginata*) (Malpighiaceae) (Raw, 1979; Melo *et al.*, 1997; Freitas *et al.*, 1999; Magalhães *et al.*, 1999; Martins *et al.*, 1999; Castro, 2002; Duarte e Schlindwein, 2003; Schlindwein *et al.*, 2006; Vilhena e Augusto, 2007; Schlindwein, 2008) e murici (*Byrsonima* spp.) (Malpighiaceae) (Rêgo *et al.*, 2006), frutas abundantes no Nordeste do Brasil, onde elas visitam as flores para coletar óleo e pólen (Rêgo e Albuquerque, 1989; Ribeiro *et al.*, 2008; Oliveira e Schlindwein, 2009; Aguiar *et al.*, 2010). *Centris* é também um potencial polinizador do tamarindeiro (*Tamarindus indica*) (Fabaceae), como reportado por Castro (2002) para as espécies *C. aenea* e *C. analis*.

Várias espécies de Centridini têm sido apontadas como polinizadores potenciais do maracujá-doce (*Passiflora alata*), como ressaltado por Gaglianone *et al.*

2010), que reconheceram treze espécies como polinizadores, sendo *Epicharis flava* especialmente importante por sua frequência de visitas às flores. Também têm sido apontadas como polinizadores da goiabeira (*Psidium guajava*), planta para a qual *Centris tarsata*, *C. aenea* e *Epicharis flava* foram indicadas como polinizadores potenciais (Boti, 2001). Similarmente, Freitas (1997) e Freitas e Paxton (1998), em trabalhos realizados no Ceará, verificaram que *C. tarsata* mostrou mais eficiência na polinização de caju (*Anacardium occidentale*) (Anacardiaceae) do que *A. mellifera*, além de possuir a grande vantagem de ser menos agressiva (Freitas, 1994).

Estudos recentes têm apontado que algumas das espécies de *Centris* aceitam com facilidade nidificar em ninhos-armadilha instalados em pomares e nidificam em abundância nesses substratos (Schlindwein *et al.*, 2006; Oliveira e Schlindwein, 2009; Pina, 2010). Tais informações sugerem que *C. analis*, *C. tarsata* e *C. vittata* são bons candidatos para programas de polinização, considerando também que essas espécies têm se mantido relativamente constantes e abundantes na maioria dos estudos feitos com ninhos-armadilha no Brasil (Garófalo *et al.*, 2004). Essa abundância é uma característica importante quando buscamos identificar espécies potenciais que possam ser trabalhadas no sentido de manejá-las adequadamente em programas de polinização controlada.

Embora vários aspectos da biologia de *C. analis*, *C. tarsata* e *C. vittata* já sejam conhecidos, outros ainda necessitam ser estudados para que possamos ter as informações necessárias para a criação delas em grande escala e também para o desenvolvimento de procedimentos de manejo adequado a uma população de polinizadores. Até o momento, poucos estudos investigaram a nidificação destas abelhas em áreas agrícolas (Schlindwein *et al.*, 2006; Oliveira e Schlindwein, 2009; Pina, 2010).

A polinização do maracujá-amarelo, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., cultura economicamente importante para o Brasil, é outro exemplo da importância de abelhas não sociais para a polinização da cultura. A associação entre o maracujá e seus agentes polinizadores mais eficientes, espécies de abelhas do gênero *Xylocopa*, é conhecida de longa data (Akamine e Girolami, 1957, 1959; Nishida, 1963; Ruggiero *et al.*, 1976), mas um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores desse fruto consiste exatamente na falta ou na presença reduzida dos polinizadores em seus plantios (Siqueira *et al.*, 2009). Esse fato decorre de uma série de fatores, entre os quais o desmatamento de áreas naturais, que pode ser considerado um dos principais problemas, pois além de diminuir a disponibilidade de substratos para a nidificação pelas abelhas, diminui os recursos utilizados por elas para sua subsistência e procriação (Pereira e Garófalo, 2010; Yamamoto *et al.*, 2010). Em adição, por exemplo, no período chuvoso na caatinga, o déficit de polinizadores na cultura pode ser ocasionado pela maior atratividade da vegetação do entorno, sugerindo necessidade de manejo da paisagem ou uso de substâncias atrativas

(Siqueira *et al.*, 2009). Recentemente, Yamamoto *et al.* (2010) discutiram a relação do serviço de polinização do maracujá-amarelo por espécies de *Xylocopa* com a produção deste cultivo e o impacto do nível de conservação das áreas naturais de cerrado sobre essas interações planta-abelha.

Xylocopa frontalis (Olivier), *X. suspecta* (Moure e Camargo) e *X. griseescens* (Lepelletier) têm sido identificadas como os principais agentes polinizadores das culturas de maracujá no Brasil (Camillo, 2003; Siqueira *et al.*, 2009). *X. frontalis* e *X. griseescens* são também considerados os polinizadores do maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*) (Kiill *et al.*, 2010), espécie recentemente indicada como de interesse agrônômico na região do semiárido brasileiro (Araújo, 2007). A biologia dessas espécies foi estudada por Camillo e Garófalo (1982, 1989) e Camillo *et al.* (1986) a partir de nidificações feitas em substratos naturais tais como mourões de madeira, troncos e galhos secos. A partir das informações obtidas a respeito da biologia dessas espécies, foram iniciados os estudos visando encontrar meios alternativos para aumentar as populações daquelas abelhas em áreas com plantio de maracujá (Camillo, 2003). Tanto a aceitação de ninhos artificiais (Camillo, 2003), como a utilização de ninhos-armadilha, consistindo de gomos de bambu, produziram resultados muito satisfatórios (Marchi e Melo, 2010; Pereira e Garófalo, 2010), mostrando que tais metodologias podem ser utilizadas em projetos para manter populações daquelas abelhas em áreas com plantio de maracujá.

Em um estudo detalhado a respeito do comportamento de nidificação de *X. frontalis* e *X. griseescens* em ninhos-armadilha, consistindo de gomos de bambu, Pereira e Garófalo (2010) reportaram não ocorrer alteração no comportamento das fêmeas que sugerissem pouca aceitação daqueles substratos. Recentemente, também, Freitas e Oliveira-Filho (2001) e Oliveira-Filho e Freitas (2003) desenvolveram um modelo de caixa racional com ninhos móveis para *Xylocopa*. Tais ninhos tiveram boa aceitação pelas fêmeas de *X. frontalis* e a biologia reprodutiva da espécie não foi afetada. Também, a introdução de ninhos daquela espécie em área com cultivo de maracujá proporcionou um aumento do número de abelhas visitando as flores e, conseqüentemente, houve um aumento na produtividade da cultura.

Entre as outras espécies de abelhas que têm ocupado ninhos-armadilha, fêmeas de Euglossini podem ser bons polinizadores de plantas com anteras poricidas, tais como tomate e berinjela (Solanaceae), já que elas podem vibrar muito bem as flores, assim como demonstram interesse por elas (Alves-dos-Santos, observação pessoal). Maués (2002) enfatizou a importância dos Euglossini, em particular *Eulaema nigrata*, e outras abelhas de grande porte, tais como *X. frontalis* e *Epicharis* spp., na polinização de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae), a castanha-do-brasil ou castanha-do-pará, na região amazônica. Neste caso específico, o fato de as espécies de *Epicharis* nidificarem no solo torna-as muito mais difíceis de manejar do que aquelas que utilizam cavidades preexistentes tais como *X. frontalis* e *E. nigrata*. Espécies de Euglossini (*Eulaema cingulata* e *E.*

nigrita) também foram consideradas polinizadores potenciais do maracujá-doce e apresentaram frequência de visitas às flores desta planta relativamente elevada (Gaglianone *et al.*, 2010).

Entre as espécies de Megachilidae, é possível a utilização de algumas visando um incremento na produção de sementes em campos de Fabaceae. *Megachile rotundata*, polinizador manejado há décadas para a produção de sementes de alfafa (*Medicago sativa*) em larga escala nos Estados Unidos, também tem sido utilizada atualmente como polinizador na produção de sementes de canola (Soroka *et al.*, 2001; Pitts-Singer, 2008), além de ter reconhecida eficiência como polinizador de melão (Goerzen e Mueller, 2005) e cenoura (Tepedino, 1997; Pitts-Singer, 2008). Embora no Brasil não haja tradição na produção de sementes de alfafa (*Medicago sativa*), alguns produtores rurais já começam a demonstrar interesse em desenvolver cultivos para essa finalidade, devido a seu preço de comercialização. Em decorrência deste fato, é necessário que as espécies de Megachilidae que têm ocupado os ninhos-armadilha comecem a ser biologicamente mais bem estudadas para que se possa, em futuro próximo, utilizá-las como ferramenta biológica para incrementar a produção de culturas como a alfafa. Também, embora a produção de feijão (*Phaseolus* sp.) e soja (*Glycine* sp.) não esteja diretamente associada à presença de agentes polinizadores, é sabido que a presença deles pode incrementar a produtividade das áreas e produzir melhores frutos e sementes. Dessa forma, as espécies de Megachilidae poderão ser parceiras importantes no incremento da produtividade daquelas culturas que possuem papel de destaque na agricultura nacional.

Ainda com relação aos Megachilidae, estudos em diversas regiões do país têm mostrado certa preferência de algumas espécies da tribo Megachilini por flores de Asteraceae. Dessa forma, sementes de muitas plantas ornamentais, comestíveis ou medicinais poderiam ser beneficiadas com a polinização por essas abelhas. O mesmo é verdade para algumas espécies de Anthidiini que, além de visitarem flores de Fabaceae e Asteraceae, possuem alguma preferência por Labiateae (Lamiaceae). Assim, seria possível melhorar a produção de sementes em campos de *Ocimum*, *Rosmarinus*, *Mentha*, *Origanum*, *Basilicum* e *Thymus*. Duas espécies poderiam ser testadas e avaliadas para uma criação padronizada: *Megachile guaranitica* e *Epanthidium tigrinum*. Ambas têm sido constantes nos ninhos-armadilha em diversas regiões do país (Garófalo *et al.*, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS: PERSPECTIVAS E RECOMENDAÇÕES

Os resultados das pesquisas feitas no Brasil mostram que várias espécies que ocupam ninhos-armadilha poderão vir a ser manejadas em programas de polinização. Contudo, para chegar ao nível de conhecimento para uma utilização em escala

comercial, muitos estudos ainda são necessários. Considerando as espécies de *Osmia* e suas associações com árvores frutíferas, Bosch e Kemp (2002) elencaram as informações necessárias para que a espécie possa chegar à condição de um parceiro para a agricultura.

Após o reconhecimento da existência de um problema de polinização para uma cultura, do conhecimento da biologia reprodutiva da própria cultura e da seleção de uma espécie como o polinizador mais eficiente, dentre os vários visitantes florais observados, as pesquisas futuras deverão abordar:

- qual o melhor ninho-armadilha para a espécie alvo; como proporcionar condições para que as populações possam ser aumentadas; estudar o comportamento de nidificação;
- identificar os recursos necessários para a construção do ninho e provisionamento das células;
- estudar o ciclo de vida e a biologia do desenvolvimento do polinizador;
- fazer o reconhecimento dos inimigos naturais, de seus métodos de ataques, das perdas que eles produzem no hospedeiro e de como diminuir a frequência de ataques;
- estudar a dinâmica populacional do polinizador.

Bosch *et al.* (2008) ressaltaram que conhecimento básico sobre fisiologia do desenvolvimento das abelhas polinizadoras é essencial para o desenvolvimento de métodos de criação apropriados, e que as diferenças fenológicas entre populações de diferentes origens geográficas devem ser consideradas quando do estabelecimento de protocolos de criação. Vários desses aspectos foram também indicados por Oliveira e Schindwein (2009) como fontes fundamentais de informações para o manejo comercial de uma espécie de abelha solitária nativa do Brasil.

Além desses aspectos, é fundamental também conhecer em detalhes a estrutura populacional das espécies de abelhas para avaliar a viabilidade do seu uso e para o desenvolvimento de estratégias de manejo, visando à conservação e utilização sustentável de polinizadores silvestres. Esses estudos deverão auxiliar no delineamento de estratégias e no desenvolvimento de técnicas de manejo de polinizadores de culturas, uma das etapas para a implementação de programas de polinização.

Análises da diversidade genética e da estrutura genética populacional têm se tornado importante ferramenta na conservação e no uso sustentado de espécies de interesse. Para as espécies raras, as ferramentas moleculares usualmente constituem o único método possível para investigar a conectividade e dispersão populacionais e para a identificação apropriada das unidades de manejo (Waples e Gaggiotti, 2006; Palsbøll *et al.*, 2007). A diversidade genética, fundamental para a sobrevivência no longo prazo, é um parâmetro chave para priorizar áreas ou populações que devem sofrer a ação urgente de manejo (Bonin *et al.*, 2007; Zayed, 2009). Além disso, es-

timativas de diferenciação genética e fluxo gênico entre populações são essenciais para desenvolver planos de manejo que mantenham a conectividade populacional (Kremen *et al.*, 2007).

Esses argumentos são especialmente válidos para insetos como as abelhas em razão de seu porte geralmente pequeno e voo rápido, o que os faz insetos difíceis de marcar e monitorar diretamente. Nesse caso, a diferenciação interpopulacional resultante do fluxo gênico pode ser indiretamente mensurada pelas ferramentas genéticas. A despeito do fato de que mais de 90% das espécies de abelhas já descritas sejam solitárias (Michener, 2007), a maior parte dos estudos de genética das populações de abelhas tem focado nas espécies eussociais de *Apis* e *Bombus*. Essas abelhas podem diferir marcadamente em termos de fluxo gênico e conectividade populacional das abelhas solitárias, usualmente muito menores e potencialmente mais sedentárias, tornando ainda mais premente o estudo genético das populações de espécies solitárias.

O conhecimento sobre a estrutura populacional das espécies de abelhas brasileiras é ainda muito incipiente, o que tem implicações na redução da capacidade de utilização dos serviços de polinização da apifauna nativa. Para as espécies de *Centris*, há poucos estudos analisando a variabilidade genética e os níveis de diferenciação das populações (e.g. Ferreira, 2009; Silva, 2010a). Esses estudos são essenciais para embasar decisões sobre a translocação entre áreas de indivíduos oriundos de diferentes populações de abelhas com vistas à polinização de culturas, uma vez que essa estratégia, comumente utilizada em polinização aplicada e em apicultura migratória, pode interferir nos processos evolutivos das populações envolvidas. Desse modo, há muito para ser estudado, pois aspectos da biologia reprodutiva, tais como a capacidade reprodutiva das fêmeas e os fatores genéticos e ecológicos que viabilizam o sucesso de colonização de uma área por uma espécie de abelha são ainda completamente desconhecidos, tanto em habitats naturais quanto em agroecossistemas e/ou nos ambientes urbanos.

Tabela 9.1. Estudos sobre biologia da nidificação de espécies ocupando ninhos-armadilha.

ESPÉCIE	REFERÊNCIA
Apidae – Centridini	
<i>Centris analis</i> (Fabricius)	Morato <i>et al.</i> , 1999; Vieira-de-Jesus e Garófalo, 2000; Gazola e Garófalo, 2003; Couto e Camillo, 2007; Santos <i>et al.</i> , 2008; Souza Alonso, 2008; Oliveira e Schindwein, 2009; Dórea <i>et al.</i> , 2010a; Silva, 2010a
<i>Centris tarsata</i> Smith	Silva <i>et al.</i> , 2001; Aguiar e Garófalo, 2004; Dórea <i>et al.</i> , 2009, 2010b; Mendes e Rêgo, 2007
<i>Centris bicornuta</i> Mocsary	Morato <i>et al.</i> , 1999
<i>Centris terminata</i> Smith	Morato <i>et al.</i> , 1999; Drummont <i>et al.</i> , 2008
<i>Centris dichootricha</i> (Moure)	Morato <i>et al.</i> , 1999
<i>Centris vittata</i> Lepeletier	Pereira <i>et al.</i> , 1999
<i>Centris trigonoides</i> Lepeletier	Aguiar <i>et al.</i> , 2006
Apidae – Euglossini	
<i>Eufriesea mussitans</i> (Fabricius)	Viana <i>et al.</i> , 2001a
<i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard)	Peruquetti e Campos, 1997
<i>Eufriesea smaragdina</i> (Perty)	Kamke <i>et al.</i> , 2008
<i>Euglossa annectans</i> Dressler	Garófalo <i>et al.</i> , 1998
<i>Euglossa cordata</i> (Linnaeus)	Garófalo, 1985, 1992; Lopez-Uribe <i>et al.</i> , 2008; Augusto e Garófalo, 2011; Cerântola <i>et al.</i> , 2011
<i>Euglossa townsendi</i> Cockerell	Augusto e Garófalo, 2004
<i>Euglossa fimbriata</i> Rebêlo & Moure	Augusto e Garófalo, 2009
Apidae – Tetrapediini	
<i>Tetrapedia diversipes</i> Friese	Alves-dos-Santos <i>et al.</i> , 2002; Camillo, 2005; Cordeiro <i>et al.</i> , 2011
<i>Tetrapedia curvitaris</i> Friese	Camillo, 2005
<i>Tetrapedia rugulosa</i> Friese	Camillo, 2005
<i>Tetrapedia garofaloi</i> Moure	Camillo, 2005
Apidae – Xylocopini	
<i>Xylocopa frontalis</i> (Olivier)	Camillo e Garófalo, 1982, 1989; Freitas e Oliveira-Filho, 2003; Pereira e Garófalo, 2010; Marchi e Melo, 2010
<i>Xylocopa griseescens</i> Lepeletier	Camillo e Garófalo, 1982, 1989; Pereira e Garófalo, 2010
<i>Xylocopa suspecta</i> (Moure & Camargo)	Camillo <i>et al.</i> , 1986; Camillo e Garófalo, 1989
<i>Xylocopa macambirae</i> Zanella & Silva	Silva, 2010b
<i>Xylocopa ordinaria</i> Smith	Silva, 2010b
<i>Xylocopa abbreviata</i> Hurd & Moure	Silva, 2010b
Megachilidae – Anthidiini	
<i>Anthodioctes lunatus</i> (Smith)	Camarotti-de-Lima e Martins, 2005
<i>Anthodioctes megachiloides</i> Holmberg	Alves-dos-Santos, 2004, 2010
<i>Anthodioctes moratoi</i> Urban	Morato, 2001

AGRADECIMENTOS

À professora Vera L. Imperatriz-Fonseca pelo convite para publicar este trabalho e divulgar a causa das abelhas solitárias, e também ao CNPq, por intermédio das bolsas de Produtividade em Pesquisa dos autores.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. J. C. & MARTINS, C. F. “Abelhas e Vespas Solitárias em Ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19: 101-116, 2002.
- AGUIAR, C. M. L. & GARÓFALO, C. A. “Nesting Biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21: 477-486, 2004.
- AGUIAR, C. M. L.; GARÓFALO, C. A. & ALMEIDA, G. F. “Trap-nesting Bees (Hymenoptera, Apoidea) in Areas of Dry Semideciduous Forest and Caatinga, Bahia, Brazil”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22: 1030-1038, 2005.
- AGUIAR, C. M. L.; GARÓFALO, C. A. & ALMEIDA, G. F. “Nesting Biology of *Centris (Hemisiella) trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23: 323-330, 2006.
- AGUIAR, C. M. L.; DÓREA, M. C.; SANTOS, F. A. R.; SANTOS, R. M. & ALMEIDA, G. F. “Contribuições da Entomopalinologia para o Estudo das Interações entre Abelhas Centridini e Plantas Brasileiras”. In: IX Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto. *Anais*. 2010, pp. 288-292.
- AKAMINE, E. K. & GIROLAMI, G. “Problems in Fruit Set in Yellow Passion Fruit”. *Hawaii Farm Science*, 14: 3-4, 1957.
- _____. *Pollination and Fruit Set in the Yellow Passion Fruit*. Honolulu, University of Hawaii, 1959. (Technical Bulletin).
- ALVES-DOS-SANTOS, I. “A Vida de uma Abelha Solitária”. *Ciência Hoje*, 179: 60-62, 2002.
- _____. “Trap-nesting Bees and Wasps on the University campus in São Paulo, Southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata)”. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 76: 328-334, 2003.
- _____. “Biologia de Nidificação de *Anthodioctes megachiloides* Holmberg (Anthidiini, Megachilidae, Apoidea)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(4): 739-744, 2004.
- _____. “*Anthodioctes megachiloides* Nesting in an Abandoned Nest of *Brachymenes dyscherus* (Hymenoptera, Megachilidae, Vespidae)”. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 83(1): 89-91, 2010.
- ALVES-DOS-SANTOS, I.; MELO, G. & ROZEN JR, J. “Biology and Immature Stages of the Bee Tribe Tetrapediini (Hymenoptera: Apidae)”. *American Museum Novitates*, 3377: 1-45, 2002.

- ARAÚJO, F. P. *Caracterização da Variabilidade Morfoagronômica de Maracujazeiro (Passiflora cincinnata Mast.) no Semiárido Brasileiro*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu. 2007.
- AUGUSTO, S. C. & GARÓFALO, C. A. “Nesting Biology and Social Structure of *Euglossa (Euglossa) townsendi* Cockerell (Hymenoptera, Apidae, Euglossini)”. *Insectes Sociaux*, 51(4): 400-409, 2004.
- _____. “Bionomics and Sociological Aspects of *Euglossa fimbriata* (Apidae, Euglossini)”. *Genetics and Molecular Research*, 8: 525-538, 2009.
- _____. “Task Allocation and Interactions among Females in *Euglossa carolina* Nests (Hymenoptera, Apidae, Euglossini)”. *Apidologie*, 42(2): 162-173, 2011.
- BATRA, S. W. T. “Solitary Bees”. *Scientific American*, 250(2): 120-127, 1984.
- BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COVILLE, R. E. & GRAYUM, M. H. “Reproductive Biology of Tropical Lowland Rain Forest Trees. II. Pollination Systems”. *American Journal of Botany*, 72(3): 346-356, 1985.
- BEGO, L. R.; MAETA, Y.; TEZUKA, T. & ISHIDA, K. “Floral Preference and Flower Constancy of a Brazilian Stingless Bee *Nannotrigona testaceicornis* Kept in a Greenhouse (Hymenoptera, Apidae)”. *Bulletin of the Faculty of Agriculture Shimane University*, 23: 46-54, 1989.
- BONIN, A.; NICOLE, F.; POMPANON, F.; MIAUD, C. & TABERLET, P. “Population Adaptive Index: a New Method to Help Measure Intraspecific Genetic Diversity and Prioritize Populations for Conservation”. *Conservation Biology*, 21(3): 697-708, 2007.
- BOSCH, J. “Improvement of Field Management of *Osmia cornuta* (Latreille) (Hymenoptera, Megachilidae) to Pollinate Almond”. *Apidologie*, 25(1): 71-83, 1994a.
- _____. “The Nesting Behaviour of the Mason Bee *Osmia cornuta* (Latr.) with Special Reference to Its Pollinating Potential (Hymenoptera, Megachilidae)”. *Apidologie*, 25(1): 84-93, 1994b.
- BOSCH, J. & KEMP, W. P. “Exceptional Cherry Production in an Orchard Pollinated with Blue Orchard Bee”. *Bee World*, 80: 163-173, 1999.
- _____. *How Do Manage the Bleu Orchard Bee as on Orchard Pollinator*. Beltsville, Sustainable Agriculture Network, 2001.
- _____. “Developing and Establishing Bee Species as Crop Pollinators: the Example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and Fruit Trees”. *Bulletin of Entomological Research*, 92(1): 3-16, 2002.
- BOSCH, J.; KEMP, W. P. & PETERSON, S. S. “Management of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) Populations for Almond Pollination: Methods to Advance Bee Emergence”. *Environmental Entomology*, 29(5): 874-883, 2000.
- BOSCH, J.; SGOLASTRA, F. & KEMP, W. P. “Life Cycle Ecophysiology of *Osmia* Mason Bees Used as Crop Pollinators”. In: JAMES, R. R. & PITTS-SINGER, T. L. (Eds.). *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*. Oxford, Oxford University Press, 2008, pp. 83-104.
- BOTI, J. B. *Polinização Entomófila da Goiabeira (Psidium guajava L., Myrtaceae): Influência de Fragmentos Florestais Próximos aos Pomares na Região de Santa Teresa, Espírito Santo*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.
- BUSCHINI, M. L. T. “Species Diversity and Community Structure in Trap-nesting Bees in Southern Brazil”. *Apidologie*, 37: 58-66, 2006.

- CAMAROTTI-DE-LIMA, M. F. & MARTINS, C. F. “Biologia de Nidificação e Aspectos Ecológicos de *Anthodioctes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em Área de Tabuleiro Nordeste, PB”. *Neotropical Entomology*, 34(3): 375-380, 2005.
- CAMILLO, E. *Polinização do Maracujá*. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2003.
- _____. “Nesting Biology of Four *Tetrapedia* Species in Trap-nests (Hymenoptera: Apidae: Tetrapediini)”. *Revista de Biología Tropical*, 53(1/2): 175-186, 2005.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C. A. “On the Bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa griseescens* (Lepeletier) in Southern Brazil: Nest Construction and Biological Cycle”. *Revista Brasileira de Biologia*, 42: 571-582, 1982.
- _____. “Social Organization in Reactivated Nests of Three Species of *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) in Southeastern Brazil”. *Insectes Sociaux*, 36(2): 92-105, 1989.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C. A. & MUCCILLO, G. “On the Bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moure) in Southern Brazil: Nest Construction and Biological Cycle (Hymenoptera, Anthophoridae)”. *Revista Brasileira de Biologia*, 46(2): 383-393, 1986.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C. A. & SERRANO, J. C. “Utilização de Ninhos Armadilhas por *Colletes rufipes* Smith (Hymenoptera, Colletidae)”. In: I Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto. *Anais*. 1994, p. 332.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C. A.; SERRANO, J. C. & MUCCILLO, G. “Diversidade e Abundância Sazonal de Abelhas e Vespas Solitárias em Ninhos-armadilha (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata)”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 39(2): 459-470, 1995.
- CASTRO, M. S. “Bee Fauna of Some Tropical and Exotic Fruits: Potential Pollinators and Their Conservation”. In: KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollinating Bees – the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002. p. 275-288.
- CERÂNTOLA, N. C. M.; OI, C. A.; CERVINI, M. & DEL LAMA, M. A. “Genetic Differentiation of Urban Populations of *Euglossa cordata* Linnaeus 1758 from the State of São Paulo, Brazil”. *Apidologie*, 42(2): 214-222, 2011.
- CORDEIRO, G. D. & ALVES-DOS-SANTOS, I. “Biologia de Nidificação em *Hylaeus* (Colletidae)”. In: VIII Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto. *Anais*. 2008, pp. 192-197.
- CORDEIRO, G. D.; TANIGUCHI, M.; FLECHTMANN, C. H. W. & ALVES-DOS-SANTOS, I. “Phoretic Mites (Acari: Chaetodactylidae) Associated with the Solitary Bee *Tetrapedia diversipes* (Apidae: Tetrapediini)”. *Apidologie*, 42(2): 12-139, 2011.
- COUTO, R. M. & CAMILLO, E. “Influência da Temperatura na Mortalidade de Imaturos de *Centris (Heterocentris) analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini)”. *Iheringia. Série Zoologia*, 97: 51-55, 2007.
- DANKS, H. V. “Populations and Nesting-sites of Some Aculeate Hymenoptera Nesting in *Rubus*”. *Journal of Animal Ecology*, 40: 63-77, 1971.
- DÓREA, M. C.; AGUIAR, C. M. L.; FIGUEROA, L. E. R.; LIMA, L. C. L. E. & SANTOS, F. A. R. “Residual Pollen in Nests of *Centris analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in an Area of Caatinga Vegetation from Brazil”. *Oecologia Australis*, 14(1): 232-237, 2010a.
- DÓREA, M. C.; AGUIAR, C. M. L.; FIGUEROA, L. E. R.; LIMA, L. C. L. E. & SANTOS, F. A. R. “Pollen Residues in Nests of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae,

- Centridini) in a Tropical Semiarid Area in NE Brazil”. *Apidologie*, 41(5): 557-567, 2010b.
- DÓREA, M. C.; SANTOS, F. A. R.; LIMA, L. C. L. E. & FIGUEROA, L. E. R. “Pollen Analysis of the Post-emergence Residue of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) Nests. *Neotropical Entomology*, 38(2): 197-202, 2009.
- DRUMMONT, P.; SILVA, F. O. & VIANA, B. F. “Ninhos de *Centris (Heterocentris) terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em Fragmentos de Mata Atlântica Secundária, Salvador, BA”. *Neotropical Entomology*, 37(3): 239-246, 2008.
- DUARTE, M. O. & SCHLINDWEIN, C. “Espécies de *Centris* e *Epicharis* (Apidae, Centridini) como Polinizadores de *Malpighia emarginata* (acerola-Malpighiaceae) na Zona da Mata em Pernambuco”. In: VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza. *Anais*. 2003, CD-ROM.
- FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. *The Principles of Pollination Ecology*. 3. ed. Oxford, Pergamon Press, 1979.
- FELICOLI, A.; KRUNIC, M. & PINZAUTI, M. “Rearing and Using *Osmia* Bees for Crop Pollination: a Help from a Molecular Approach”. In: FREITAS, B. M. & PEREIRA, J. O. P. (Eds.). *Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination*. Fortaleza, Imprensa Universitária, 2004, pp. 161-174.
- FERREIRA, V. S. *Análise Morfométrica e Genética da Variabilidade em Populações de Centris (Centris) aenea* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera, Apidae, Centridini), uma Abelha Polinizadora de Fruteiras. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus. 2009.
- FREE, J. B. *Insect Pollination of Crops*. 2. ed. London, Academic Press, 1993.
- FREITAS, B. M. “Number and Distribution of Cashew (*Anacardium occidentale*) Pollen Grains on the Bodies of Its Pollinators, *Apis mellifera* and *Centris tarsata*”. *Journal of Apicultural Research*, 36(1): 15-22, 1997.
- FREITAS, B. M.; ALVES, J. E.; BRANDAO, G. F. & ARAUJO, Z. B. “Pollination Requirements of West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) and Its Putative Pollinators, *Centris* Bees, in NE Brazil”. *Journal of Agricultural Science*, 133: 303-311, 1999.
- FREITAS, B. M. & OLIVEIRA-FILHO, J. H. *Criação Racional de Mamangavas para Polinização em Áreas Agrícolas*. Fortaleza, Banco do Nordeste, 2001.
- FREITAS, B. M. & OLIVEIRA-FILHO, J. H. “Ninhos Racionais para Mamangava (*Xylocopa frontalis*) na Polinização do Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*)”. *Ciência Rural*, 33(6): 1135-1139, 2003.
- FREITAS, B. M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “A Importância Econômica da Polinização”. *Mensagem Doce*, 80: 44-46, 2005.
- FREITAS, B. M. & PAXTON, R. J. “A Comparison of Two Pollinators: the Introduced Honey Bee *Apis mellifera* and an Indigenous Bee *Centris tarsata* on Cashew *Anacardium Occidentale* in Its Native Range of NE Brazil”. *Journal of Applied Ecology*, 35(1): 109-121, 1998.
- GAGLIANONE, M. C.; ROCHA, H. H. S.; BENEVIDES, C. R.; JUNQUEIRA, C. N. & AUGUSTO, S. C. Importância de Centridini (Apidae) na Polinização de Plantas de Interesse Agrícola: o Maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) como Estudo de Caso na Região Sudeste do Brasil”. *Oecologia Australis*, 14(1): 152-164, 2010.

- GARÓFALO, C. A. "Social-structure of *Euglossa cordata* Nests (Hymenoptera, Apidae, Euglossini)". *Entomologia Generalis*, 11(1-2): 77-83, 1985.
- _____. "Comportamento de Nidificação e Estrutura de Ninhos de *Euglossa cordata* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini)". *Revista Brasileira de Biologia*, 52: 187-198, 1992.
- _____. "Comunidades de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que Utilizam Ninhos-armadilha em Fragmentos de Matas do Estado de São Paulo". In: IV Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto. *Anais*. 2000, pp. 121-128.
- GARÓFALO, C. A.; CAMILO, E.; AUGUSTO, S. C.; VIEIRA-DE-JESUS, B. M. V. & SERRANO, J. C. "Nest Structure and Communal Nesting in *Euglossa (Glossura) annectans* Dressler (Hymenoptera, Apidae, Euglossini)". *Revista Brasileira de Zoologia*, 15(3): 589-596, 1998.
- GARÓFALO, C. A.; CAMILLO, E.; SERRANO, J. C. & REBÊLO, J. M. M. "Utilization of Trap Nests by Euglossini Species (Hymenoptera: Apidae)". *Revista Brasileira de Biologia*, 53: 177-187, 1993.
- GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F. & ALVES-DOS-SANTOS, I. "The Brazilian Solitary Bee Species Caught in Trap Nests". In: FREITAS, B. M. & PEREIRA, J. O. P. (Eds.). *Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination*. Fortaleza, Imprensa Universitária, 2004, pp. 77-84.
- GAZOLA, A. L. & GARÓFALO, C. A. "Parasitic Behavior of *Leucospis cayennensis* Westwood (Hymenoptera: Leucospidae) and Rates of Parasitism in Populations of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae: Centridini)". *Journal of the Kansas Entomological Society*, 76(2): 131-142, 2003.
- _____. "Trap-nesting Bees (Hymenoptera: Apoidea) in Forest Fragments of the State of São Paulo, Brazil". *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 607-622, 2009.
- GOERZEN, D. W. & MUELLER, S. C. "Alfafa Leafcutting Bee Alternative Crop Pollination Research in Central California". In: Saskatchewan Alfafa Seed Producers Association Conference, Saskatoon. *Proceedings*. 2005, pp. 19-23.
- HEARD, T. A. "The Role of Stingless Bees in Crop Pollination". *Annual Review of Entomology*, 44: 183-206, 1999.
- JAYASINGH, D. B. & FREEMAN, B. E. "The Comparative Population Dynamics of Eight Solitary Bees and Wasps (Aculeata, Apocrita, Hymenoptera) Trap-nested in Jamaica". *Biotropica*, 12: 214-19, 1980.
- KAMKE, R.; ZILLIKENS, A.; HEINLE, S. & STEINER, J. "Natural Enemies and Life Cycle of the Orchid Bee *Eufriesea smaragdina* (Hymenoptera: Apidae) Reared from Trap Nests". *Journal of the Kansas Entomological Society*, 81(2): 101-109, 2008.
- KHILL, L. H. P.; SIQUEIRA, K. M. M.; ARAÚJO, F. P.; TRIGO, S. P. M.; FEITOZA, E. A. & LEMOS, I. B. "Biologia Reprodutiva de *Passiflora cincinnata* Mast. (Passifloraceae) na Região de Petrolina (Pernambuco, Brasil)". *Oecologia Australis*, 14(1): 115-127, 2010.
- KREMEN, C. *et al.* "Pollination and Other Ecosystem Services Produced by Mobile Organisms: a Conceptual Framework for the Effects of Land-use Change". *Ecology Letters*, 10(4): 299-314, 2007.
- KROMBEIN, K. V. *Trap-nesting Wasps and Bees: Life Histories, Nests and Associates*. Washington, Smithsonian Press, 1967.

- KRUG, C. & ALVES-DOS-SANTOS, I. “O Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina”. *Neotropical Entomology*, 37(3): 265-278, 2008.
- LI, J.; PENG, W.; WU, J.; AN, J.; GUO, Z.; TONG, Y. & HUANG, J. “Strawberry Pollination by *Bombus lucorum* and *Apis mellifera* in Greenhouses”. *Acta Entomologica Sinica*, 49: 342-348, 2006.
- LOPEZ-URIBE, M. M.; OI, C. A. & DEL LAMA, M. A. “Nectar-foraging Behavior of Euglossine Bees (Hymenoptera : Apidae) in Urban Areas”. *Apidologie*, 39(4): 410-418, 2008.
- LOYOLA, R. D. & MARTINS, R. P. “Trap-nest Occupation by Solitary Wasps and Bees (Hymenoptera: Aculeata) in a Forest Urban Remnant”. *Neotropical Entomology*, 35: 41-48, 2006.
- MACCAGNANI, B.; BURGIO, G.; STANISAVLJEVIC, L. Z. & MAIN, S. “*Osmia cornuta* Management in Pear Orchards”. *Bulletin of Insectology*, 60(1): 77-82, 2007.
- MACCAGNANI, B.; LADURNER, E.; SANTI, F. & BURGIO, G. “*Osmia cornuta* (Hymenoptera, Megachilidae) as a Pollinator of Pear (*Pyrus communis*): Fruit- and Seed-set”. *Apidologie*, 34(3): 207-216, 2003.
- MAETA, Y. “Comparative Studies on the Biology of the Bees of the Genus *Osmia* in Japan, with Special Reference to their Management for Pollination of Crops (Hymenoptera, Megachilidae)”. *Bulletin of Tohoku National Agriculture Experimental Station*, 57: 1-221, 1978.
- MAETA, Y. & KIMURA, T. “Pollinating Efficiency by *Osmia cornifrons* Radoszkowski in Relation to Required Number of Nesting Bees for Economic Fruit Production”. *Honeybee Science*, 2: 65-72, 1981.
- MAGALHÃES, L. M. F.; OLIVEIRA, D. & OHASHI, O. S. “Efeito da Polinização na Frutificação da Acerola na Amazônia”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21: 95-97, 1999.
- MARCHI, P. & MELO, G. A. R. “Biologia de Nidificação de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (Olivier) (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Morretes, Paraná”. *Oecologia Australis*, 14(1): 210-231, 2010.
- MARTINS, C. G. M.; LORENZON, M. C. A. & BAPTISTA, J. L. “Eficiência de Tipos de Polinização em Acerola”. *Caatinga, Mossoró – RN*, 12(1/2): 55-59, 1999.
- MAUÉS, M. M. “Reproductive Phenology and Pollination of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia”. In: KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollination Bees – the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, pp. 245-254.
- MELO, C. G.; ALVES, E. U.; LORENZON, M. C. & BAPTISTA, J. L. “Polinizadores de *Malpighia glabra* L”. *Mensagem Doce*, 42: 14-17, 1997.
- MENDES, F. N. & RÊGO, M. M. C. “Nidificação de *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em Ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(3): 382-388, 2007.
- MICHENER, C. D. *The Bees of the World*. Baltimore, The John Hopkins University Press, 2007.
- MORATO, E. F. “Biologia e Ecologia de *Anthodiocetes moratoi* Urban (Hymenoptera, Megachilidae, Anthidiini) em Matas Contínuas e Fragmentos na Amazônia Central, Brasil”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18: 729-736, 2001.

- MORATO, E. F. & CAMPOS, L. A. O. “Efeitos da Fragmentação Florestal sobre Vespas e Abelhas Solitárias em uma Área da Amazônia Central”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 17(2): 429-444, 2000.
- MORATO, E. F.; GARCIA, M. V. B. & CAMPOS, L. “Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em Matas Contínuas e Fragmentos na Amazônia Central”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16: 1213-1222, 1999.
- MOURE, J. S.; URBAN, D. & MELO, G. A. R. *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007.
- NISHIDA, T. *Ecology of the Pollinators of Passion Fruit*. Honolulu, University of Hawaii, 1963. (Technical Bulletin).
- OLIVEIRA-FILHO, J. H. & FREITAS, B. M. “Colonização e Biologia Reprodutiva de Mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um Modelo de Ninho Racional”. *Ciência Rural*, 33: 693-697, 2003.
- OLIVEIRA, R. & SCHLINDWEIN, C. “Searching for a Manageable Pollinator for Acerola Orchards: the Solitary Oil-collecting Bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini)”. *Journal of Economic Entomology*, 102(1): 265-273, 2009.
- PALMA, G.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G.; MELTANDEZ-RAMIREZ, V.; IRIGOYEN, J.; VALDOVINOS-NUEZ, G. R. & REJÓN, M. “Comparative Efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and Mechanical Vibration on Fruit Production of Enclosed Habanero Pepper”. *Journal of Economic Entomology*, 101(1): 132-138, 2008.
- PALSBOELL, P. J.; BERUBE, M. & ALLENDORF, F. W. “Identification of Management Units Using Population Genetic Data”. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(1): 11-16, 2007.
- PARKER, F. D. “The Nesting Biology of *Osmia (Trichinosmia) latisulcata* Michener”. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 57(3): 430-436, 1984.
- PEREIRA, M.; GARÓFALO, C. A.; CAMILLO, E. & SERRANO, J. C. “Nesting Biology of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier in Southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini)”. *Apidologie*, 30(4): 327-338, 1999.
- PEREIRA, M. & GARÓFALO, C. A. “Biologia da Nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Ninhos-armadilha”. *Oecologia Australis*, 14: 193-209, 2010.
- PERUQUETTI, R. C. & CAMPOS, L. A. O. “Aspectos da Biologia de *Eufriesea violacea* (Blanchard) (Hymenoptera, Apidae, Euglossini)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14: 91-97, 1997.
- PINA, W. C. *Atividade de Nidificação de Abelhas Solitárias (Hymenoptera: Apidae) em Ninhos Artificiais, em Pomares de Acerola na Região do Semiárido Baiano*. Dissertação (Mestrado) – Zoologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. 2010.
- PITTS-SINGER, T. L. “Past and Present Management of Alfafa Bees”. In: JAMES, R. R. & PITTS-SINGER, T. L. (Eds.). *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*. Oxford, Oxford University Press, 2008, pp. 105-123.
- RAW, A. *Centris dirrhoda* (Anthophoridae), the Bee Visiting West Indian Cherry Flowers (*Malpighia punicifolia*). *Revista de Biologia Tropical*, 27(2): 203-205, 1979.

- RÊGO, M. M. C. & ALBUQUERQUE, P. M. C. “Comportamento das Abelhas Visitantes de Murici, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, Malpighiaceae”. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia*, 5: 179-193, 1989.
- RÊGO, M. M. C.; ALBUQUERQUE, P. M. C.; RAMOS, M. C. & CARREIRA, L. M. “Aspectos da Biologia de Nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos Principais Polinizadores do Murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão”. *Neotropical Entomology*, 35(5): 579-587, 2006.
- RIBEIRO, E. K. M. D.; RÊGO, M. M. C. & MACHADO, I. C. S. “Cargas Polínicas de Abelhas Polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): Fidelidade e Fontes Alternativas de Recursos Florais”. *Acta Botanica Brasílica*, 22: 165-171, 2008.
- ROUBIK, D. W. *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics*. Rome, Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1995.
- RICHARDS, K. W. *Alfafa leafcutter bee management in Wester Canada*. Pub. 1495E. Agriculture Canada, 1984.
- RUGGIERO, C.; LAM-SANCHES, A. & CARVALHO, R. P. L. “Ocorrência de Diversos Tipos de Flores de Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.)”. *Científica*, 4: 82-86, 1976.
- SANTOS, A. M.; SERRANO, J. C.; COUTO, R. M.; ROCHA, L. S. G.; MELLO-PATIU, C. A. & GARÓFALO, C. A. “Conopid Flies (Diptera: Conopidae) Parasitizing *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae, Centridini)”. *Neotropical Entomology*, 37: 606-608, 2008.
- SCHLINDWEIN, C. “Assessment and Management of the Pollinators of Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez, Apocynaceae) and West Indian Cherry (*Malpighia emarginata* DC., Malpighiaceae) in Northeastern Brazil”. In: ALVAREZ, C. A. B. & LANDEIRO, M. (Eds.). *Pollinators Management in Brazil*. Brasília, Ministry of the Environment, 2008, pp. 18-21.
- SCHLINDWEIN, C. *et al.* “Diagnóstico e Manejo dos Polinizadores de Mangabeira e Aceroleira”. In: VII Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto. *Anais*. 2006, pp. 443-454.
- SEKITA, N. “Managing *Osmia cornifrons* to Pollinate Apples in Aomori Prefecture, Japan”. *Acta Horticulture*, 561: 303-308, 2001.
- SILVA, C. H. *Estrutura Sociogenética Intranidal e Estrutura Populacional de Centris (Heterocentris) analis (Fabricius, 1804) e Centris (Hemisiella) tarsata Smith 1874 (Hymenoptera: Apidae)*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2010a.
- SILVA, F. O.; VIANA, B. F. & NEVES, E. L. “Biologia e Arquitetura de Ninhos de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini)”. *Neotropical Entomology*, 30(4): 541-545, 2001.
- SILVA, M. *Biologia de Nidificação de Xylocopa (Hymenoptera, Apidae) e Estratégias Reprodutivas de Espécies de Lamiaceae no Semiárido Pernambucano*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2010b.
- SIQUEIRA, K. M. M.; KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. F.; LEMOS, I. B.; MONTEIRO, S. P. & FEITOZA, E. A. “Ecologia da Polinização do Maracujá-amarelo, na Região

- do Vale do Submédio São Francisco”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(1): 1-12, 2009.
- SOROKA, J. J.; GOERZEN, D. W.; FALK, K. C. & BETT, K. E. “Alfalfa Leafcutting Bee (Hymenoptera: Megachilidae) Pollination of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) under Isolation Tents for Hybrid Seed Production”. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(1): 199-204, 2001.
- SOUZA ALONSO, J. D. *Efeitos da Variação no Comprimento dos Ninhos-armadilha na Biologia da Nidificação de Centris (Heterocentris) analis (Fabricius, 1804) (Hymenoptera, Apidae: Centridini)*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Riberão Preto. 2008.
- TEPEDINO, V. J. “A Comparison of the Alfalfa Leafcutting Bee (*Megachile rotundata*) and the Honey Bee (*Apis mellifera*) as Pollinators for Hybrid Carrot Seed in Field Cages”. *Acta Horticulturae*, 437: 457-461, 1997.
- TORCHIO, P. F. “Discovery of *Osmia tanneri*, Hymenoptera: Megachilidae, Nesting in Drilled Wood Trap Nests”. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 57: 350-352, 1984.
- _____. “Field Experiments with the Pollinator Species, *Osmia lignaria propinqua* Cresson, in Apple Orchards: V (1979-1980), Methods of Introducing Bees, Nesting Success, Seed Counts, Fruit Yields (Hymenoptera: Megachilidae)”. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 58(3): 448-464, 1985.
- TSCHARNTKE, T.; GATHMANN, A. & STEFFAN-DEWENTER, I. “Bioindication Using Trap-nesting Bees and Wasps and Their Natural Enemies: Community Structure and Interactions”. *Journal of Applied Ecology*, 35(5): 708-719, 1998.
- VELTHUIS, H. H. W. & VAN DOORN, A. “A Century of Advances in Bumblebee Domestication and the Economic and Environmental Aspects of Its Commercialization for Pollination”. *Apidologie*, 37(4): 421-451, 2006.
- VIANA, B. F.; NEVES, E. L. & SILVA, F. O. “Aspectos da Biologia da Nidificação de *Euplusia mussitans* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Euglossini)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18: 1081-1087, 2001a.
- VIANA, B. F.; SILVA, F. O.; KLEINERT, A. M. P. “Diversidade e Sazonalidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em Dunas Litorâneas no Nordeste do Brasil”. *Neotropical Entomology*, 30: 245-251, 2001b.
- VIEIRA-DE-JESUS, B. M. & GARÓFALO, C. A. “Nesting Behaviour of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) in Southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini)”. *Apidologie*, 31(4): 503-515, 2000.
- VILHENA, A. M. G. F. & AUGUSTO, S. C. “Polinizadores da Aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em Área de Cerrado no Triângulo Mineiro”. *Bioscience Journal*, 23: 14-23, 2007.
- WAPLES, R. S. & GAGGIOTTI, O. “What is a Population? An Empirical Evaluation of Some Genetic Methods for Identifying the Number of Gene Pools and Their Degree of Connectivity”. *Molecular Ecology*, 15(6): 1419-1439, 2006.
- YAMADA, M.; OYAMA, N.; SEKITA, N.; SHIRASAKI, S. & TSUGAWA, C. “The Ecology of the Megachilid Bee *Osmia cornifrons* and Its Utilization for Apple Pollination”. *Bulletin of Aomori Apple Experimental Station*, 15: 1-80, 1971.

- YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A. & OLIVEIRA, P. E. A. M. “A Polinização em Cultivos Agrícolas e a Conservação das Áreas Naturais: o Caso do Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger)”. *Oecologia Australis*, 14(1): 174-192, 2010.
- ZAYED, A. “Bee Genetics and Conservation”. *Apidologie*, 40(3): 237-262, 2009.
- ZILLIKENS, A. & STEINER, J. “Nest Architecture, Life Cycle and Cleptoparasite of the Neotropical Leaf-cutting Bee *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* Moure”. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 77(3): 193-202, 2004.



10. Perspectivas e Desafios para o Uso das Abelhas *Apis mellifera* como Polinizadores no Brasil

Michelle Manfrini Morais, David De Jong, Dejair Message,
Lionel Segui Gonçalves

ESTADO DA ARTE

A apicultura brasileira pode ser dividida em duas fases. A primeira correspondeu ao período anterior ao da introdução das abelhas africanas (*Apis mellifera scutellata*) no país em 1956. Essa fase caracterizou-se por uma atividade de criação de abelhas *Apis mellifera* vindas da Europa e exploradas principalmente como *hobby* (De Jong, 1996) e produção de cera. Essas abelhas, pouco adaptadas ao nosso clima, apresentavam baixa produtividade de mel – a produção anual de mel do Brasil na época não era superior a 8 mil toneladas/ano, o que representava aproximadamente 1% da produção mundial e lhe conferia o modesto 27^º lugar entre os produtores mundiais (Stort e Gonçalves, 1978). A segunda fase ocorreu após a introdução das abelhas africanas, estendendo-se até os dias de hoje, e corresponde ao período de africanização ou cruzamento das abelhas africanas com as raças europeias que aqui foram introduzidas anteriormente (Kerr, 1967). Essa segunda fase teve, inicialmente, um impacto negativo (Gonçalves, 1974), com baixa produção de mel, vários acidentes e abandono da atividade apícola por parte de muitos apicultores devido à falta de experiência em manejar essa nova abelha (poli-híbrido) (Lobo e Krieger, 1992). Gradativamente, os apicultores foram adaptando-se a essa nova abelha conhecida como abelha africanizada (*Africanized Honey Bee*, AHB), terminologia introduzida por Gonçalves (1974) em substituição às terminologias “abelhas assassinas” (*killer bees*) e “abelhas brasileiras” criadas pela mídia.

A apicultura brasileira hoje é considerada autossuficiente, tanto no controle e manejo das abelhas africanizadas, como na produção de implementos apícolas, graças ao desenvolvimento da indústria apícola em vários pontos do país. Além disso, dispomos de uma ampla diversificação de produtos das abelhas para colocação no mercado nacional e internacional. A alta agressividade ou capacidade de defesa das abelhas africanizadas deixou de ser um tema principal nos últimos congressos brasileiros de apicultura, assim como na mídia, sendo as abelhas africanizadas consideradas boas produtoras de mel, boas polinizadoras, mais resistentes às doenças do que as abelhas europeias e com alta capacidade de adaptação

aos distintos ecossistemas brasileiros. Devido à sua maior resistência às doenças e parasitoses em relação às abelhas europeias (De Jong, 1996), a maioria dos apicultores não tem investido na compra de quimioterápicos e, dessa forma, grande parte da produção apícola nacional é de mel de excelente qualidade pelo fato de não apresentar resíduos químicos. Sendo assim, em várias partes do país, é produzido mel orgânico certificado de alta procura no mercado nacional e internacional.

Nos últimos vinte anos, a apicultura desenvolveu-se muitíssimo em todo o Brasil, principalmente nos estados do Nordeste (Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Bahia etc.), considerados hoje como “o mar de mel do país”. Atualmente, o Brasil é um grande produtor e exportador de mel, com uma produção anual de 50 mil toneladas/ano, sendo incluído entre os grandes exportadores do produto; em 2009, foram exportadas 26 mil toneladas de mel (Gonçalves *et al.*, 2010). A apicultura, portanto, é uma atividade que teve e tem importante papel nas sociedades humanas, propiciando uma melhoria na qualidade de vida dos produtores através do retorno financeiro considerável, sendo especialmente importante para o desenvolvimento rural em regiões pobres do país (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2005). O mel teve, em 2007, valor comercial mundial de 1,25 bilhão de dólares (Van Engelsdorp e Meixner, 2010); entretanto, o valor do uso das abelhas na polinização foi muito superior, atingindo, na Comunidade Europeia, o valor de 19,8 bilhões de dólares, e o valor global do serviço prestado pelas abelhas na polinização das culturas mais exportadas do globo foi de 212 bilhões de dólares (Gallai *et al.*, 2009).

A crise que o setor tem sofrido graças à perda de colônias no Hemisfério Norte causou um enorme impacto global. Infelizmente, nos últimos cinco anos, o declínio das abelhas melíferas e o fenômeno do desaparecimento das abelhas têm sido motivo de grande preocupação por parte de autoridades, cientistas e tomadores de decisão ligados à agricultura e segurança alimentar de várias regiões do mundo, em especial os Estados Unidos e a Europa. Afinal, esse serviço é responsável, globalmente, por 9,5% do valor da agricultura mundial (Gallai *et al.*, 2009) e a agricultura de todos esses países poderá sofrer grandes perdas caso perdure o fenômeno do desaparecimento das abelhas (National Research Council, 2007). O declínio global dos polinizadores tem sido tema de vários estudos e ações específicas, como a Iniciativa Internacional de Polinizadores, aprovada pela Convenção da Diversidade Biológica em 2000.

O número de colônias domesticadas de *A. mellifera* na Europa decaiu de 21 milhões, em 1970, para cerca de 15,5 milhões, em 2007 (FAO, 2009). Em adição e independente dessas populações, alguns estudos verificaram que as populações selvagens também estão em declínio (Kraus e Page, 1995; Moritz *et al.*, 2007).

Dados coletados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) mostraram um declínio no número de colônias de aproximadamente 6 milhões em 1940 para 2,3 milhões em 2008 (Pettis e Delaplane, 2010). Esses dados são alarmantes e correspondem ao fenômeno que atualmente está relacionado

com o conhecido *Colony Collapse Disorder* (CCD) ou desaparecimento das abelhas (Cox-Foster *et al.*, 2007; Boncristiani, 2010; Pettis e Delaplane, 2010). Essa síndrome corresponde ao desaparecimento repentino das abelhas adultas ou à redução, em poucos dias, do tamanho da colônia, mesmo na presença de crias, pólen e mel, sem que haja vestígios de morte das abelhas (Van Engelsdorp *et al.*, 2008; Aizen e Harder, 2009; Potts *et al.*, 2010).

Segundo Van Engelsdorp *et al.* (2008), apenas nos Estados Unidos houve, entre 2007 e 2008, uma perda entre 0,75 e 1 milhão de colônias de abelhas *A. mellifera*. Foram registradas perdas em 21 estados americanos, que oscilaram entre 19% e 52%, com uma perda média de 36%. Esse valor é considerado alto e preocupante, uma vez que ainda não se tem uma previsão de seu controle. De fato, uma perda da ordem de 30% ao ano tem ocorrido sistematicamente nos últimos anos nos EUA (Van Engelsdorp *et al.*, 2009).

As abelhas normalmente apresentam doenças, porém as causas mais citadas até o momento para a perda de colônias têm sido: o ácaro *Varroa destructor*, o protozoário *Nosema ceranae*, o estresse causado pelo transporte a longas distâncias, a ausência de pólen, a presença de vírus (*Acute Paralysis*, APV; *Israeli Acute Paralysis Virus*, IAPV; *Deform Wing Virus*, DWV; etc.) e os pesticidas, entre outros. Não foi ainda detectada uma causa única como o principal agente que determina o CCD. Tem sido sugerida uma complexa interação entre vários fatores e um efeito sinérgico entre eles que resultam no desaparecimento das colônias. Todos esses patógenos que têm sido associados ao CCD já foram encontrados no Brasil (Teixeira *et al.*, 2008).

Contudo, muitos pesquisadores apontam os agrotóxicos, principalmente o Fipronil (Regent) e os Neonicotinoides Thiamethoxan (Cruiser), Imidacloprid (Gaucho ou Confidor) e Clothianidin (Poncho). Esses inseticidas são altamente tóxicos para as abelhas e amplamente usados na agricultura em vários países, inclusive no Brasil. Dessa maneira, a questão dos defensivos agrícolas é preocupante. Somente no período de quarenta anos, entre 1964 e 2004, o consumo de agrotóxicos no país aumentou 700% (Spadotto *et al.*, 2004). Concomitantemente, vários relatos sobre mortalidade de abelhas, presumivelmente devido a contaminações pelo uso inadequado de pesticidas, foram reportados no país (Malaspina e Souza, 2008; Malaspina *et al.*, 2008). Os defensivos afetam enzimas que atuam fisiologicamente no olfato e na memória das abelhas, bem como no seu comportamento de voo, causando problemas nas atividades forrageiras e em especial na navegação e orientação, dificultando a localização de suas colônias após as atividades de forrageamento (Desneux *et al.*, 2007). Nos Estados Unidos, e em outros países desenvolvidos, existem laboratórios especializados financiados pelo governo federal que fazem diagnósticos das doenças das abelhas e realizam pesquisas sobre as melhores maneiras de controlar essas doenças. Infelizmente, no Brasil, os apicultores não têm esse tipo de apoio, apesar do aumento considerável nas ocorrências de mortalidade de colmeias.

O desaparecimento das abelhas tem sido um tema amplamente discutido em reuniões especializadas de cientistas de várias partes do mundo, como ocorreu recentemente nos dois últimos congressos da Apimondia (Federação Internacional de Apicultores que congrega oitenta países) ocorridos na Austrália (2007) e na França (2009), além do X Congresso Ibero-Latino-Americano de Apicultura em Natal (RN) (outubro de 2010).

O desaparecimento das abelhas constitui, hoje, uma das maiores preocupações dos países, principalmente dos mais desenvolvidos, pelas altas perdas de abelhas registradas nos últimos anos e com sérios prejuízos já causados para a agricultura com a falta de oferta de abelhas manejadas para polinização de culturas de interesse econômico. A diminuição da apicultura como atividade em muitos países e o enfraquecimento e decréscimo do número de colônias de abelhas domésticas (Potts *et al.*, 2010) têm como principal impacto a falta de abelhas para o serviço ecossistêmico da polinização. No Brasil, esse fenômeno também ocorre, embora em menor escala, devido à rusticidade das nossas abelhas (De Jong, 2009). Entretanto, a chegada de novos patógenos tem aumentado muito a incidência de perda de colmeias (De Jong e Message, 2008), com efeitos negativos sobre a disponibilidade de abelhas para a polinização de cultivos.

Somente nos Estados Unidos, as abelhas *A. mellifera* polinizam 95 culturas comerciais diferentes, propiciando, naquele país, um retorno da ordem de 25 bilhões de dólares/ano. Esse resultado, em termos monetários, é muito significativo, especialmente quando comparado com a produção de mel para os apicultores americanos, avaliada em 200 milhões de dólares/ano. Na medida em que a sociedade se conscientiza dessa situação, valoriza-se a utilização das abelhas para a polinização (National Research Council, 2007). Klein *et al.* (2007) verificaram qual a participação dos polinizadores na produção de alimentos para consumo humano, concluindo que eles são muito importantes para um terço dos alimentos consumidos direta ou indiretamente pelo homem.

A agricultura nos países em desenvolvimento representa mais de dois terços da mundial e é 50% mais dependente da polinização que a dos países desenvolvidos (Aizen *et al.*, 2008). No caso das culturas dependentes de polinização, na ausência de polinizadores seria necessário plantar uma área seis vezes maior nos países em desenvolvimento para obter a mesma produtividade que os países desenvolvidos apresentam (Aizen e Harder, 2009). Esse quadro evidencia que, no futuro, haverá uma grande demanda de abelhas para a polinização agrícola, esperando-se que o mesmo venha a ocorrer, também, no Brasil. Sendo assim, os serviços ambientais prestados pelas abelhas como polinizadores são enfatizados e estudados por especialistas de todo o mundo. A polinização realizada pelas abelhas e por outros animais resulta no aumento da qualidade, produção e do tamanho de frutos de 70% das principais culturas agrícolas do mundo (Ricketts *et al.*, 2008).

Em uma análise mais profunda, a única espécie disponível mundialmente em larga escala para uso na polinização é *A. mellifera*, cuja técnica de criação é dominada, permitindo, assim, sua multiplicação e uso em grande escala. O trabalho das abelhas *A. mellifera* é mundialmente reconhecido como de vital importância para a alimentação e saúde humana, quer seja pelos seus produtos (mel, pólen, geleia real, cera, própolis e veneno), quanto pelos seus importantes serviços de polinização que dão origem a grãos, frutos e áreas verdes. Infelizmente, no Brasil, a utilização das abelhas para a polinização ainda não é uma prática comum na agricultura, embora elas tenham um elevado potencial para incrementar a produção nas culturas de interesse econômico. Uma vantagem para o uso das abelhas *A. mellifera* na polinização é que elas podem ser levadas de um lugar para outro, tanto para coletar néctar como para realizar serviços de polinização, como, por exemplo, em culturas de melão e pomares com macieiras, com uma eficiência muito grande.

Em uma única carreta de caminhão contendo trezentas ou mais colmeias, podem ser transportadas cerca de 20 milhões de abelhas, todas potenciais polinizadoras. No entanto, a tecnologia de transporte de colmeias eficientemente utilizada em outros lugares como Estados Unidos, Europa e Austrália, infelizmente ainda não está disponível no Brasil. Apesar do progresso ocorrido na apicultura brasileira, o nosso país ainda não tem tradição no uso de abelhas *A. mellifera* para polinização devido à falta de mecanização, tanto no transporte e manipulação de colmeias no campo, como também para o transporte de uma cultura para outra. Falta também consciência dos produtores sobre a importância da polinização para as suas culturas. Embora ainda não disponhamos de tecnologia apropriada, como veículos dotados de equipamentos automatizados para suspender colmeias ou *pallets* com várias colmeias, já existem algumas experiências bem-sucedidas de polinização com o uso de abelhas *Apis*, como o caso da maçã no Sul, do melão no Nordeste, da produção de sementes, principalmente, de curcubitáceas no norte do estado de Minas Gerais etc., com ganhos na produção e para o apicultor, que recebe pelos serviços de polinização. Embora várias pesquisas tenham sido feitas no Brasil sobre o uso das abelhas para a polinização de culturas (Nogueira-Couto, 1994; Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2006; Nogueira-Couto e Couto, 2007), as abelhas são pouco valorizadas como polinizadores. Além de não pagar aluguel para a maioria das culturas que poderiam ser beneficiadas com a polinização, os agricultores utilizam técnicas de manejo de pragas que prejudicam as abelhas. Sem perceber, eles perdem produção em razão da falta de uma polinização adequada (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2006).

As abelhas africanizadas apresentam algumas características que fazem com que se destaquem por serem muito ativas na coleta de pólen e por permanecerem nas culturas alvo por muito mais tempo que abelhas europeias, tornando-as boas polinizadoras (Basualdo *et al.*, 2000). Além de serem mais ativas na coleta,

as abelhas africanizadas são mais rápidas no voo e no recrutamento de novas operárias. Elas também forrageiam em luminosidades mais baixas do que as abelhas europeias, executando o trabalho em um número maior de horas ao longo do dia, o que explica sua maior produtividade (Gonçalves *et al.*, 1991; De Jong, 1996).

Um apiário com colônias de abelhas africanizadas também pode ser facilmente ampliado ou multiplicado pela coleta de enxames na natureza ou pela divisão de colônias com métodos de manejo adequados. Sendo assim, no Brasil, possuímos território e culturas polinizáveis pelas abelhas africanizadas que trariam melhora significativa tanto na vida dos apicultores, quanto na produção de frutos. No entanto, os apicultores brasileiros ressentem-se da falta de apoio tecnológico, bem como da falta de centros de produção de rainhas selecionadas e de dietas disponíveis para a alimentação das abelhas nas entressafras. Essa alimentação suplementar visa ao crescimento rápido das colônias para que estejam mais fortes e em melhores condições para forrageamento, para a coleta de néctar ou para atender demandas de polinização. Sem a alimentação adequada, as colmeias enfraquecem. Com a falta de proteína, além de a colmeia diminuir em população, as abelhas ficam fracas, o sistema imunológico delas não funciona com eficiência, deixando-as mais vulneráveis (Cremonez, 2001). Sendo assim, o desenvolvimento de dietas artificiais é de grande relevância no cenário apícola nacional, uma vez que a escassez de alimento em algumas épocas do ano gera enormes transtornos para os criadores, como a perda em massa de colônias de abelhas em algumas regiões do país (Morais *et al.*, 2010). O desenvolvimento de dietas artificiais de boa aceitabilidade e qualidade para as abelhas é necessário para que possam ser usadas como substitutas de pólen na manutenção das colônias. Como a apicultura é uma atividade dependente dos recursos naturais, sofrendo oscilações de produção de acordo com as condições climáticas e ambientais de cada região, é importante o estudo de dietas acessíveis e de baixo custo para os apicultores. Já foram desenvolvidas técnicas no Brasil que facilitam a avaliação de substâncias que podem ser usadas como substitutas de pólen (Cremonez *et al.*, 1998).

As abelhas africanizadas apresentam uma alta capacidade de adaptação e uma grande variabilidade genética, o que permite que sejam desenvolvidas linhagens selecionadas com certa facilidade tanto para ganho genético na produção de mel, geleia real, coleta de pólen etc. (De Jong, 1996), como para a produção de linhagens selecionadas para polinização de determinadas culturas. A rusticidade das abelhas africanizadas também confere maior grau de resistência aos diferentes patógenos do que as abelhas europeias (Shimanuki *et al.*, 1991; De Jong, 1996; Morais *et al.*, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que são prioridades:

- pesquisas aplicadas que demonstrem e valorizem o papel da abelha como polinizador na agricultura;
- o estabelecimento de centros de diagnóstico de doenças de abelhas, incluindo laboratórios que possam diagnosticar casos de envenenamento;
- o desenvolvimento de tecnologias aplicadas à mecanização do manejo e transporte de colmeias para uso na polinização e aproveitamento de floradas para a produção de mel e outros produtos;
- desenvolvimento de seleção de linhagens resistentes a doenças;
- seleção de linhagens mais produtivas e desenvolvimento de técnicas eficientes para a reprodução, fecundação e a introdução (nas colmeias) destas rainhas;
- desenvolvimento de dietas adequadas para a melhoria da alimentação das abelhas.

Essas medidas, críticas para uma agricultura moderna e eficiente, fortalecerão a ampliação da produção apícola nacional (mel, geleia real, cera, pólen, própolis, colônias para polinização), como também aumentarão a produção nacional de grãos e frutos por meio da polinização das diferentes culturas pelas abelhas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapesp (2004/15801-0 e 2007/07701-3) e ao CNPq pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M.; GARIBALDI, L.; CUNNINGHAM, S. & KLEIN, A. "Long-term Global Trends in Crop Yield and Production Reveal no Current Pollination Shortage but Increasing Pollinator Dependency". *Current Biology*, 18(20): 1572-1575, 2008.
- AIZEN, M. & HARDER, L. "The Global Stock of Domesticated Honey Bees is Growing Slower than Agricultural Demand for Pollination". *Current Biology*, 19(11): 915-918, 2009.
- BASUALDO, M.; BEDASCARRASBURE, E. & DE JONG, D. "Africanized Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) Have a Greater Fidelity to Sunflowers than European Bees". *Journal of Economic Entomology*, 93(2): 304-307, 2000.
- BONCRISTIANI, H. F. "Honey Bee Viruses and CCD-An Overview". In: IX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010, pp. 64-65.

- COX-FOSTER, D. L.; CONLAN, S.; HOLMES, E. C.; PALACIOS, G.; EVANS, J. D.; MORAN, N. A.; QUAN, P. L.; BRIESE, T.; HORNIG, M.; GEISER, D. M.; MARTINSON, V.; VAN ENGELSDORP, D.; KALKSTEIN, A. L.; DRYSDALE, A.; HUI, J.; ZHAI, J. H.; CUI, L. W.; HUTCHISON, S. K.; SIMONS, J. F.; EGHOLM, M.; PETTIS, J. S. & LIPKIN, W. I. "A Metagenomic Survey of Microbes in Honey Bee Colony Collapse Disorder". *Science*, 318: 283-287, 2007.
- CREMONEZ, T. M. *Influência da Nutrição sobre Aspectos da Fisiologia e Nutrição de Abelhas Apis mellifera*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2001.
- CREMONEZ, T. M.; DE JONG, D. & BITONDI, M. M. G. "Quantification of Hemolymph Proteins as a Fast Method for Testing Protein Diets for Honey Bees (Hymenoptera: Apidae)". *Journal of Economic Entomology*, 91(6): 1284-1289, 1998.
- DE JONG, D. "Africanized Honey Bees in Brazil, Forty Years of Adaptation and Success". *Bee World*, 77(2): 67-70, 1996.
- _____. "Desaparecimento de Abelhas; Pesticidas Agrícolas Afetam Insetos, Safras e Saúde Humana". *Scientific American Brasil*, 84: 48-49, 2009.
- DE JONG, D. & MESSAGE, D. "New and Exotic Disease Threats for Brazilian Bees". In: VIII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2008, pp. 50-52.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A. & DELPUECH, J. M. "The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods". *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106, 2007.
- FAO. *FAOSTAT/Production/ Live Animals*. 2009.
- GALLAI, N.; SALLES, J.; SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B. "Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline". *Ecological Economics*, 68(3): 810-821, 2009.
- GONÇALVES, L. S. "The Introduction of the African Bees (*Apis mellifera adansonii*) into Brazil and Some Comments on Their Spread in South America". *American Bee Journal*, 114(11): 414-415, 1974.
- GONÇALVES, L. S.; DE JONG, D. & GRAMACHO, K. P. "A Expansão da Apicultura e da Tecnologia Apícola no Nordeste Brasileiro, com Especial Destaque para o Rio Grande do Norte". *Mensagem Doce*, 105: 7-15, 2010.
- GONÇALVES, L. S.; STORT, A. C. & DE JONG, D. "Beekeeping In Brazil". In: SPIVAK, M.; FLETCHER, D. J. C. & BREED, M. D. (Eds.). *The African Honey Bee*. Boulder, Westview Press, 1991, pp. 359-372.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GONÇALVES, L. S.; DE JONG, D.; FREITAS, B. M.; CASTRO, M. S.; ALVES-DOS-SANTOS, I. & VENTURIERI, G. C. "As Abelhas e o Desenvolvimento Rural no Brasil". *Mensagem Doce*, 80: 3-18, 2005.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. & DE JONG, D. *Bees as Pollinators in Brazil: Assessing the Status and Suggesting Best Practices*. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2006.
- KERR, W. E. "The History of the Introduction of Africanized Bees to Brazil". *South African Bee Journal*, 39: 3-5, 1967.
- KLEIN, A.; VAISSIÈRE, B.; CANE, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. "Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608): 303-313, 2007.

- KRAUS, B. & PAGE, R. E. "Effect of *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae) on Feral *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in California". *Environmental Entomology*, 24(6): 1473-1480, 1995.
- LOBO, J. A. & KRIEGER, H. "Maximum-likelihood Estimates of Gene Frequencies and Racial Admixture in *Apis mellifera* L. (Africanized honeybees)". *Heredity*, 68: 441-448, 1992.
- MALASPINA, O. & SOUZA, T. F. "Reflexos das Aplicações de Agrotóxicos nos Campos de Cultivo para a Apicultura Brasileira". In: XXVII Congresso Brasileiro de Apicultura e III de Meliponicultura. *Anais*. 2008, CD-ROM.
- MALASPINA, O.; SOUZA, T. F.; ZACARIN, E. C. M. S.; CRUZ, A. S. & JESUS, D. "Efeitos Provocados por Agrotóxicos em Abelhas no Brasil". In: VIII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2008, pp. 41-48.
- MORAIS, M. M.; FRANCOY, T. M.; PEREIRA, R. A.; DE JONG, D. & GONÇALVES, L. S. "Africanized Honey Bees Are More Efficient in Detecting, Uncapping and Removing Dead Brood". *Genetics and Molecular Research*, 8: 718-724, 2009.
- MORAIS, M. M.; TURCATTO, A. P.; FRANCOY, T. M.; GONÇALVES, L. S. & DE JONG, D. "Desenvolvimento de Dietas Artificiais no Brasil". In: IX Encontro Sobre Abelhas. *Anais*. 2010, pp. 114-119.
- MORITZ, R. F. A.; KRAUS, F. B.; KRYGER, P. & CREWE, R. M. "The Size of Wild Honeybee Populations (*Apis mellifera*) and Its Implications for the Conservation of Honeybees". *Journal of Insect Conservation*, 11: 391-397, 2007.
- NOGUEIRA-COUTO, R. H. "Polinização com Abelhas Africanizadas". In: I Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 1994, pp. 101-117.
- NOGUEIRA-COUTO, R. H. & COUTO, L. A. "Utilização de Polinizadores na Conservação e Sustentabilidade da Agricultura". *Mensagem Doce*, 90: 12-15, 2007.
- NRC. *Status of Pollinators in North America*. Washington, The National Academy Press, 2007.
- PETTIS, J. & DELAPLANE, K. "Coordinated Responses to Honey Bee Decline in the USA". *Apidologie*, 41(3): 256-263, 2010.
- POTTS, S.; BIESMEIJER, J.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O. & KUNIN, W. "Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers". *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6): 345-353, 2010.
- RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; OCHIENG, A. & VIANA, B. F. "Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?". *Ecology Letters*, 11(5): 499-515, 2008.
- SHIMANUKI, H.; KNOX, D. & DE JONG, D. "Bee Diseases, Parasites and Pests". In: SPIVAK, M.; FLETCHER, D. J. C. & BREED, M. D. (Eds.). *The African Honey Bee*. Boulder, Westview Press, 1991, pp. 283-296.
- SPADOTTO, C.; GOMES, M.; LUCHINI, L. & ANDRÉA, M. *Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: Princípios e Recomendações*. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2004.
- STORT, A. & GONÇALVES, L. S. "A Abelha Africanizada e a Situação Atual da Apicultura no Brasil". *Ciência e Cultura*, 31: 32-43, 1978.

- TEIXEIRA, E. W.; MESSAGE, D.; CHEN, Y.; PETTIS, J. & EVANS, J. D. "Metagenomic Analysis of Microorganisms in Honey Bees from Brazil". In: VIII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2008, pp. 34-40.
- VAN ENGELSDORP, D.; EVANS, J. D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B. K.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.; COX-FOSTER, D. & CHEN, Y. "Colony Collapse Disorder: a Descriptive Study". *PLoS One*, 4(8): e6481, 2009.
- VAN ENGELSDORP, D.; HAYES, J. J.; UNDERWOOD, R. & PETTIS, J. "A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008". *PLoS One*, 3(12): e4071, 2008.
- VAN ENGELSDORP, D. & MEIXNER, M. "A Historical Review of Managed Honey Bee Populations in Europe and the United States and the Factors that May Affect Them". *Journal of Invertebrate Pathology*, 103: S80-S95, 2010.



11. Meliponicultura no Brasil: Situação Atual e Perspectivas Futuras para o Uso na Polinização Agrícola

*Giorgio Cristino Venturieri, Denise de Araujo Alves, Jerônimo Kahn
Villas-Bôas, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, Cristiano Menezes, Ayrton
Vollet-Neto, Felipe Andrés Leon Contrera, Marilda Cortopassi-Laurino,
Paulo Nogueira-Neto, Vera Lucia Imperatriz-Fonseca*

INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão, ou meliponíneos, compõem o grupo mais diverso de abelhas sociais e estão distribuídas em regiões tropicais e subtropicais do mundo (Michener, 2007). Na região neotropical, a recente revisão de Camargo e Pedro (2007) aponta que as abelhas sem ferrão correspondem a 391 espécies com nomes válidos.

Devido ao amplo número de espécies, que implica numa alta complexidade e diversidade comportamental, bem como sua importância ecológica nos serviços ambientais (na polinização de espécies vegetais nativas e de interesse agrícola e na dispersão de sementes), o interesse em estudar as abelhas sem ferrão tem aumentado consideravelmente ao longo dos últimos cinquenta anos. Também, devido ao fato de serem abelhas menos agressivas aos homens e animais, ao manejo relativamente simples e ao estoque de quantidade considerável de mel e pólen, a criação dessas abelhas tem despertado cada vez mais o interesse popular (Nogueira-Neto, 1997).

Atualmente, uma das demandas mais crescentes é a criação de abelhas sem ferrão por lazer e entretenimento (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006) e muitas pessoas são estimuladas pelas ideias de conservação ambiental. Outra atividade que também está despertando bastante interesse é a educação ambiental, utilizando as abelhas como instrumento de conscientização. As abelhas sem ferrão representam ótimo material didático para educar crianças, pois atraem sua atenção, instigam a curiosidade, não representam risco e estão diretamente relacionadas com os conceitos envolvidos na educação ambiental (Freitas *et al.*, 2007; Sá e Prato, 2007). Entretanto, é a importância dessas abelhas na polinização que desperta o maior interesse para conhecermos mais sua biologia, seu manejo e sua conservação.

INÍCIO DA CRIAÇÃO DE ABELHAS SEM FERRÃO

Antes da descoberta da América pelos espanhóis, alguns povos indígenas latino-americanos iniciaram a criação de abelhas sem ferrão como elementos importantes e integrantes de suas culturas (para revisão, veja Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006). No Brasil, os Kayapós que habitam a Amazônia, por exemplo, utilizam os produtos dos ninhos, como cerume (mistura de cera com resina) e mel em seus rituais religiosos e como fonte farmacológica e alimentar, respectivamente (Posey e Camargo, 1985; Camargo e Posey, 1990). Além disso, esse grupo indígena conhece muitos aspectos do comportamento, de classificação taxonômica e dos hábitos de nidificação dessas abelhas (Camargo e Posey, 1990).

A história da criação de abelhas sem ferrão no Brasil foi escrita por Nogueira-Neto (1953, 1970, 1997) e por Kerr (1996; Kerr *et al.*, 1996), pesquisadores de grande renome no país e no exterior e que têm promovido o desenvolvimento e a ampliação dessa atividade. Até o momento, a meliponicultura, termo introduzido por Nogueira-Neto (1953) para referir-se à criação de abelhas sem ferrão, é praticada basicamente para explorar o mel estocado, sendo o principal produto dos ninhos. Entre outros produtos estão o pólen, o cerume, a própolis e a formação de novos ninhos, conhecidos como núcleos (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006).

QUESTÕES LEGAIS DA MELIPONICULTURA NO BRASIL

A diversidade de técnicas aplicadas na meliponicultura brasileira é diretamente proporcional à diversidade de abelhas, culturas e ambientes onde a atividade se manifesta como, por exemplo, os diferentes tipos de caixas de criação desenvolvidos (Nogueira-Neto, 1997; Sobenko, 1997; Venturieri, 2008a, 2008b). Conhecer essa diversidade é o maior desafio daqueles que planejam a certificação dessas técnicas e medidas de controle de qualidade. Até pouco tempo, essa preocupação era exclusividade de produtores e cientistas. Recentemente, dada a grande repercussão da meliponicultura em eventos técnicos e científicos do setor apícola, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) se mobilizou para o reconhecimento da criação de abelhas sem ferrão como atividade agrícola viável no Brasil.

Esse reconhecimento culminou na histórica inclusão dos produtos das abelhas sem ferrão no Riispoa (Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal), decreto presidencial estabelecido em 1952 e revisado em poucas oportunidades (1962, 1994 e 1997). O resultado da última revisão foi apresentado aos setores fabricantes de produtos de origem animal no dia 8 de julho de 2008 e ficou à disposição para consulta pública até 15 de outubro do mesmo ano. O resultado final dessa revisão, alterado pelas sugestões da consulta pública, ainda não foi publicado.

O grande avanço dessa revisão foi a inclusão do mel, da própolis, do cerume e do pólen das abelhas sem ferrão como produtos comercializáveis. Esse reconhecimento pode ser considerado um grande passo, mas é importante destacar que o Riispoa é um documento de identidade, ou seja, apenas define quais produtos existem e estabelece alguns parâmetros básicos para sua produção e comercialização. A verdadeira legislação, que realmente define os caminhos da cadeia produtiva, será criada em resoluções específicas. Ou seja, depois da aprovação desse documento, agora contendo o mel de abelhas sem ferrão, os atores envolvidos terão de discutir as resoluções complementares. Essa não é uma tarefa simples, dada a grande diversidade de espécies de abelhas nativas produtoras de mel, de espécies vegetais que elas visitam e de métodos de produção e beneficiamento utilizados em um contexto cultural diverso como é o brasileiro. Os setores envolvidos na produção de mel estão demonstrando interesse e empenho para certificar esse produto, mas a conclusão de uma atuação modelo não excludente e viável aos pequenos agricultores, que são os grandes interessados na meliponicultura, não é tarefa fácil.

Por sua vez, a legislação ambiental brasileira, com o intuito de proteger os recursos naturais brasileiros, tem dificultado a prática da “boa meliponicultura”, em que pessoas bem intencionadas se dedicam à multiplicação artificial de colônias e à produção de mel sustentável. Esses criadores, apoiados por projetos pilotos de produção do governo e por anos de conhecimentos acumulados em aspectos biológicos e de manejo no Brasil, vêm adotando práticas muito eficientes que têm favorecido a expansão da meliponicultura. É urgente a regulamentação desta atividade, para que esses bons meliponicultores continuem contribuindo com o excelente serviço prestado à natureza, que é o de criar abelhas nativas brasileiras.

MEL: AINDA É O PRINCIPAL PRODUTO DAS ABELHAS SEM FERRÃO NO BRASIL

O mel, como alimento, tem sido usado pela humanidade desde tempos pré-históricos, principalmente no que se refere ao mel da abelha *Apis mellifera*, de ocorrência natural na África, Ásia e Europa (Bishop, 2005). Já na América Latina, sabe-se que os maias da região de Yucatán criavam e consumiam o mel de abelhas nativas sem ferrão, principalmente da espécie *Melipona beecheii*, e de algumas *Scaptotrigona* spp. Desde a invasão hispânica, essa atividade diminuiu muito na América Central, sendo pouco praticada nessa região nos dias de hoje (Villanueva-G *et al.*, 2005), diferentemente do que tem ocorrido no Brasil, onde a meliponicultura está em franca expansão (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006; Venturieri, 2008a, 2008b).

Durante muito tempo, o consumo do mel de abelhas sem ferrão no Brasil foi privilégio de comunidades tradicionais, sobretudo de povos indígenas, por meio

da exploração predatória de colônias existentes em hábitat natural. A domesticação dessas abelhas difundiu-se, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste do país e, hoje, manifesta-se de forma artesanal ou rústica, embora haja tentativas de racionalização da atividade em muitas situações.

Do ponto de vista econômico, a meliponicultura é uma atividade cujo mercado se mostra receptivo, graças à exclusividade e peculiaridade de seu produto, porém apreensivo, pela falta de padrões de produção e oscilação da produtividade. Trata-se de uma atividade econômica incipiente e, na maioria dos casos, com pouca expressão no orçamento familiar dos agricultores, pois normalmente é realizada sem o conhecimento adequado da biologia dessas abelhas, o que dificulta o sucesso do empreendimento a médio e longo prazo. Entretanto, o processo de transformação da ocupação em uma atividade agrícola consistente está em caminho acelerado de consolidação, e o país já possui exemplos animadores de projetos que conseguiram colocar o mel de abelhas sem ferrão à disposição do mercado consumidor, que está habituado a consumir e entender como mel apenas o produto das abelhas *Apis mellifera*.

Alguns exemplos desse sucesso são o projeto Abelhas Nativas, que abrange 21 comunidades de nove municípios do Estado do Maranhão (Carvalho, 2009), e o arranjo produtivo organizado pelo Instituto Iraquara, o qual mobiliza cem comunidades de dezessete municípios no Estado do Amazonas (Oliveira, 2009). Em 2007, esses projetos produziram 1 000 e 1 500 kg de mel, respectivamente. Na Bahia, diversas comunidades têm produzido e comercializado produtos das abelhas sem ferrão, isoladamente ou organizadas em associações de meliponicultores e/ou de apicultores (Souza *et al.*, 2009). Outro exemplo é o que vem sendo praticado pela Embrapa Amazônia Oriental, no nordeste paraense, onde apenas oito agricultores, criando *Melipona fasciculata* e *M. flavolineata*, coletam anualmente 500 kg de mel com tecnologia repassada por essa instituição. Esse alto rendimento demonstra o grande potencial econômico da meliponicultura, quando praticada de forma organizada e intensiva (Venturieri, 2008a).

Embora o mel de abelhas sem ferrão seja comercializado pelo mercado informal por preço muito superior ao de *A. mellifera* (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006; Tabela 11.1), até o momento, ele não é um produto regulamentado pelo Ministério da Agricultura para a venda.

USO DE ABELHAS SEM FERRÃO NA POLINIZAÇÃO

Embora o mel ainda seja o principal produto das abelhas, o seu valor é muito inferior àquele dos serviços ambientais produzidos por elas com a polinização. Atualmente, algumas estimativas indicam que o valor econômico do mel de *A. mellifera* é incrivelmente inferior àquele atribuído ao serviço de polinização de

culturas agrícolas que essas abelhas prestam (Gallai *et al.*, 2009). Um estudo interessante sobre os polinizadores no Reino Unido, apresentado por Potts (2010), mostrou que o valor do mel varia, anualmente, entre 10 e 30 milhões de libras, enquanto o valor anual da polinização é de 440 milhões de libras.

Entre os animais, as abelhas têm papel fundamental como agentes eficientes e essenciais para a reprodução e, conseqüentemente, para a manutenção da diversidade genética de muitas espécies de plantas em ambientes naturais e agrícolas (Kearns *et al.*, 1998; Slaa *et al.*, 2006). Aliado a isso, quando as flores são polinizadas adequadamente, os frutos formados são maiores, têm melhor qualidade e maior número de sementes quando comparados àqueles formados por flores com deficiência na polinização. Conseqüentemente, esses frutos têm maior sucesso reprodutivo, em termos ecológicos, e maior rentabilidade, em termos econômicos (Ricketts *et al.*, 2008).

Assim, a criação de abelhas sem ferrão surge no cenário atual brasileiro como uma excelente alternativa para o uso constante e intenso de *A. mellifera* na polinização, em especial, de plantas agrícolas de interesse econômico (Fig. 11.1; Tabela 11.3). Duas importantes revisões (Heard, 1999; Slaa *et al.*, 2006) apontam algumas vantagens das abelhas sem ferrão sobre as *A. mellifera*:

- a alta diversidade de espécies reflete na variedade de tamanhos e hábitos ecológicos, o que possibilita a polinização de gama muito grande de plantas tropicais, muitas das quais de uso agrícola;
- a ausência de função de ferrão as torna adequadas para manejo na polinização de culturas agrícolas em áreas povoadas e/ou em ambientes fechados, como as estufas;
- algumas espécies são mais eficientes na polinização que *A. mellifera*, já que muitas vezes esta última encontra flores com características que impedem ou limitam sua visita adequada (como por exemplo, o tamanho da flor não é compatível com seu tamanho corpóreo);
- muitas espécies, em especial as do gênero *Melipona*, vibram flores da família Solanaceae para a liberação de pólen (Nunes-Silva *et al.*, 2010; Venturieri *et al.*, 2010), capacidade que *A. mellifera* não possui;
- em todo o mundo, a criação de *A. mellifera* é prejudicada pela transmissão de patógenos e parasitas;
- a maioria das espécies tem menor área de ação, quando comparada à *A. mellifera*, o que pode favorecer o aumento de eficiência de forrageamento em espaços confinados;
- muitas espécies têm boas atividades de voo em áreas fechadas e, em condições climáticas adequadas, forrageiam durante todo o ano.

CONSERVAÇÃO DE PEQUENAS POPULAÇÕES E ENDOCRUZAMENTO

As abelhas sem ferrão são sensíveis a distúrbios antrópicos, especialmente ao desmatamento (Brown e Albrecht, 2001), pois muitas utilizam cavidades arbóreas como substrato de nidificação (Michener, 1974). Assim, nos eventos naturais de reprodução, por enxameação, o vínculo entre colônias filha e mãe permanece por certo período, já que a primeira depende de recursos (alimento e materiais de construção) armazenados na colônia mãe (Nogueira-Neto, 1954). Essa estreita relação no início do ciclo das colônias filhas impede que elas se dispersem para grandes distâncias e uma vez que a colônia é fundada e se estabelece no oco, ela permanece ali até o fim do seu extenso ciclo de vida, pois a rainha perde a capacidade de voar (Michener, 1974). Devido a essas características, as colônias são altamente dependentes da existência de árvores que abrigam seus ninhos e as protegem de potenciais predadores (Brown e Albrecht, 2001; Eltz *et al.*, 2003), bem como de recursos florais que provêm alimento, e a perda de habitats torna-se uma das maiores ameaças à sua contínua existência (Goulson *et al.*, 2008).

Como consequência da degradação de habitats, as populações têm se tornado cada vez menores, fragmentadas e separadas umas das outras por grandes distâncias (Brown e Albrecht, 2001). Com a diminuição do número de ninhos em uma área e a consequente redução na diversidade genética, as populações enfrentam uma ameaça adicional à sua sobrevivência, o endocruzamento (Goulson *et al.*, 2008; Zayed, 2009).

Na tentativa de minimizar os efeitos negativos do endocruzamento em pequenas populações, o manejo ou criação de espécies de abelhas torna-se um componente essencial para a conservação da biodiversidade (Jaffé *et al.*, 2010). Além das razões econômicas (e.g. venda do mel, de pólen e de ninhos), a meliponicultura surge, no cenário atual, como uma atividade de desenvolvimento sustentável indicada para preservação e uso dos recursos naturais (Nogueira-Neto, 1997, Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006). O crescente interesse do público em geral, comunidade científica e órgãos públicos pela meliponicultura pode ajudar a compensar, em moderada extensão, a contínua perda de habitat e garantir a polinização adequada de flores de espécies em ambientes naturais e de culturas agrícolas.

Embora no Brasil a meliponicultura tenha crescido rapidamente e haja técnicas de manejo para criação de diferentes abelhas sem ferrão que são constantemente implementadas (Nogueira-Neto, 1997), a maioria dos criadores ainda mantém um pequeno número de ninhos de mesma espécie (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006). Para atender às atuais e às futuras demandas, há a necessidade da criação de colônias em ampla escala e, para isso, a multiplicação de ninhos torna-se necessária. Mas para que isso ocorra, num futuro próximo, assim como acontece com algumas espécies de *Bombus* no Hemisfério Norte (Velthuis e van

Doorn, 2006), uma combinação de fatores se faz necessária, entre eles o conhecimento biológico mais amplo, principalmente os relacionados à produção de sexuais (rainhas e machos).

Em recente estudo, Alves *et al.* (2011) mostraram que uma população de *M. scutellaris*, iniciada com poucas colônias e em condições de isolamento genético (na fazenda Aretuzina, em São Simão – SP), possui menor variabilidade genética, tanto no loco neutro quanto no loco sexual, quando comparada à população mantida na área natural de ocorrência da espécie (na Granja São Saruê, em Igarassu – PE). Dado que apenas quatro alelos sexuais estavam presentes na população de S. Simão, cerca de metade das rainhas que realizaram voos nupciais eram fecundadas por machos que compartilhavam um mesmo alelo sexual. Consequentemente, havia alta produção de machos diploides, que representam um custo elevado para as colônias que os produzem e, finalmente, para a população. Sem dúvida, o manejo adequado e constante (como, por exemplo, a abundante flora apícola, alimentação artificial com solução açucarada, caixas com isolamento térmico, troca de favos de cria de colônias fortes para as fracas) possibilitou que os ninhos fossem multiplicados sucessivamente e a população fosse criada com sucesso por mais de dez anos, minimizando os efeitos negativos da produção dos machos diploides na viabilidade da população.

Como as práticas de criação de abelhas podem influenciar profundamente a diversidade genética das populações naturais, além de transmissão de patógenos e hibridização, algumas recomendações são necessárias:

- a) preferencialmente escolher espécies que ocorrem na região onde o meliponário será mantido (veja sugestões de espécies na Tabela 11.2) e prover boas e adequadas condições de manejo;
- b) no caso de meliponários com fins conservacionistas, e não de produção, deve-se evitar a troca de favos de cria, de rainhas fecundadas e mesmo de colônias entre regiões geográficas muito distintas, já que cada população está adaptada às condições ambientais locais; além disso, a frequente troca de material genético tem como consequência a homogeneização do conjunto (*pool*) genético entre diferentes regiões geográficas (Carvalho-Zilse *et al.*, 2009; De La Rúa *et al.*, 2009);
- c) no caso de meliponários instalados em áreas onde a espécie criada não exista naturalmente, ele deve ser iniciado com, no mínimo, quatro colônias, para que a população tenha variabilidade genética (ao menos seis alelos sexuais) suficiente para minimizar as consequências de baixo número de alelos e a consequente produção de machos diploides (Alves *et al.*, 2011) – estudos anteriores em populações manejadas de outras espécies de abelhas sem ferrão como *M. bicolor* (Alves, dados não publicados), *M. compressipes* (Kerr, 1987), *M. quadrifasciata* (Aidar e Kerr, 2001), *M. scutellaris* (Carvalho, 2001), *Scaptotrigona postica*

(Paxton *et al.*, 2003) e *Trigona carbonaria* (Green e Oldroyd, 2002), embora mostrem que machos diploides foram produzidos, em nenhuma delas havia menos de seis alelos sexuais. Segundo Nogueira-Neto (2002, 2010), a presença de machos diploides é devida a situações de estresse, o que permite a existência de pequenas populações de abelhas sem ferrão em boas condições;

d) avaliar se as colônias estão produzindo machos diploides; para isso, embora o uso de marcadores moleculares seja mais eficaz, a porcentagem de machos presentes nos favos de cria é um bom indicativo (Camargo, 1979). Caso os favos de cria tenham mais de 50% de machos entre as pupas presentes, essa é uma maneira simples de verificar se a rainha-mãe está produzindo machos diploides, já que estes não diferem em tamanho corporal dos machos haploides.

PESQUISAS NECESSÁRIAS PARA CONTORNAR OS “GARGALOS” DA CRIAÇÃO

Embora o principal foco dos criadores de abelhas sem ferrão ainda seja a produção de mel, novas demandas têm surgido e aumentado a procura por colônias consideravelmente, levando alguns criadores a se dedicarem também à multiplicação e venda de ninhos (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006; Menezes, 2010). A principal demanda atual e que em breve representará o foco da meliponicultura é a utilização das abelhas sem ferrão na polinização de culturas agrícolas. Porém, no momento, não há no mercado brasileiro oferta de ninhos de abelhas sem ferrão para serem disponibilizados para polinização de culturas agrícolas.

Assim como ocorreu para as espécies de *Bombus* no Hemisfério Norte, onde a criação em larga escala foi viabilizada para uso na agricultura (para revisão, Velthuis e van Doorn, 2006), é necessário investir em estudos sobre a biologia básica e as técnicas de manejo das abelhas sem ferrão. Dessa forma, o investimento e incentivo à pesquisa permitirão, em médio prazo, ampliar os métodos de produção e multiplicação de ninhos das diversas espécies brasileiras.

Nesse contexto, propomos alguns temas que nada mais são do que alguns problemas biológicos básicos que representam obstáculos para o desenvolvimento de uma meliponicultura mais produtiva.

Árvores que abrigam ninhos de abelhas sem ferrão

A presença de ocos nas árvores é considerada um fator de manutenção da biodiversidade, já que muitos animais, como aves e pequenos mamíferos, utilizam esses espaços como abrigos (Harper *et al.*, 2005). Não obstante, a grande maioria das espécies de abelhas sem ferrão é extremamente dependente dos ocos para alojarem seus ninhos (Michener, 1974). Por formarem colônias com alta longevidade e baixa

taxa de enxameação, o desmatamento por exploração madeireira, por exemplo, afeta diretamente a sobrevivência das populações de abelhas sem ferrão (Brown e Albrecht, 2001; Eltz *et al.*, 2003).

Para o território brasileiro, Cortopassi-Laurino *et al.* (2009) realizaram um importante levantamento da literatura sobre as espécies arbóreas que contêm ninhos de abelhas sem ferrão. Essas árvores que abrigam ocos devem fazer parte das listas de compensação ecológica para os diversos biomas brasileiros, pois são importantes nos planos de manejo das florestas e nas áreas destinadas a reserva legal e a áreas de proteção permanente (Venturieri, 2009). Certamente, os conservacionistas se interessarão na manutenção dos polinizadores nas áreas naturais, bem como em outros contextos de paisagens, e prover locais de nidificação para as abelhas é de fundamental importância para essa finalidade.

Ninhos-armadilha como alternativas na captura de enxames

Um dos problemas importantes para a conservação das abelhas sem ferrão é a obtenção de ninhos na natureza. Inicialmente, eles eram retirados, geralmente dos ocos de árvores, e eram transferidos para os locais onde elas seriam criadas. A fim de facilitar o processo de coleta, o uso de ninhos-armadilha tornou-se uma ótima alternativa para a captura de enxames, além de facilitar o deslocamento desses para o local onde a criação se dará (Oliveira *et al.*, 2009). Os ninhos-armadilha podem ser utilizados nas cidades ou em áreas naturais, e o seu uso é permitido pela regulamentação governamental relacionada à criação de meliponíneos. Eles podem ser feitos com vários materiais, mas os que utilizam garrafas plásticas têm sido utilizados com muito sucesso, capturando muitas espécies (*Frieseomelitta silvestrii*, *F. varia*, *Melipona quadrifasciata*, *Nannotrigona testaceicornis*, *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*) (Oliveira *et al.*, 2009).

Sabemos que, de modo geral, os enxames preferem instalar-se em colmeias abandonadas, ou em troncos que já serviram anteriormente de local de nidificação para as abelhas. Por isso, colmeias antigas e sem uso, assim como troncos de onde os ninhos já foram retirados, podem atrair novos enxames.

A utilização de ninhos-armadilha deve ser incentivada, assim como a pesquisa básica nesse sentido, nas várias regiões do país. Através do uso de ninhos-armadilha também podemos estudar: o processo de enxameação, a sazonalidade da produção de novos enxames, a preferência na seleção e competição por locais de nidificação, a formação de agrupamentos de machos nas proximidades dos ninhos e a variabilidade genética das populações.

Produção artificial de rainhas e formação de colônias

Nos meliponários, um limite para a multiplicação de ninhos geralmente é o baixo número de rainhas produzidas pela maioria dos gêneros de abelha sem ferrão. Por isso, estudos recentes têm desenvolvido, com sucesso, o método para criação *in vitro* de rainhas de espécies que constroem células reais: *Nannotrigona testaceicornis*, *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona* aff. *depilis* (Menezes, 2010), *Frieseomelitta varia* (Baptistella *et al.*, 2012) e *Tetragonisca angustula* (Prato, 2010).

O principal objetivo desses estudos concentra-se na viabilização das etapas necessárias para que a multiplicação de colônias de abelhas sem ferrão seja obtida em maior quantidade e em menor período de tempo (Menezes, 2010). Para isso, ainda há a necessidade de ampliar o conhecimento básico sobre a alimentação das larvas (na caracterização quantitativa e qualitativa dos componentes do alimento larval), a produção artificial de rainhas (no controle de umidade, de ácaros, de fungos nas células de cria), a comunicação sexual entre as rainhas e machos, a fecundação das rainhas (com fecundações controladas), a formação das colônias e o seu crescimento (Menezes, 2010).

Rainhas parasitas sociais e melhoramento genético

No gênero *Melipona*, as rainhas sempre são produzidas e, na grande maioria das vezes, são mortas pelas operárias logo que nascem (Silva *et al.*, 1972; Koedam *et al.*, 1995). Até há pouco tempo, a alta taxa de rainhas nesse gênero era entendida como um verdadeiro estoque para eventualidades (para substituir sua rainha-mãe ou para a fundação de novo ninho). Contudo, recentemente, constatou-se que muitas rainhas podem sair de suas colônias (Sommeijer *et al.*, 2003b), provavelmente se acasalam com machos nas proximidades, penetram em colônias órfãs (Sommeijer *et al.*, 2003a), são aceitas pelas operárias dessas colônias e lá iniciam suas atividades de postura de ovos (Alves *et al.*, 2010; Wenseleers *et al.*, 2011). Dessa forma, essas rainhas, quando não encontram oportunidades reprodutivas em seus ninhos natais, acham-nas em outros ninhos, agindo como parasitas sociais, uma vez que operárias não aparentadas a ajudam na criação de sua prole (Wenseleers *et al.*, 2011).

A existência da mobilidade entre ninhos de rainhas parasitas abre novas frentes de pesquisa e modifica o quadro de possibilidades apontadas até o momento para os programas de melhoramento genético em abelha sem ferrão (Kerr, 2006). Os métodos de seleção, realizados por meliponicultores até aquele momento, consistiam em pareamento de colônias (por exemplo, na seleção para produção de mel, uma colônia que apresenta baixo número de potes de mel é pareada com outra de população semelhante com muitos potes desse alimento), retirada da rainha de uma colônia fraca (por exemplo, com baixa taxa de construção de células de cria, pequeno número de operárias e/ou pouco alimento estocado) e posterior in-

produção da rainha fecundada da colônia forte na colônia fraca. No momento, a necessidade imediata é estabelecer um modelo de organização espacial dos ninhos no meliponário a fim de selecionar as características desejáveis das colônias (e.g. maior produção de mel, maior estoque de pólen, resistência a doenças, maior produção de cria, produção de própolis, agressividade).

Dietas proteicas

Para a sobrevivência e o crescimento das colônias, precisamos de dieta muito eficiente, e muitos nutrientes são essenciais (Roubik, 1989). O pólen é a principal fonte proteica das abelhas adultas e é essencial para a alimentação das larvas em desenvolvimento (Michener, 1974). Tanto a quantidade quanto a qualidade, em termos de disponibilidade e valor nutricional no ambiente, respectivamente, são fatores limitantes para a criação e a multiplicação dos ninhos (Vollet-Neto *et al.*, 2010). Sabe-se que o pólen apresenta uma variação nutritiva muito grande, dependendo da espécie botânica, da localização geográfica, da qualidade do solo, dentre outros fatores (Génissel *et al.*, 2002; Brodschneider e Crailsheim, 2010).

Avaliações têm sido realizadas a fim de detectar alternativas nutricionais adequadas, capazes de suprir as necessidades proteicas das abelhas durante períodos de escassez alimentar (como extrato de soja, suplementos alimentares com aminoácidos) (Costa e Venturieri, 2009; Pires *et al.*, 2009). Contudo, não existem estudos sobre o uso prolongado destas dietas. Portanto, há a necessidade imediata de implementação das técnicas de nutrição artificial, da caracterização química dos alimentos, da avaliação do valor nutricional de dietas proteicas na longevidade das operárias, no número de ovos postos pela rainha e no desenvolvimento larval (Vollet-Neto *et al.*, 2010). Além disso, a identificação das fontes polínicas e do valor proteico da flora local é uma necessidade premente, principalmente para programas de recuperação de flora de ambientes degradados, bem como para elaboração de planos de manejo e conservação de abelhas (Kleinert *et al.*, 2009; Silva *et al.*, neste volume).

Coleta intensiva de abelhas sem ferrão em todo território nacional

A coleta de abelhas sem ferrão em todo o território nacional e o estudo das diferenças encontradas entre as populações, na área de distribuição da espécie, são necessários. A ampliação das coleções entomológicas regionais certamente vai permitir a identificação segura para os criadores, o uso de modelagem preditiva de espécies e servirá também para acompanhar as alterações nas distribuições geográficas das populações de polinizadores que são previstas pelo aquecimento global nos próximos anos, que será severo em algumas áreas do Brasil – bem como o desenvolvimento de técnicas moleculares para avaliar essas populações e técnicas de coleta padronizadas.

Fig. 11.1. Exemplos de abelhas sem ferrão utilizadas para a polinização de culturas agrícolas. a) *Melipona fasciculata* polinizando berinjela; b) *Trigona pallens* polinizando abóboreira; c) *M. fasciculata* polinizando tomateiro; d) *M. melanoventer* polinizando urucuzeiro; e) *M. flavolineata* polinizando cajazeira; f) *M. fasciculata* polinizando girassol; g) *M. seminigra* polinizando camucamuzeiro; h) *M. fasciculata* polinizando açazeiro. Créditos: G. C. Venturieri.



Tabela 11.1. Valor regional (R\$) do litro do mel de algumas espécies de abelhas sem ferrão em estados brasileiros.

ESTADO BRASILEIRO	LOCALIDADE	ESPÉCIE	VALOR DO LITRO DE MEL (R\$)*	FONTE
Amazonas	Manaus	<i>Melipona interrupta</i>	35,00 - 60,00	Vidarico Nascimento
		<i>Melipona seminigra merrillae</i>		
Bahia		<i>Melipona mandacaia</i>	30,00 - 45,00	Carlos A. L. Carvalho
		<i>Melipona quadrifasciata</i>		
	Ilha de Itaparica, Recôncavo, Chapada Diamantina, Litoral Norte	<i>Melipona scutellaris</i>	50,00 - 80,00	
	Ilha de Itaparica, Litoral Norte	<i>Tetragonisca angustula</i>	80,00 - 100,00	
	Paraguaçu e Nordeste	<i>Melipona asilvai</i>	60,00 - 90,00	
Ceará	Fortaleza	<i>Melipona subnitida</i>	25,00 - 30,00	Breno M. Freitas
Distrito Federal		<i>Tetragonisca angustula</i>	280,00	Angelino Ferreira
Maranhão	Benedito Leite e Nova Iorque	<i>Melipona fasciculata</i>	25,00	Bruno A. Souza
Pará		<i>Melipona fasciculata</i>	30,00	Giorgio C. Venturieri
		<i>Melipona flavolineata</i>		
Paraíba		<i>Melipona scutellaris</i>		Jerônimo Villas-Bôas
Paraná		<i>Melipona bicolor</i>	50,00 - 100,00	Renato Bochicchio
		<i>Melipona quadrifasciata</i>		
		<i>Tetragona clavipes</i>		
		<i>Tetragonisca angustula</i>		
Pernambuco	Petrolina	<i>Melipona mandacaia</i>	80,00 - 100,00	Márcia F. Ribeiro
	Capel	<i>Melipona scutellaris</i>	140,00	Alexandre Moura
	Zona da Mata		100,00	Manoel Nunes
	Sairé		100,00	Vianey Filho
	Recife		100,00	
	Bonito		70,00	Simone Miranda
Piauí	Uruçuí		<i>Melipona fasciculata</i>	25,00	Bruno A. Souza
Rio Grande do Norte		<i>Melipona subnitida</i>	80,00	Paulo Menezes
Rio de Janeiro		<i>Melipona rufiventris</i>	100,00	Pedro P. Peixoto
Santa Catarina		<i>Tetragonisca angustula</i>	30,00	Cleiton Geuster

* valor vigente do salário mínimo no Brasil é de R\$ 545,00 (em maio de 2011)

Tabela 11.2. Espécies de abelhas sem ferrão mais criadas nos principais biomas brasileiros.

BIOMA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	LOCALIDADE DA CRIAÇÃO	OBSERVAÇÕES	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA ⁽²⁾
AMAZÔNIA	<i>Melipona interrupta</i>	japurá, jandaíra-preta-da-Amazônia	AM	Muito semelhante a <i>M. fasciculata</i> , contudo, suas colônias são menores.	AM, AP, PA
		jandaíra	Belterra (PA)		
	<i>Melipona crinita</i>	uruçu-amarela-avermelhada ⁽¹⁾	AC	Com bom potencial de produção, colônias sendo criadas em caixas racionais nos arredores de Rio Branco.	AC, AM, RO
			AM		
	<i>Melipona fasciculata</i>	tiuba	MA	Ampla criação na Baixada Maranhense (MA) e Zona Bragantina (PA). Sistema produtivo bastante adiantado, colônias produzindo até sete litros por caixa ano nessas regiões, em algumas situações servindo de modelo para várias outras espécies brasileiras.	MA, MT, PA, PI, TO
		uruçu-cinzenta	PA		
	<i>Melipona flavolineata</i>	irá-açu, uruçu-amarela, uruçu	MA	Ampla criação na Baixada Maranhense (MA) e leste do PA. O sistema produtivo é consagrado, sendo utilizado em consórcio com açaçais, por polinizar as flores em ambiente de várzea e em sistemas agrícolas de terra firme (PA).	CE, MA, PA, TO
			PA		
	<i>Melipona fulva</i>		AP	De cor amarelada, semelhante a <i>M. rufiventris</i> e <i>M. paraensis</i> . Contudo, mais difícil de ser encontrada.	AM, AP, PA, RR
	<i>Melipona fuscopilosa</i>	kuru-bunáki ⁽¹⁾	AC		AC, AM
			AM		
	<i>Melipona melanoventer</i>	uruçu-da-bunda-preta	MA	Colônias pouco populosas e de pequena produção de mel. Visita com frequência flores de urucum, coletando pólen por vibração.	AC, AM, MA, MT, PA, RO
			PA		
	<i>Melipona paraensis</i>	boca-de-ralo	AM	Largamente criada no AM e ao redor do orifício de entrada existe grande quantidade de batume crivado.	AM, AP, PA
uruçu-boca-de-ralo ⁽¹⁾		AP			
<i>Melipona aff. rufiventris</i>	uruçu-amarela	AC	Espécie até o momento não descrita, diferencia-se dos outros membros do grupo <i>rufiventris</i> pela sua entrada em forma de lábios, às vezes localizada na ponta de um pequeno tubo	AC, PA, MA	
		Balsas (MA)	Outra espécie ainda não descrita, contudo é criada em grande número em assentamento de agricultores familiares. Muito encontrada em oco de árvores no cerrado maranhense.		
<i>Melipona seminigra merillae</i>	uruçu-boca-de-renda	AM	Largamente criada devido a sua rápida adaptação às caixas racionais e boa produtividade.	AM	
<i>Melipona seminigra pernigra</i>	udjy ⁽¹⁾	PA	Grande potencial para a produção de mel e uso na polinização (visita grande número de espécies de plantas), adaptando-se muito bem à criação racional.	MA, PA, TO	
<i>Scaptotrigona sp.</i>	canudo, canudo-amarela	Belterra, Santarém (PA)	Uma das espécies mais produtivas da Amazônia. Amplamente criada em meliponários comerciais.	PA	

BIOMA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	LOCALIDADE DA CRIAÇÃO	OBSERVAÇÕES	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA ⁽²⁾
AMAZÔNIA	<i>Tetragona clavipes</i>	moça-branca	Belterra (PA)	Mel com sabor forte e menos valorizado na região do que os méis de <i>Scaptotrigona</i> spp., <i>Melipona</i> spp. e <i>Tetragoniscaangustula</i> .	AC, AM, AP, BA, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PI, PR, RJ, RS, SC, SP
	<i>Tetragonisca angustula</i>	jataí, mosquito-amarela	Norte	Boa representatividade na meliponicultura de Belterra e sul do PA, produzindo melhor em áreas menos chuvosas da Amazônia.	AM, AP, BA, CE, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PR, PB, PA, PE, RJ, RR, RS, SC, SP
	<i>Tetragonisca weyrauchii</i>	pusebúki ⁽¹⁾	AC	Criação ainda é pouco conhecida.	AC, MT, RO
CAATINGA	<i>Melipona asilvai</i>	monduri, papa-terra, rajada	Semiárido (BA)	Criada para a produção de mel no vale do rio Paraguauçu (BA) e fonte complementar de renda de pequenos produtores rurais.	AL, BA, CE, ES, MG, PB, PE, PI, RN, SE
	<i>Melipona mandacaia</i>	mandaçaia, mandaçaia-menor	Semiárido	Criada para a produção de mel em sistema de agricultura familiar nas regiões mais secas.	AL, BA, CE, MG, PB, PE, PI, RN, SE
	<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>	mandaçaia	Semiárido	Uma das principais espécies produtoras de mel na região semiárida (BA). Nidifica em ocos de umburana-de-cambão (<i>Commiphora leptophloeos</i>) e ocos formados por besouros em coqueiros no litoral do SE. Também ocorre em matas semidecíduais da Chapada Diamantina (BA).	AL, BA, ES, GO, MG, MS, PB, PE, RJ, SE, SP
	<i>Melipona rufiventris</i>	uruçu-amarela	Semiárido		BA, GO, MG, MS, MT, PI, SP, TO
	<i>Melipona subnitida</i>	jandaíra	Semiárido	Abelha de mel muito apreciado no Nordeste brasileiro, nos últimos anos vem crescendo muito o número de criadores, especialmente no município de Mossoró, RN. Produz em média de um a dois litros de mel por caixa ano.	AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE
	<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	iraí	Nordeste		BA, ES, GO, MG, MS, PR, RJ, RS, SC, SP
	<i>Partamona seridoensis</i>		Nordeste	Criação restrita, espécie muito defensiva.	CE, MA, PB, PE, RN
	<i>Scaptotrigona xanthotricha</i>	trompeta, mandaguari-amarelo, tujumirim ⁽¹⁾			BA, ES, MG, PR, RJ, SC, SP
	<i>Scaptotrigona</i> spp.	grupo tubiba			
CAMPOS SULINOS	<i>Plebeia nigriceps</i>	mirim		Criada com objetivos voltados à conservação. Ninhos possuem poucos indivíduos, podendo se alojar em fendas nas paredes de edificações rurais.	PR, RS, SC, SP
	<i>Tetragonisca fiebrigi</i>	jataí, alemãozinho		Criação tem se expandido devido à facilidade de captura de enxames por ninhos-isca. Colônias fortes chegam a produzir mais de 1L de mel /ano.	MS, MT, PR, RS, SP
CERRADO	<i>Melipona rufiventris</i>	tujuba, tuiuva, tujuva, uruçu-amarelas		Similar à <i>M. flavolineata</i> e <i>M. mondury</i> . Importante para a meliponicultura do Sul e Sudeste, por ter boa produção de mel. Em SP, tem grande expressão no comércio de ninhos para lazer.	BA, GO, MG, MS, MT, PI, SP, TO

BIOMA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	LOCALIDADE DA CRIAÇÃO	OBSERVAÇÕES	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA ⁽²⁾
MATA ATLÂNTICA	<i>Frieseomelitta varia</i>	manuel-d'abreu ⁽¹⁾	Nordeste		BA, GO, MG, MT, SP, TO
	<i>Melipona bicolor bicolor</i>	guarupú, pé-de-pau ⁽¹⁾	Sudeste	Bem produtiva quando criada em áreas conservadas de matas.	BA, ES, MG, RJ, SP
	<i>Melipona bicolor schencki</i>	eira-aviyú, eirú, guarupú, guaraiipo, pé-de-pau, guaraiipo-negra e guaraiipo-sulina ⁽¹⁾	Sudeste, Sul	Em florestas ombrófilas mistas (com Araucária) e densas. As populações silvestres são ameaçadas por desmatamento, retirada predatória dos ninhos e exploração do mel. Meliponicultores do RS têm dificuldade para mantê-la fora do ambiente natural. Resiste ao frio em algumas regiões do interior dos estados sulinos (recomenda-se caixas com espessura de 4 cm).	PR, RJ, RS, SC, SP
	<i>Melipona mondury</i>	tuiuva, tjuuva, tujuba, monduri, mondiri ⁽¹⁾	Nordeste, Sudeste, Sul	Criação para comércio do mel tem se consolidado no PR, especialmente em florestas de encosta.	BA, ES, MG, PR, RJ, RS, SC, SP
	<i>Melipona obscurior</i>	manduri	Sudeste, Sul	Frequente no estado do PR, principalmente em Mandirituba, próximo a Curitiba. Por seu tamanho diminuto, apresenta uma pequena produção (1 a 2 kg/ano) de mel saboroso e bastante procurado.	MT, PR, RS, SC, SP
	<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>	mandaçaia	Sudeste	Uma das espécies mais criadas do Brasil. Em caixas racionais pode produzir até 2 litros de mel por caixa ano.	AL, BA, ES, GO, MS, MG, PB, PE, RJ, SE, SP
	<i>Melipona quadrifasciata quadrifasciata</i>	mandaçaia	Sudeste, Sul	Criada amplamente com sistema de produção bem avançado. Mel muito saboroso, bastante conhecido na zona rural. Tem um grande potencial para polinização de culturas agrícolas, com eficiência comprovada no tomateiro.	MS, MG, PR, RJ, RS, SC, SP
	<i>Melipona scutellaris</i>	uruçu-do-Nordeste, uruçu-verdadeira	Nordeste	Em matas úmidas do Nordeste, especialmente na BA e PE. Tem despertado interesse de criadores de diversos estados (produtividade e beleza).	AL, BA, CE, PB, PE, RN, SE
	<i>Scaptotrigona bipunctata</i>	tubuna, enrola-cabelo, canudo	Nordeste, Sudeste, Sul	Uma das espécies de maior produtividade, chegando a produzir 4L/ano no RS.	AC, CE, MA, MG, PA, PR, RJ, RS, SC
	<i>Scaptotrigona aff. depilis</i>	tombuna, canudo, mandaguari, tubiba ⁽¹⁾	Sudeste, Sul	Colônias grandes e muito produtivas, tanto para mel como para pólen.	MS, MG, PR, RS, SP
	<i>Scaptotrigona xanthotricha</i>	trompeta, mandaguari-amarela, tujumirim ⁽¹⁾	Nordeste, Sudeste, Sul		BA, ES, MG, PR, RJ, SC, SP
	<i>Tetragona clavipes</i>	vorá, vamos-embora, borá	Sudeste, Sul	Mel com sabor altamente diferenciado e bastante procurado. O processo produtivo ainda não está plenamente consolidado, principalmente a fase de multiplicação de seus ninhos, que são sujeitos ao ataque de forídeos (moscas parasitas).	AC, AM, AP, BA, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PR, PA, PI, RJ, RS, SC, SP
	<i>Tetragonisca angustula</i>	jataí	Nordeste, Sudeste, Sul	Mais popular no Sudeste e Sul, produz um dos méis mais procurados, devido ao seu sabor e às suas propriedades medicinais (cultura popular). Abundante mesmo em zonas urbanas, fato que favorece a criação disseminada. Os criadores de maior expressão estão no Sul, com produção de 1 kg/ano/ninho de mel.	AM, AP, BA, CE, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PR, PB, PA, PE, RJ, RR, RS, SC, SP

BIOMA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	LOCALIDADE DA CRIAÇÃO	OBSERVAÇÕES	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA ⁽²⁾
PANTANAL	<i>Scaptotrigona bipunctata</i>	canudo, tubuna, tapesuá ⁽¹⁾		Boa produtora de mel, sendo uma das espécies regionais mais produtivas.	AC, CE, MA, MG, PR, PA, RJ, RS, SC
ZONA COSTEIRA	<i>Frieseomelitta varia</i>	manuel-d'abreu ⁽¹⁾	Nordeste		BA, GO, MT, MG, SP, TO
	<i>Melipona bicolor schencki</i>	guaraipo, pé-de-pau, guaraipo-negra, guaraipo-sulina ⁽¹⁾	Sul	Principal espécie de fragmentos litorâneos nos estados mais frios (SC e RS).	PR, RJ, RS, SC, SP
	<i>Melipona compressipes</i>	tiúba, jandaíra-preta-da-Amazônia, uruçucinzenta	AP	Criada em caixas racionais e caboclas.	AC, AM, AP, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PR, PA, PI, RJ, RS, RO, RR, SC, SP, TO
	<i>Melipona fulva</i>		AP	Criada em caixas racionais pelos índios da aldeia Kumenê, Oiapoque (AP), devido a projeto de desenvolvimento sustentado apoiado por ONGs. Com excelentes características para criação comercial para produção de mel. Levemente maior que <i>M. flavolineata</i> .	AM, AP, PA, RR
	<i>Melipona fulva</i>		Ilha de Marajó (PA)		AM, AP, PA, RR
	<i>Melipona mondury</i>	tujuba, uruçú-amarela	Nordeste, Sudeste, Sul	Grande potencial produtivo nas regiões costeiras úmidas, chegando a produzir de 3 a 6 kg de mel/ano. Com expressão na meliponicultura do litoral do PR, é a "líder" na produção de mel.	BA, ES, MG, PR, RJ, RS, SC, SP
	<i>Melipona obscurior</i>	mandury-de-palo, monduri, guasu ⁽¹⁾	Sudeste, Sul	Bastante adaptada às zonas costeiras, principalmente no PR.	MT, PR, RS, SC, SP
	<i>Melipona paraensis</i>	uruçú-boca-de-ralo ⁽¹⁾	AP	Há poucas iniciativas de criação.	AM, AP, PA
	<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>	mandaçaia	Nordeste, Sudeste, Sul	Em coqueiros no litoral de SE.	AL, BA, ES, GO, MS, MG, PB, PE, RJ, SE, SP
	<i>Melipona quadrifasciata quadrifasciata</i>	coeirupú, coirepú, mandaçaia-grande, mandaçaia ⁽¹⁾	Sudeste, Sul	Bem adaptada às regiões úmidas do litoral do PR, onde tem boa produção de mel (2 a 4 kg/ano).	MS, MG, PR, RJ, RS, SC, SP
	<i>Melipona scutellaris</i>	urussu, irussu, eiruçu, uruçú, iruçú ⁽¹⁾	Nordeste		AL, BA, CE, PB, PE, RN, SE
	<i>Scaptotrigona xanthotricha</i>	trompeta, mandaguari-amarelo, tujumirim ⁽¹⁾	Nordeste		BA, ES, MG, PR, RJ, SC, SP
	<i>Tetragonisca angustula</i>	jataí	Nordeste, Sudeste, Sul	Produce mel muito bem nas áreas úmidas costeiras dos estados do PR, SP, RJ e SC.	AM, AP, BA, CE, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PR, PB, PA, PE, RJ, RR, RS, SC, SP
TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CAATINGA	<i>Melipona rufiventris</i>	tujuba, tuiuva, tujuva, uruçus-amarelas	Norte, Nordeste	Ainda pouco criada comercialmente nesta região.	BA, GO, MG, MS, MT, PI, SP, TO
	<i>Tetragonisca angustula</i>	jataí, virgencitas, abelhas-ouro, jataí-verdadeira, jatý, mosquito-amarelo ⁽¹⁾	Norte	Espécie com grande potencial produtivo para esta região, perdendo em interesse pelos criadores pela existência de outras espécies mais produtivas.	AM, AP, BA, CE, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PR, PB, PA, PE, RJ, RR, RS, SC, SP

BIOMA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	LOCALIDADE DA CRIAÇÃO	OBSERVAÇÕES	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA ⁽²⁾
TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO	<i>Melipona fasciculata</i>		Norte	Largamente difundida entre criadores tradicionais.	MA, MT, PA, PI, TO
	<i>Melipona seminigra pernigra</i>	udjy ⁽¹⁾	Norte	A sua criação encontra-se em fase de franca expansão nos municípios de Redenção, Pau-D'arco e Conceição do Araguaia.	MA, PA, TO
	<i>Tetragona quadrangula</i>	menire-udja ⁽¹⁾	Norte, Nordeste e Centro Oeste	Comercialmente ainda pouco criada.	GO, MA, MT, PA, SP, TO
	<i>Tetragonisca angustula</i>	jataí, virgencitas, abelhas-ouro, jataí-verdadeira, jaty, mosquito-amarelo ⁽¹⁾	Norte, Nordeste e Centro Oeste	Com grande potencial para região, contudo, pouco criada devido à ausência da prática da meliponicultura.	AM, AP, BA, CE, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PR, PB, PA, PE, RJ, RR, RS, SC, SP

⁽¹⁾ Nomes populares de acordo com Camargo e Pedro (2007).

⁽²⁾ Distribuição geográfica de acordo com Camargo e Pedro (2007).

Tabela 11.3. Espécies de abelhas sem ferrão e as respectivas culturas agrícolas polinizadas.

ESPÉCIE	CULTURA AGRÍCOLA	LOCALIDADE	FONTE
<i>Aparatrigona impuctata</i>	cupuaçu		Gribel <i>et al.</i> , 2008
<i>Melipona flavolineata</i>	açaí	Belém (PA)	Venturieri, 2006
	araçá		Venturieri <i>et al.</i> , 2010
	camucamu		Maués e Couturier, 2002
	goiaba		Venturieri <i>et al.</i> , 2010
	taperebá		Venturieri e Venturieri, 2010
<i>Melipona fasciculata</i>	açaí	Belém (PA)	Venturieri <i>et al.</i> , 2010
	berinjela		
	pimenta		
	tomate		
<i>Melipona melanoventer</i>	urucum	Belém (PA)	Venturieri e Maués-Venturieri, 1992
<i>Melipona quadrifasciata</i>	tomate pimenta	SP e MG	Del Sarto <i>et al.</i> , 2005; Silva <i>et al.</i> , 2005; Bispo-dos-Santos <i>et al.</i> , 2009
	pimenta malagueta	MG	Cruz, 2009
<i>Melipona seminigra</i>	guaranazal	MT	Ferreira, 2003
<i>Melipona subnitida</i>	pimentão	CE	Cruz <i>et al.</i> , 2005; Silva <i>et al.</i> , 2005
	goiaba	CE	Alves e Freitas, 2006
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	girassol	Recôncavo Baiano (BA)	Machado e Carvalho, 2006
	morango	SP	Malagodi-Braga e Kleinert, 2004
<i>Partamona cupira</i>	goiaba	CE	Alves e Freitas, 2006
<i>Plebeia nigriceps</i>	morango	RS	Witter <i>et al.</i> , 2006
<i>Plebeia spp.</i>	cupuaçu		Venturieri <i>et al.</i> , 1997
<i>Scaptotrigona mexicana</i>	rambutam	México	Rincón-Rabanales <i>et al.</i> , 2003
<i>Scaptotrigona sp.</i>	guaranazal	MT	Ferreira, 2003
<i>Trigona spinipes</i>	goiaba	CE	Alves e Freitas, 2006
<i>Tetragonisca angustula</i>	rambutam		
	morango	SP	Malagodi-Braga e Kleinert, 2004
<i>Trigona spinipes</i>	abóbora	Satuba (AL)	Mélo, 2010
	cajá	Limoeiro (CE)	Oliveira, 2010

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (Fapespa), pelo apoio financeiro em diversos momentos da pesquisa em meliponicultura no estado do Pará. À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) por apoio constante ao estudo dos polinizadores, em particular por pesquisas aqui mencionadas. Aos meliponicultores e pesquisadores que contribuíram para a construção da tabela com o preço atual do mel de muitas espécies brasileiras de abelhas sem ferrão.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, D. S. & KERR, W. E. “Número de Alelos XO em uma População de *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(4): 1237-1244, 2001.
- ALVES, D. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; FRANCOY, T. M.; SANTOS-FILHO, P. S.; BILLEN, J. & WENSELEERS, T. “Successful Maintenance of a Stingless Bee Population Despite a Severe Genetic Bottleneck”. *Conservation Genetics*, 12: 647-658, 2011.
- ALVES, D. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & WENSELEERS, T. “Parasitismo Social em Abelhas sem Ferrão (Apidae, Meliponini)”. In: IX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010, p. 191.
- ALVES, J. E. & FREITAS, B. M. “Comportamento de Pastejo e Eficiência de Polinização de Cinco Espécies de Abelhas em Flores de Goiabeira (*Psidium guajava* L.)”. *Revista Ciência Agronômica*, 37(2): 216-220, 2006.
- BAPTISTELLA, A. R.; SOUZA, C. M.; SANTANA, W. C. & SOARES, A. E. E. “Techniques for the *In Vitro* Production of Queens in Stingless Bees (Apidae, Meliponini)”. *Sociobiology*, 59(1): 297-310, 2012.
- BISHOP, H. *Robbing the Bees: a Biography of Honey, the Sweet Liquid Gold that Seduced the World*. New York, Free Press, 2005.
- BISPO-DOS-SANTOS, S.; ROSELINO, A.; HRNCIR, M. & BEGO, L. “Pollination of Tomatoes by the Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* and the Honey Bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae)”. *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 751-757, 2009.
- BRODSCHNEIDER, R. & CRAILSHEIM, K. “Nutrition and Health in Honey Bees”. *Apidologie*, 41(3): 278-294, 2010.
- BROWN, J. C. & ALBRECHT, C. “The Effect of Tropical Deforestation on Stingless Bees of the Genus *Melipona* (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in Central Rondonia, Brazil”. *Journal of Biogeography*, 28(5): 623-634, 2001.
- CAMARGO, C. A. “Sex Determination in Bees. XI Production of Diploid Males and Sex Determination in *Melipona quadrifasciata*”. *Journal of Apicultural Research*, 18(2): 77-84, 1979.
- CAMARGO, J. M. F. & PEDRO, S. R. M. “Meliponini Lepeletier, 1836”. In: MOURE, J. S.; URBAN, D. & MELO, G. A. R. (Eds.). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea)*

- in the Neotropical Region. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007, pp. 272-578.
- CAMARGO, J. M. F. & POSEY, D. A. “O Conhecimento dos Kayapó sobre as Abelhas Sociais sem Ferrão (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera): Notas Adicionais”. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Série Zoologia*, 6(1): 17-42, 1990.
- CARVALHO, G. A. “The Number of Sex Alleles (CSD) in a Bee Population and Its Practical Importance (Hymenoptera: Apidae)”. *Journal of Hymenoptera Research*, 10(1): 10-15, 2001.
- CARVALHO-ZILSE, G. A.; COSTA-PINTO, M. F. F.; NUNES-SILVA, C. G. & KERR, W. E. “Does Beekeeping Reduce Genetic Variability in *Melipona scutellaris* (Apidae, Meliponini)?”. *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 758-765, 2009.
- CORTOPASSI-LAURINO, M.; ALVES, D. A. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Árvores Neotropicais, Recursos Importantes para a Nidificação de Abelhas sem Ferrão (Apidae, Meliponini)”. *Mensagem Doce*, 100: 21-28, 2009.
- CORTOPASSI-LAURINO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ROUBIK, D. W.; DOLLIN, A.; HEARD, T.; AGUILAR, I.; VENTURIERI, G. C.; EARDLEY, C. & NOGUEIRA-NETO, P. “Global Meliponiculture: Challenges and Opportunities”. *Apidologie*, 37(2): 275-292, 2006.
- COSTA, L. & VENTURIERI, G. C. “Diet impacts on *Melipona flavolineata* Workers (Apidae, Meliponini)”. *Journal of Apicultural Research*, 48(1): 38-45, 2009.
- CRUZ, D. *Biologia Floral e Eficiência Polinizadora das Abelhas Apis mellifera L. (campo aberto) e Melipona quadrifasciata Lep. (ambiente protegido) na Cultura da Pimenta Malagueta (Capsicum frutescens L.) em Minas Gerais, Brasil*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.
- CRUZ, D.; FREITAS, B.; SILVA, L.; SILVA, E. & BOMFIM, I. “Pollination Efficiency of the Stingless Bee *Melipona subnitida* on Greenhouse Sweet Pepper”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 1197-1201, 2005.
- DE LA RÚA, P.; JAFFÉ, R.; DALL’OLIO, R.; MUÑOZ, I. & SERRANO, J. “Biodiversity, Conservation and Current Threats to European Honeybees”. *Apidologie*, 40(3): 263-284, 2009.
- DEL SARTO, M. C. L.; PERUQUETTI, R. C. & CAMPOS, L. A. “Evaluation of the Neotropical Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as Pollinator of Greenhouse Tomatoes”. *Journal of Economic Entomology*, 98(2): 260-266, 2005.
- ELTZ, T.; BRUHL, C. A.; IMIYABIR, Z. & LINSENMAIR, K. E. “Nesting and Nest Trees of Stingless Bees (Apidae: Meliponini) in Lowland Dipterocarp Forests in Sabah, Malaysia, with Implications for Forest Management”. *Forest Ecology and Management*, 172(2-3): 301-313, 2003.
- FERREIRA, M. N. *Polinização Dirigida em Guaranazal Cultivado Utilizando-se Abelhas Apis mellifera, Melipona seminigra abunensis e Scaptotrigona sp. – Mato Grosso – Brasil*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.
- FREITAS, G. S.; SANTANA, W. C.; AKATSU, I. P. & SOARES, A. E. E. “Abelhas para a Melhor Idade: Curso de Meliponíneos, Alfabetização Técnica para a Conservação”. *Bioscience Journal*, 23: 82-88, 2007.
- GALLAI, N.; SALLES, J.; SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B. “Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline”. *Ecological Economics*, 68(3): 810-821, 2009.

- GÉNISSEL, A.; AUPINEL, P.; BRESSAC, C.; TASEI, J.-N. & CHEVRIER, C. "Influence of Pollen Origin on Performance of *Bombus terrestris* Micro-colonies". *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 104: 329-336, 2002.
- GOULSON, D.; LYE, G. C. & DARVILL, B. "Decline and Conservation of Bumble Bees". *Annual Review of Entomology*, 53: 191-208, 2008.
- GREEN, C. L. & OLDROYD, B. P. "Queen Mating Frequency and Maternity of Males in the Stingless Bee *Trigona carbonaria* Smith". *Insectes Sociaux*, 49(3): 196-202, 2002.
- GRIBEL, R.; QUEIROZ, A. L.; ASSIS, M. G.; OLIVEIRA, F. F.; QUEIROZ, M. L. & PALACIO, C. *Polinização e Manejo dos Polinizadores do Cupuaçu (Theobroma grandiflorum)*. Manaus, Inpa, 2008.
- HARPER, M. J.; MCCARTHY, M. A. & VAN DER REE, R. "The Abundance of Hollow-bearing Trees in Urban Dry Sclerophyll Forest and the Effect of Wind on Hollow Development". *Biological Conservation*, 122(2): 181-192, 2005.
- HEARD, T. A. "The Role of Stingless Bees in Crop Pollination". *Annual Review of Entomology*, 44: 183-206, 1999.
- JAFFÉ, R.; DIETEMANN, V.; ALLSOPP, M. H.; COSTA, C.; CREWE, R. M.; DALL'OLIO, R.; DE LA RÚA, P.; EL-NIWEIRI, M. A.; FRIES, I.; KEZIC, N.; MEUSEL, M. S.; PAXTON, R. J.; SHAIPI, T.; STOLLE, E. & MORITZ, R. F. "Estimating the Density of Honeybee Colonies across Their Natural Range to Fill the Gap in Pollinator Decline Censuses". *Conservation Biology*, 24(2): 583-593, 2010.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. & WASER, N. M. "Endangered Mutualisms: the Conservation of Plant-pollinator Interactions". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 83-112, 1998
- KERR, W. *Biologia e Manejo da Tiúba: a Abelha do Maranhão*. São Luís, EDUFMA, Universidade Federal do Maranhão, 1996.
- _____. "Sex Determination in Bees XXI. Number of XO-heteroalleles in a Natural Population of *Melipona compressipes fasciculata* Apidae". *Insectes Sociaux*, 34(4): 274-279, 1987.
- _____. "Métodos de Seleção para Melhoramento Genético em Abelhas". *Magistra*, 18(4): 209-212, 2006.
- KERR, W. E.; CARVALHO, G. A. & NASCIMENTO, V. A. *Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação*. Belo Horizonte, Fundação Acangaú, 1996. (Coleção Manejo da Vida Silvestre).
- KLEINERT, A. M. P.; RAMALHO, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. "Abelhas Sociais (Bombini, Apini, Meliponini)". In: PANIZZI, A. R. & PARRA, J. R. P. (Eds.). *Bioecologia e Nutrição de Insetos*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009, pp. 371-424.
- KOEDAM, D.; MONGE, I. A. & SOMMEIJER, M. J. "Social Interactions of Gynes and Their Longevity in Queenright Colonies of *Melipona favosa* (Apidae: Meliponinae)". *Netherlands Journal of Zoology*, 45(3-4): 480-494, 1995.
- MACHADO, C. S. & CARVALHO, C. A. L. "Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) Visitantes dos Capítulos de Girassol no Recôncavo Baiano". *Ciência Rural*, 36(5): 1404-1409, 2006.
- MALAGODI-BRAGA, K. S. & KLEINERT, A. M. P. "Could *Tetragonisca angustula* Latreille

- (Apinae, Meliponini) Be Effective as Strawberry Pollinator in Greenhouses?”. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(7): 771-773, 2004.
- MAUÉS, M. M. & COUTURIER, G. “Biologia Floral e Fenologia Reprodutiva do Camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh, Myrtaceae) no Estado do Pará, Brasil”. *Revista Brasileira de Botânica*, 25(4): 441-448, 2002.
- MÉLO, D. B. M. *Polinização da Abóbora (Curcubita moschata D.) pela Abelha Arapuá (Trigona spinipes): Requerimentos da Cultura e Eficiência do Polinizador*. Dissertação (Mestrado) – Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2010.
- MENEZES, C. *A Produção de Rainhas e a Multiplicação de Colônias em Scaptotrigona aff. depilis (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2010.
- MICHENER, C. D. *The Social Behavior of the Bees*. Massachusetts, Harvard University Press, 1974.
- _____. *The Bees of the World*. Baltimore, The John Hopkins University Press, 2007.
- NOGUEIRA-NETO, P. *A Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão*. São Paulo, Chácaras e Quintais, 1953.
- _____. “Notas Bionômicas sobre Meliponíneos. III. Sobre a Enxameagem”. *Arquivos do Museu Nacional*, 42: 419-451, 1954.
- _____. *A Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão (Meliponinae)*. São Paulo, Chácaras e Quintais, 1970.
- _____. *Vida e Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão*. São Paulo, Editora Nogueirapis, 1997.
- _____. “Inbreeding and Building up Small Populations of Stingless Bees (Hymenoptera, Apidae)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(4): 1181-1214, 2002.
- _____. “The Nature of Diploid Males”. In: IX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010, pp. 107-109.
- NUNES-SILVA, P.; HNRICIR, M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “A Polinização por Vibração”. *Oecologia Australis*, 14(1): 140-151, 2010.
- OLIVEIRA, F. “Algumas Referências sobre a Meliponicultura e a Sua Cadeia Produtiva”. *Mensagem Doce*, 2009. Disponível em: <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/102/comentario.htm>>.
- OLIVEIRA, M. O. *Abelhas Visitantes Florais e Potenciais Polinizadores da Cajazeira (Spondias mombin L.) sob Cultivo, na Chapada do Apodi, Ceará*. Dissertação (Mestrado) – Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2010.
- OLIVEIRA, R. C.; MENEZES, C.; SILVA, R. A. O.; SOARES, A. E. E. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Como Obter Enxames de Abelhas sem Ferrão na Natureza”. *Mensagem Doce*, 100: 34-39, 2009.
- PAXTON, R. J.; BEGO, L. R.; SHAH, M. M. & MATEUS, S. “Low mating Frequency of Queens in the Stingless Bee *Scaptotrigona postica* and Worker Maternity of Males”. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 53(3): 174-181, 2003.
- PIRES, N. V. C. R.; VENTURIERI, G. C. & CONTRERA, F. A. L. “Elaboração de uma Dieta Artificial Proteica para *Melipona fasciculata*”. *Documentos. Embrapa Amazônia Oriental*, 363: 1-23, 2009.
- POSEY, D. A. & CAMARGO, J. M. F. “Additional Notes on the Classification and

- Knowledge of Stingless Bees (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) by the Kayapó Indians of Gorotire, Pará, Brazil”. *Annals of Carnegie Museum*, 54(8): 247-274, 1985.
- POTTS, S. G. “Valuing and Managing Pollination Services for UK Agriculture”. Trabalho apresentado ao *Institute of Ecology and Environmental Management Spring Conference*, London, 24 mar. 2010.
- PRATO, M. *Ocorrência Natural de Sexuados, Produção in vitro de Rainhas e Multiplicação de Colônias de Tetragonisca angustula (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2010.
- RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; OCHIENG, A. & VIANA, B. F. “Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?”. *Ecology Letters*, 11(5): 499-515, 2008.
- RINCÓN-RABANALES, M.; ROUBIK, D.; GUZMÁN-DÍAZ, M. & VANDAME, R. 2003. “Aspectos fenológicos de árboles de rambután (*Nephelium lappaceum* L., Sapindaceae) y la actividad de *Scaptotrigona mexicana* Guerín, en el sureste del estado de Chiapas, México”. In: III Seminario Mesoamericano sobre Abejas Sin Aguijón. *Anais*, 2003.
- ROUBIK, D. W. *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge, Cambridge University Press, 1989. (Cambridge Tropical Biology Series).
- SÁ, N. P. & PRATO, M. “Conhecendo as Abelhas: um Projeto de Ensino”. *Bioscience Journal*, 23: 107-110, 2007.
- SILVA, D. L. N.; ZUCCHI, R. & KERR, W. E. “Biological and Behavioural Aspects of the Reproduction in Some Species of *Melipona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae)”. *Animal Behaviour*, 20: 123-132, 1972.
- SILVA, E.; FREITAS, B.; DA SILVA, L.; DE OLIVEIRA CRUZ, D. & BOMFIM, I. “Biologia Floral do Pimentão (*Capsicum annuum*) e a Utilização da Abelha Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como Polinizador em Cultivo Protegido. *Revista Ciência Agronômica*, 36(3): 386-390, 2005.
- SLAA, E. J.; SANCHEZ CHAVES, L. A.; MALAGODI-BRAGA, K. S. & HOFSTEDE, F. E. “Stingless Bees in Applied Pollination: Practice and Perspectives”. *Apidologie*, 37(2): 293-315, 2006.
- SOBENKO, J. “Caixa Prática para Jataí”. *Mensagem Doce*, 42: 5-7, 1997.
- SOMMEIJER, M. J.; BRUIJN, L. L. M. & MEEUWSEN, F. “Reproductive Behaviour of Stingless Bees: Solitary Gynes of *Melipona favosa* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) Can Penetrate Existing Nests”. *Entomologische Berichten*, 63(2): 31-35, 2003a.
- SOMMEIJER, M. J.; BRUIJN, L. L. M.; MEEUWSEN, F. & SLAA, E. J. “Reproductive Behaviour of Stingless Bees: Nest Departures of Non-accepted Gynes and Nuptial Flights in *Melipona favosa* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini)”. *Entomologische Berichten*, 63: 7-13, 2003b.
- SOUZA, L.; NASCIMENTO, A. S.; SILVA, S. P. C.; SANTOS, P. C.; SANTANA, A. L. A.; VIEIRA, J. F.; JESUS, J. N.; OLIVEIRA, D. J.; ANDRADE, J. P. & COSTA, S. N. “Preservação e Manejo Sustentável de Abelhas sem Ferrão no Estado da Bahia: Capacitação para a Sustentabilidade”. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4(2): 4114-4117, 2009.

- VELTHUIS, H. H. W. & VAN DOORN, A. “A Century of Advances in Bumblebee Domestication and the Economic and Environmental Aspects of Its Commercialization for Pollination”. *Apidologie*, 37(4): 421-451, 2006.
- VENTURIERI, G. C. *Contribuições para a Criação Racional de Meliponíneos Amazônicos*. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 2008a. (Documentos 330).
- _____. *Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão*. 2. ed. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 2008b.
- _____. “Manejo de Polinizadores Autóctones de Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) na Amazônia Oriental. In: VII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2006, CD-ROM.
- _____. “The Impact of Forest Exploitation on Amazonian Stingless Bees (Apidae, Meliponini)”. *Genetics and Molecular Research*, 8: 684-689, 2009.
- VENTURIERI, G. C. & MAUÉS-VENTURIERI, M. “Insetos Visitantes e Seu Comportamento em Inflorescências de Uruçuzeiro (*Bixa orellana*) em Belém – Pará”. In: I Reunião Técnico-Científica sobre o Melhoramento Genético do Uruçuzeiro, Belém. *Anais*. 1992, pp. 82-89.
- VENTURIERI, G. C.; MAUÉS, M. M. & MIYANAGA, R. “Polinização do Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*, Sterculiaceae): um Caso de Cantorofilia em uma Fruteira Amazônica”. In: Seminário Internacional sobre Pimenta-do-reino e Cupuaçu, Belém. *Anais*. 1997, pp. 341-350.
- VENTURIERI, G. C.; VENTURIERI, G. R.; PIRES, N. V. C. R. & CONTRERA, F. A. L. “Uso de *Melipona* (Apidae, Meliponini) na Polinização de Solanáceas em Casa de Vegetação”. In: IX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010, pp. 220-224.
- VENTURIERI, G. R. & VENTURIERI, G. C. “Sistema Reprodutivo e Visitantes Florais do Taperebazeiro (*Spondias mombin* L. – Anacardiaceae) em Belém, PA”. In: IX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010, p. 381.
- VILLANUEVA-G, R.; ROUBIK, D. & COLLI-UCAN, W. “Extinction of *Melipona beecheii* and Traditional Beekeeping in the Yucatán Peninsula”. *Bee World*, 86(2): 35-41, 2005.
- VOLLET-NETO, A.; MAIA-SILVA, C.; MENEZES, C.; VENTURIERI, G. C.; DE JONG, D. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Dietas Proteicas para Abelhas sem Ferrão”. In: IX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010, pp. 121-130.
- WENSELEERS, T.; ALVES, D. A.; FRANCOY, T. M.; BILLEN, J. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Intraspecific queen parasitism in a highly eusocial bee”. *Biology Letters*, 7: 173-176, 2011.
- WITTER, S.; RADIN, B.; LISBOA, B.; LOPES, L. A. & BARNI, V. “Potencial Polinizador de *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) (Apidae, Meliponina) em Morangueiro”. In: 3º Simpósio Nacional do Morango / 2º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, Pelotas. *Anais*. 2006, CD-ROM.
- ZAYED, A. “Bee Genetics and Conservation”. *Apidologie*, 40(3): 237-262, 2009.



12. Situação da Sanidade das Abelhas no Brasil

Dejair Message, Érica Weinstein Teixeira, David De Jong

HISTÓRICO SOBRE A SANIDADE APÍCOLA NO BRASIL

Os primeiros relatos sobre doenças ou predadores de abelhas referem-se aos estados do Rio Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo. O professor Emílio Schenk, no estado do Rio Grande do Sul, foi um dos primeiros a preocupar-se com este assunto. Na década de 1920, Schenk convenceu os governantes a contratarem um especialista da Alemanha, o técnico Carlos Fedeler, para colaborar na investigação de doenças apícolas no estado. Na época, o foco principal era o “Mal de Outono”, sendo que até hoje não se tem uma definição clara sobre o(s) agente(s) causador(es).

Van Emmelen (1944), na quarta edição de seu livro *Cartilha do Apicultor Brasileiro*, relata que o primeiro caso de nosemose no Brasil foi observado em São Paulo em março de 1934. Ronna (1936) fez observações biológicas sobre dois dípteros em abelhas no Rio de Janeiro (Phoridae e Sarcophagidae), sendo um deles o inseto endoparasita denominado, posteriormente, *Melaloncha ronnai* Borgmeier.

Outros eventos importantes na sanidade apícola ocorreram após a introdução da abelha africana *Apis mellifera scutellata* no Brasil, o que acarretou uma melhor organização dos apicultores, a realização de cursos e a fundação da Confederação Brasileira de Apicultura. Dois cursos de sanidade apícola foram ministrados no Brasil, um no final da década de 1960 e outro no final da década de 1970, com a participação de especialistas da Argentina. A partir daí, surgem com maior intensidade, no Brasil, as pesquisas na área de sanidade apícola. Os primeiros resultados foram discutidos e publicados a partir do I Congresso Brasileiro de Apicultura em 1970.

Nascimento (1970) relatou, pela primeira vez no Brasil, a presença do ácaro endoparasita *Acarapis woodi* em abelhas do Rio Grande do Sul. Nesse trabalho, o autor relata que, até aquele momento, no Brasil, se conheciam vários parasitas e predadores, como os percevejos ou chupões (*Apiomerus lanipes*), as moscas (*Melaloncha ronnai*, *Sarcophaga surrubea*) e *Braula coeca*, o besouro (*Euphoria lurida*), as traças (*Achroia grisella* e *Galleria mellonella*) e os protozoários (*Nosema apis* – hoje considerado um fungo – e *Malpighamoeba mellificae*). Nascimento

(1970) também atribui ao pesquisador A. Ronna o relato da presença de vermes nos intestinos e na cavidade geral do corpo das abelhas, tais como o *Agamomermis* sp. e *Gordius* sp. Nascimento e Souza (1970) também relataram ataques da formiga-leão (*Myrmeleon januarius*) em abelhas no estado do Rio de Janeiro.

No Instituto Biológico de São Paulo, foi isolada pela primeira vez no Brasil a bactéria causadora da Cria Pútrida Europeia (Tomioka, 1966), antes denominada *Streptococcus pluton* e atualmente *Melissococcus pluton*, por Bailey e Collins (1982). No Brasil, a Cria Pútrida Europeia foi detectada pela primeira vez, em 1954, no estado de São Paulo, por H. H. Laidlaw Jr. e W. E. Kerr, em 1959 foi detectada no estado do Rio de Janeiro e, em 1964, no estado de Santa Catarina (Camargo, 1972).

No Departamento de Genética da Universidade de São Paulo (USP), em Ribeirão Preto – SP, as atividades principais na área de sanidade apícola foram iniciadas pelo prof. Warwick Estevam Kerr e pelo dr. Lionel Segui Gonçalves, que foram pioneiros em estudos do comportamento higiênico no Brasil, apresentando uma nova técnica que envolve o uso de congelamento para matar as crias (Gonçalves e Kerr, 1970). A técnica foi utilizada por Cosenza (1970) em um trabalho desenvolvido em Viçosa – MG, tendo sido mostrado serem as abelhas africanizadas mais higiênicas que as abelhas caucasianas.

Entre o I e o III Congresso Brasileiro de Apicultura (1970 e 1974), foram desenvolvidos trabalhos de pesquisa e diagnóstico na área de patologia apícola, principalmente em Santa Catarina e São Paulo, destacando-se os laboratórios da Secretaria de Agricultura do Estado de Santa Catarina, o Instituto Biológico de São Paulo e o Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

Em trabalhos realizados em Santa Catarina, Wiese (1974) delineou a primeira curva de esporulação para *Nosema apis*. Nesse mesmo ano, foi apresentada por Wiese e Mayer (1974) uma técnica que envolvia o comportamento das abelhas infestadas dentro da colmeia para distinção de abelhas sadias e parasitadas pelo ácaro endoparasita *Acarapis woodi*.

Na USP de Ribeirão Preto, Machado e Lemos (1974) avaliaram como danosos os efeitos da Cria Pútrida Europeia na região de Igarapava e São Simão – SP, onde a doença chegou a eliminar cerca de 60% das colmeias. Nessa época, o prof. Dejair Message iniciou seus trabalhos na área de sanidade apícola, sob orientação do prof. dr. José Otávio Machado, isolando a bactéria *Melissococcus pluton* e realizando alguns estudos preliminares com a utilização de cloreto de sódio no controle da Cria Pútrida Europeia. A partir de 1976, o prof. Dejair Message iniciou o curso de mestrado sob a orientação do prof. dr. Lionel S. Gonçalves, ocasião em que passou a trabalhar com comportamento higiênico.

No IV Congresso Brasileiro de Apicultura, em 1976, apresentou a primeira palestra sobre patologia apícola (Message, 1976), bem como os primeiros resul-

tados sobre o comportamento higiênico (Message e Gonçalves, 1976). A partir de 1977, ao ser contratado pela Universidade Federal de Viçosa, passou a diagnosticar doenças de abelhas nessa universidade. Em Ribeirão Preto, o estudo de comportamento higiênico teve continuidade com o mestrado e doutorado da dra. Kátia Gramacho e, posteriormente, outros estudantes trabalharam nesta área, sob orientação do prof. Lionel S. Gonçalves. Destacaram-se, então, vários trabalhos envolvendo esse comportamento como um dos mecanismos de tolerância da abelha africanizada ao ácaro *Varroa destructor*.

No período entre 1979 e 1980, iniciou-se uma linha de pesquisa muito intensa no Departamento de Genética da USP em Ribeirão Preto com a descoberta do ácaro *Varroa destructor* (antes, *Varroa jacobsoni*). Em 1980, durante o V Congresso Brasileiro de Apicultura, realizado em Viçosa, o dr. David De Jong, que havia sido orientado pelo dr. Roger Morse na Cornell University, começa a atuar junto ao grupo de Ribeirão Preto.

No Sul, a dra. Van de Sande e sua filha Marlene Van de Sande prestaram excelente contribuição à área de sanidade apícola através da Secretária de Agricultura de Santa Catarina. Posteriormente, o prof. Aroni Sattler da Universidade Federal do Rio Grande do Sul desenvolveu dissertação de mestrado sobre detecção de esporos de *Paenibacillus larvae larvae* em mel (Sattler, 1993). Nessa época, ainda no Sul, descobriu e acompanhou a doença Cria Giz (Sattler *et al.*, 1998). Na região Sul, nos últimos anos, também vem se destacando a dra. Dulce Maria Tochetto Schuch no Lara do Ministério da Agricultura, em Porto Alegre – RS. Essa pesquisadora desenvolveu tese de doutorado envolvendo a bactéria *Paenibacillus larvae larvae* (Schuch, 2002). Nessa época, o dr. De Jong, prof. Sattler, a dra. Schuch e o dr. Message foram nomeados membros do Comitê Científico Consultivo em Sanidade Apícola do Ministério da Agricultura.

Na Universidade Federal de Viçosa, após dissertação de mestrado sobre comportamento higiênico (Message, 1979) e tese de doutorado sobre reprodução do ácaro *Varroa jacobsoni* (Message, 1986), além dos serviços de diagnóstico de doenças em abelhas, o prof. Message passou a orientar dissertações sobre Cria Pútrida Europeia (Souza, 1994), Cria Pútrida Americana (Costa, 1995; Gonçalves, 2004), criação de larvas de um dia até adulto em condições de laboratório visando testes de patogênese (Silva, 1995); e a nova doença em abelhas, causada pelo pólen de barbatimão, *Stryphnodendron* spp. (Carvalho, 1998; Santos, 2000; Castagnino, 2002; Carvalho e Message, 2004).

Na Unesp de Botucatu – SP, a profa. Silvia Funari detectou a Cria Giz no estado de São Paulo em 1997 (Rocha *et al.*, 1998). Na Unesp de Rio Claro – SP, também são realizados trabalhos sobre os efeitos do barbatimão em abelhas adultas, sob a orientação do prof. Osmar Malaspina (Cintra *et al.*, 2003). Em Blumenau – SC, os profs. Geraldo Moretto e José Carlos V. Gerra Junior desenvolvem estudos sobre a varroatose, sendo orientados durante o mestrado e o doutorado pelo grupo de ge-

nética da FFCLRP-USP e da FMRP-USP, onde inúmeras outras teses vêm sendo desenvolvidas, principalmente sobre a varroatose. Em Jaboticabal – SP, também alguns trabalhos e teses foram desenvolvidos sobre a varroatose, sob orientação da profa. dra. Regina Helena Nogueira Couto.

Vários outros pesquisadores também apresentaram contribuições para a sanidade apícola no Brasil. Flechtmann *et al.* (1976) desenvolveram estudos sobre a ocorrência de acariose e, posteriormente, sobre varroatose no estado de São Paulo; Silva (1976), sobre a ocorrência de acariose em Pindamonhangaba – SP; Guimarães e Gonçalves (1976), sobre ocorrência e tratamento da Cria Pútrida Europeia e Nosemose, em Minas Gerais; Lengler (1976) comparou o comportamento higiênico entre as abelhas africanizadas e italianas; Cruz-Landim e Yabuki (1980) realizaram estudos envolvendo a ultraestrutura de *Nosema apis* e Viana (1994) relatou a primeira ocorrência de acariose na Bahia. Inúmeros trabalhos foram feitos e publicados sobre varroatose, principalmente pelo grupo de Ribeirão Preto, sob a orientação dos profs. Lionel S. Gonçalves e David de Jong.

Message *et al.* (1996) e Teixeira *et al.* (2008a, b) foram os primeiros pesquisadores brasileiros a detectar a presença de viroses em abelhas africanizadas.

Recentemente, uma nova pesquisadora passou a trabalhar na área de sanidade apícola, a dra. Érica Weinstein Teixeira (Pesquisadora da APTA – Pindamonhangaba), que realizou seu pós-doutorado em diagnóstico molecular de patógenos de abelhas no Bee Research Laboratory do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) em Beltsville, Maryland, sob a orientação do dr. Jay Evans.

Em 2008, foi aprovado um projeto atendendo ao edital 064/2008 do CNPq/Mapa, cujos recursos adicionados àqueles provenientes da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo permitiram a montagem do Laboratório de Sanidade Apícola (Lasa) no Polo Regional de Pindamonhangaba; este deverá ser o primeiro laboratório nacional a utilizar métodos moleculares para identificação de patógenos de abelhas. O Lasa também atuará como Centro Colaborador em Defesa Agropecuária – Sanidade Apícola junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Dadas as dimensões continentais do Brasil, um dos objetivos desse centro é incentivar a abertura de novos laboratórios de sanidade apícola em diferentes regiões apícolas do país.

Pelo que se observa nesse histórico da sanidade apícola no Brasil, as ações desenvolvidas ao longo do tempo foram pontuais e pouco incentivadas, como talvez tenha ocorrido ao redor do mundo, até se acentuar o declínio dos polinizadores, principalmente em função do fenômeno denominado CCD (*Colony Collapse Disorder*). A partir da ameaça atual de declínio dos polinizadores devido à CCD, observa-se pela primeira vez na área de sanidade apícola uma união de esforços entre grupos de pesquisadores que trabalham direta ou indiretamente com a saúde das abelhas, tanto nos Estados Unidos quanto na Comunidade Econômica Europeia. Entre os objetivos comuns desses grupos destacamos os seguintes:

- padronizar técnicas de diagnóstico;
- avaliar causas relacionadas com o desaparecimento e enfraquecimento de colônias;
- identificar genes relacionados com mecanismos de resistência ou tolerância a patógenos e parasitas das abelhas, visando prospectar e utilizar linhagens resistentes, em detrimento do uso de quimioterápicos, como uma forma menos onerosa e capaz de manter a qualidade natural dos produtos apícolas;
- avaliar os efeitos de doses subletais dos inseticidas que são utilizados em todo o mundo, em especial, aqueles do grupo dos neonicotinoides, bem como revisar e propor novos critérios para registro de pesticidas que efetivamente possam proteger os polinizadores (Ellis, 2010; Moritz *et al.*, 2010; Pettis e Delaplane, 2010).

SITUAÇÃO ATUAL DA SANIDADE APÍCOLA NO BRASIL

Nos últimos anos, a área de sanidade apícola vem ganhando uma importância muito grande ao redor do mundo, principalmente nos Estados Unidos e na Comunidade Econômica Europeia, devido às perdas de abelhas pelo CCD, cujas causas ainda não foram determinadas apesar do montante de recursos e do número de pesquisadores que se dedica a encontrar uma solução para o problema.

Uma das melhores revistas científicas do mundo com publicações sobre abelhas, *Apidologie*, dedicou em 2010 um número especial somente sobre sanidade das abelhas. Recursos substanciais têm sido aplicados por agências financiadoras de muitos países para detectar as causas dessas perdas. Todos os esforços despendidos na preservação da saúde das abelhas devem-se ao fato de elas serem os insetos mais importantes na polinização de culturas. Em função desse serviço prestado, elas contribuem com 35% da produção do alimento consumido pela população humana (Delaplane e Mayer, 2000).

No Brasil, a maioria dos apicultores possui em seus apiários abelhas africanizadas, um poli-híbrido resultante de cruzamentos naturais entre abelhas africanas *Apis mellifera scutellata* introduzidas no estado de São Paulo em 1956 e as abelhas europeias introduzidas anteriormente. Em função desses cruzamentos naturais, a população comercial e aquela encontrada na natureza apresentam uma variabilidade genética muito grande e são consideradas mais resistentes aos diferentes patógenos e parasitas do que as europeias. No entanto, nos últimos anos, com a entrada de novos parasitas como o haplótipo K do ectoparasita *Varroa destructor* (Strapazzon *et al.*, 2009), os novos vírus (Message *et al.*, 1996; Teixeira *et al.*, 2008a), o microsporídio *Nosema ceranae* (Klee *et al.*, 2007) e com o uso de inseticidas neonicotinoides, a situação sanitária das abelhas africanizadas vem se agravando, com perdas substanciais de colmeias ou com seu enfraquecimento repentino, principalmente no Sudeste e Sul do Brasil. Graças ao longo trabalho de conscientização

feito pelos pesquisadores brasileiros que atuam na área de sanidade apícola, o uso de quimioterápicos é praticamente nulo, permitindo um diferencial de qualidade dos produtos apícolas brasileiros.

A despeito dos esforços despendidos pelos especialistas da área, esse panorama está aos poucos se modificando principalmente, no Sul, onde muitos apicultores, por tradição, buscam europeizar as populações de abelhas tornando-as mais suscetíveis a esses novos patógenos introduzidos recentemente no país e, com isso, alguns vêm preferindo usar produtos químicos para controlar principalmente a varroatose, em vez de priorizar o trabalho de seleção de linhagens mais resistentes, como alguns apicultores do Sul já vêm fazendo com sucesso (Aldo Machado dos Santos, informação pessoal).

Infelizmente, no Brasil, a apicultura somente passou a ter maior destaque nas esferas governamentais quando se iniciou a exportação de mel, em função do bloqueio das importações de mel da China pela Comunidade Econômica Europeia, devido a problemas de contaminação desse produto por antibiótico visando ao controle da Cria Pútrida Americana.

As abelhas somente passaram a ser utilizadas em serviços de polinização de culturas nas últimas décadas, principalmente nas culturas de maçã, melão e de sementes de hortaliças, muito embora ainda sem a devida visibilidade entre os políticos e governantes. Assim, o declínio das abelhas ainda não sensibiliza os políticos e detentores do poder de decisão no país.

Dessa forma, praticamente não temos ainda uma política adequada de estímulos à pesquisa e às atividades de controle sanitário dos apiários através de levantamentos epidemiológicos sistemáticos nas diferentes regiões do país. O que se conhece nos últimos anos é fruto de alguns projetos pontuais desenvolvidos, principalmente, pelo Laboratório de Sanidade Apícola da Universidade Federal de Viçosa (desativado em 2009 com a aposentadoria do pesquisador responsável), pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo Lanagro/Mapa do Rio Grande do Sul e pelos estudos sobre a varroatose e comportamento higiênico desenvolvidos no Departamento de Genética do campus da USP de Ribeirão Preto.

Pouco se conhece sobre a situação sanitária dos apiários no Centro-oeste, Norte e Nordeste do Brasil. Também nada se conhece sobre a situação sanitária dos meliponários brasileiros e das colônias de abelhas nativas do Brasil, principalmente, sobre o impacto dos defensivos agrícolas do grupo dos neonicotinoides, os quais, além de apresentarem uma dose letal muito baixa, têm sido aplicados muitas vezes de forma irregular.

Outro problema a respeito do desconhecimento da situação sanitária dos apiários no Brasil deve-se às dimensões continentais do país e à falta de laboratórios, recursos humanos e recursos financeiros para esta área. Logo, o panorama atual da situação sanitária dos apiários no Brasil fica restrito aos resultados de pesquisas conduzidas no Sudeste e no Sul do país.

A seguir, são avaliados alguns dos principais problemas sanitários observados nos últimos anos nessas duas regiões, a saber:

A) Cria Ensacada Brasileira

Nos últimos anos, um dos principais problemas enfrentados pela apicultura praticada em regiões da Mata Atlântica e do Cerrado com vultosas perdas econômicas é a doença denominada por Message (1997) como Cria Ensacada Brasileira.

Anualmente, essa doença extermina ou enfraquece milhares de colônias de abelhas onde ocorre em condições naturais o barbatimão (*Stryphnodendron* spp.). As crias afetadas apresentam sintomas semelhantes àqueles apresentados pela Cria Ensacada em outros países, cujo agente etiológico é os vírus SBV (Bailey *et al.*, 1964). No entanto, após vários anos tentando isolar sem sucesso esse vírus a partir de crias com sintomas típicos, Carvalho e Message (2004) descobriram que os sintomas na realidade eram causados por toxinas presentes no pólen de barbatimão (*Stryphnodendron* spp.). Por meio de criação em laboratório é possível reproduzir a doença utilizando o pólen do barbatimão obtido em coletores de pólen ou separados do pão de abelhas (Carvalho e Message, 2004; Silva *et al.*, 2009).

Em virtude da dificuldade de se obter néctar puro, não se sabe até o momento se este contém a toxina, porém existem indícios de que a abelha adulta, ao coletar, transportar e processar esse néctar, poderia ser afetada, uma vez que as perdas de colônias na maioria das vezes ocorrem em menos de um mês, sendo, portanto, difícil explicar a queda rápida da população de abelhas adultas somente pela não reposição de novas abelhas devido aos efeitos nas crias. Cintra *et al.* (2003) verificaram que extratos de inflorescências de barbatimão reduzem a longevidade de abelhas adultas, o que é insuficiente para explicar a rápida perda de colmeias fortes.

Essa intoxicação, em determinados anos, chega a causar perda total de apiários e tem causado o abandono da apicultura em algumas regiões de cerrado e de Mata Atlântica. Tem sido observada, em nossos trabalhos, a presença de abelhas nativas coletando néctar e pólen em diferentes espécies de barbatimão e resultados preliminares recentes também têm mostrado efeitos tóxicos do barbatimão sobre crias de abelhas nativas.

Purificar a toxina do pólen do barbatimão, responsável pelos sintomas da Cria Ensacada Brasileira, e avaliar em que nível do processo de muda ou metamorfose essas toxinas estariam afetando e matando as crias de abelhas é um desafio importante, bem como comparar os efeitos dessa toxina em abelhas nativas e abelhas *Apis mellifera*, visando estabelecer quais genes ou cascatas de genes teriam sua(s) expressão(ões) afetada(s) pela toxina, utilizando *microarrays* ou transcriptomas. Os resultados dessas pesquisas poderiam contribuir para a busca de linhagens de abelhas com algum nível de resistência a essa toxina, embora tenha sido encontrado em abelhas um *déficit* relativo de enzimas detoxificantes em relação

a outros insetos (Claudianos *et al.*, 2006). Prospectar a existência de resistência comportamental envolvendo a não preferência pela coleta do pólen do barbatimão também é um caminho que pode contribuir para a obtenção de linhagens resistentes. Por não existirem, no momento, possibilidades de controle desta doença por meios quimioterápicos, o uso de linhagens mais resistentes à toxina ou que tenham reduzida preferência pela coleta de pólen de barbatimão poderia diminuir as perdas econômicas dos apicultores estabelecidos em regiões de Cerrado e Mata Atlântica, lugares estes com forte potencial na produção de mel, própolis e geleia real e também prestação de serviços de polinização, como vem ocorrendo, ainda de forma incipiente, no norte do estado de Minas Gerais em culturas visando à produção de sementes.

É importante salientar que, embora alguns efeitos tóxicos de plantas em abelhas tenham sido observados ao redor do mundo, nenhum deles apresenta as características dos efeitos tóxicos do pólen de barbatimão e também não causam tanta perda econômica. Portanto, até o momento, os efeitos do pólen e/ou néctar do barbatimão constituem um problema sério e específico do Brasil.

B) Cria Pútrida Americana

Esta é uma doença altamente prejudicial às abelhas que tem como agente etiológico a bactéria *Paenibacillus larvae*, anteriormente classificada como *Bacillus larvae* (White, 1920; Genersch *et al.*, 2006). Por formar esporos quando em condições adversas do meio, é muito difícil de eliminar e, portanto, considerada de alto risco para a apicultura.

O seu controle tem sido feito com antibióticos em diferentes partes do mundo; no entanto, o uso constante de quimioterápicos pode levar ao aparecimento de linhagens bacterianas mais resistentes (Evans, 2003), provocando sua substituição ao longo do tempo de uso. A China, país considerado o maior produtor e exportador de mel do mundo, teve, a partir de 2001, as suas exportações embargadas pela Comunidade Econômica Europeia em função da presença de resíduos de cloranfenicol no produto, utilizado para substituir tetraciclina no controle da Cria Pútrida Americana por causa dessa resistência.

Até 2002, esta doença não havia sido detectada no Brasil e também não havia sido revelada a presença de esporos do patógeno em mel produzido nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (Sattler, 1993; Costa, 1995). No entanto, Costa (1995) detectou a presença de esporos em mel importado da Argentina e da Espanha, adquiridos em supermercados nos estados de Minas Gerais e São Paulo, o que levou o governo brasileiro a estabelecer barreiras sanitárias nas importações brasileiras de mel.

Utilizando a técnica oficial brasileira (Brasil, 2003) para detecção microbiológica de esporos de *P. larvae*, Schuch *et al.* (2002) relataram o primeiro caso da presença de esporos desta bactéria em abelhas adultas e em mel obtido de colônias

de um apiário no Rio Grande do Sul; porém, não foram detectados sintomas da doença na colmeia avaliada. Segundo o prof. Aroni Sattler (informação pessoal), levantamentos foram realizados em 2005 em 1 315 amostras de mel, coletadas em 427 municípios do Rio Grande do Sul. Todas foram negativas, indicando a não propagação da doença no estado. No entanto, em 2006, ele observou sintomas da doença em amostras de crias de colmeias próximas a Curitiba – PR, enviadas por um apicultor. Em ambos os casos, os apiários estavam ligados a entrepostos e nestes foram detectados mel e/ou pólen contaminado com esporos de *P. larvae*.

Medidas de contingenciamento do foco foram tomadas pelo Ministério da Agricultura, mas não se sabe se essas ações realmente foram efetivas, pois não se concluiu todo o plano. Devido à importância e aos efeitos da Cria Pútrida Americana na apicultura de alguns países, principalmente quanto aos efeitos negativos relacionados com seu controle por quimioterápicos, torna-se importante desenvolver pesquisas epidemiológicas em nível nacional com o objetivo de monitorar o surgimento de novos focos, que poderiam ser contingenciados antes da redispersão dos esporos. Também é importante estimular pesquisas em diferentes regiões do país para avaliar o nível de resistência (resistência comportamental da colônia; proteção pelo alimento das operárias e pela capacidade de filtração de esporos presentes no mel e expressão de genes imunes) apresentado pelas abelhas africanizadas e, concomitantemente, realizar a seleção de linhagens resistentes e produtivas, visando à substituição daquelas suscetíveis e pouco produtivas, com a finalidade de se evitar o uso de quimioterápicos caso a doença se expanda para outras regiões.

Em função de resultados obtidos por Bastos e col. (Bastos *et al.*, 2008) mostrando que *in vitro* a própolis verde produzida no Sudeste brasileiro tem atividade antimicrobiana sobre a bactéria *P. larvae*, seria importante desenvolver tecnologias de aplicação de extratos de própolis que possam eficientemente contribuir no controle desta e de outras doenças. O uso de própolis e de linhagens resistentes são os métodos hoje preconizados pelos Estados Unidos e pela Comunidade Econômica Europeia para controlar esta doença (Antúñez *et al.*, 2008; Moritz *et al.*, 2010; Simone-Finstrom e Spivak, 2010).

C) Cria Pútrida Europeia e Cria Giz

A Cria Pútrida Europeia é uma doença que tem como agente causador a bactéria *Melissococcus plutonius* e a Cria Giz, o fungo *Ascosphaera apis*. Estas doenças ocorrem em várias partes do país, no entanto, são doenças que não oferecem grande perigo à apicultura nacional. Substituição de rainhas visando obtenção de proles menos suscetíveis em ambos os casos e seleção de linhagens higiênicas são meios eficientes para controlá-las. Nos últimos anos, temos encontrado crias com sintomas semelhantes ao da Cria Pútrida Europeia em algumas colmeias, mas a

presença da bactéria não tem sido observada. Inseticidas poderiam estar relacionados ao aparecimento deste tipo de sintoma, mas não há qualquer comprovação até o momento.

D) Nosemose

Nosemose é uma das mais sérias e prevalentes doenças de abelhas adultas ao redor do mundo (Matheson, 1993; Moritz *et al.*, 2010) e tem como agente causador um microsporídio intracelular denominado de *Nosema apis*. Esta doença foi detectada pela primeira vez no Brasil em 1934 no estado de São Paulo (Van Emmelen, 1944), no entanto, Rossi e Davila (1970) citam em seu trabalho uma curva de esporulação de *Nosema apis* obtida por Fedeler em 1928 em apiários na região de Porto Alegre. Com o avanço das abelhas africanizadas, a doença praticamente desapareceu no estado de São Paulo e em outros estados do Sul, provavelmente sendo este o fato determinante do fechamento da linha de produção do antibiótico Fumidil-B pela Abbot do Brasil àquela época.

Com o desenvolvimento de técnicas moleculares para diagnóstico de patógenos, uma nova espécie de *Nosema* foi detectada em abelhas *Apis cerana* (Fries *et al.*, 1996) e, posteriormente, por Huang *et al.* (2007), em abelhas *A. mellifera* em Taiwan e na Europa (Higes *et al.*, 2006; Paxton *et al.*, 2007).

No Brasil, esporos de *N. ceranae* foram detectados por nós (D. Message e I. C. Silva) pela primeira vez (em julho de 2006) em um apiário em Altinópolis – SP (Klee *et al.*, 2007). Em 2007, um levantamento amplo em vinte apiários (cerca de 1 100 colmeias de abelhas africanizadas) da região onde foram detectados os primeiros esporos mostrou uma prevalência de 100% de *N. ceranae* nas colmeias analisadas. Também foram observadas colmeias apresentando uma variação no número de esporos por abelha, variando de cerca de 70 mil a 8 milhões de esporos, indicando a possibilidade da existência de linhagens com algum mecanismo de resistência (D. Message, dados não publicados).

Este novo microsporídio tem sido associado com o colapso de colônias de abelhas (Higes *et al.*, 2008; Paxton, 2010) e tem uma incidência significativa em colmeias com sintomas de CCD nos Estados Unidos (Cox-Foster *et al.*, 2007). Bromenshenk *et al.* (2010) associam o vírus IIV (Invertebrate Iridescent Virus), *N. ceranae* e *Varroa destructor* com o colapso de colônias nos Estados Unidos.

Resultados obtidos até o momento (D. Message e colaboradores, dados não publicados) mostram que esse novo microsporídio tem uma capacidade de dispersão muito grande. A avaliação da infecção em abelhas adultas coletadas na entrada do alvado mostra uma variação muito grande entre as coletas realizadas, inclusive naquelas feitas a cada dois dias, tornando difícil o uso desse método para selecionar linhagens resistentes ou suscetíveis. Análises microscópicas de abelhas rastejando na frente de colmeias (positivas para *N. ceranae*) têm apresentado, até o momento,

resultados negativos quanto à presença desse microsporídio. Abelhas forrageiras de colmeias com alta infecção apresentaram alguns de seus genes imunes suprimidos. Após um período de colapso e declínio em vinte colônias experimentais com alto e baixo número de esporos, instaladas no Departamento de Genética da USP de Ribeirão Preto, as colmeias que sobreviveram eram as mais infectadas por *N. ceranae*. Esses resultados parciais mostram que no Brasil existe a necessidade de se desenvolverem novas investigações, pois os resultados obtidos parecem ser diferentes daqueles obtidos na Europa e nos Estados Unidos com abelhas europeias e têm sido observadas muitas variações no processo de infecção em abelhas africanizadas.

E) Varroatose

O agente causador desta parasitose é o ácaro *Varroa destructor*. Ele foi introduzido no Brasil na década de 1970, existem grandes evidências de que tenha sido introduzido a partir de rainhas levadas do Japão para o Paraguai e de lá para o Brasil. A linhagem genética inicialmente aqui introduzida pertencia ao haplótipo J (de Japão) com baixa taxa reprodutiva, no entanto, outra linhagem foi recentemente introduzida, a linhagem do haplótipo K (de Korea), que apresenta uma taxa reprodutiva maior, mesmo em abelhas africanizadas (Garrido *et al.*, 2003; Strapazzon *et al.*, 2009). Tal fato tem nos preocupado, uma vez que os efeitos diretos e/ou indiretos dessa nova linhagem podem levar os apicultores a tentarem usar produtos quimioterápicos em vez de buscarem métodos de seleção, como alguns apicultores já vêm realizando no Sul. Em nossos levantamentos, realizados no Sudeste do Brasil, temos observado uma maior taxa reprodutiva deste ácaro nos últimos anos, mas também tem sido observada uma variabilidade entre colônias, o que possibilita a seleção.

F) Cria careca

O principal sintoma clínico desta patologia é a presença de pupas aparentemente normais com os opérculos removidos. Larvas da traça da cera têm sido indicadas como causadoras desta anomalia, no entanto, ao longo dos últimos anos, temos observado uma incidência muito alta (acima de 70%) da presença do ácaro *Varroa destructor* nestas células abertas. Possivelmente, esta maior incidência de crias carecas em abelhas africanizadas é uma resposta à tentativa de supressão da reprodução do ácaro varroa nas crias, como observado no Brasil, por Corrêa-Marques e de Jong (1998), e nos Estados Unidos, onde este fenômeno foi denominado de VSH (Varroa Sensitive Hygiene) (Harbo e Harris, 2005; Ibrahim e Spivak, 2006; Rinderer *et al.*, 2010), sendo possivelmente induzido em resposta a sinais emitidos pelas crias devido às irritações provocadas pelo ácaro ou em resposta ao cheiro diferencial pela presença do ácaro. Se o ácaro consegue escapar ou se é morto/

mutilado pelas abelhas, as crias voltam a ser operculadas, quando ainda estão normais, caso contrário, se persistirem nas células, as crias são removidas. Esse mecanismo vem sendo utilizado para selecionar colônias de abelhas tolerantes ao ácaro *Varroa destructor*, por suprimirem sua reprodução (Villa *et al.*, 2009; Rinderer *et al.*, 2010).

G) CCD, colapso de colônias de abelhas, crias anômalas e enfraquecimento de colmeias no Sudeste brasileiro

CCD (Colony Collapse Disorder) é um fenômeno que vem ocorrendo em várias partes do mundo. O primeiro caso relatado ocorreu no outono/inverno de 2006-2007 nos Estados Unidos. Caracteriza-se por: perda repentina da população de abelhas adultas; poucas ou nenhuma abelha adulta morta dentro ou fora da colmeia; presença de crias operculadas e de pequenos *clusters* de abelhas jovens, podendo ser observada a presença de rainha. Colônias afetadas não apresentam evidências de traça da cera e frequentemente contêm reservas de alimentos que não são saqueadas. Nos Estados Unidos, têm sido reportadas nos últimos quatro anos perdas anuais da ordem de 30%, que afetam a indústria de polinização americana. Até o momento, inúmeras indicações de agentes causadores têm sido apontadas, mas nenhuma ainda confirmada. Em outros países, como Espanha, o colapso de colônias tem sido atribuído ao microsporídio *Nosema ceranae* (Higes *et al.*, 2009). Acredita-se que várias condições possam estar associadas, causando tal fenômeno.

No Brasil, mais especificamente na região de Altinópolis – SP, Message *et al.* (2010) detectaram entre duas visitas de inspeção (intervalo de quinze dias) em um apiário experimental, no final de agosto e início de setembro de 2008, dois casos de perdas repentinas de colônias fortes com as mesmas características observadas pelos apicultores e pesquisadores americanos. As colmeias estavam repletas de mel e pólen e tinham crias; uma delas tinha abelhas jovens e uma rainha que poderia ser nova devido à presença de realeiras. Não foram observados saques e nem traça da cera nos favos durante um período de aproximadamente dois meses após a ocorrência. Favos com mel espalhados ao lado do apiário também não foram saqueados, mesmo sendo um período com pouca disponibilidade de néctar. Duas outras colônias também haviam abandonado os seus respectivos ninhos, porém antes do início das inspeções, sem podermos precisar a data de ocorrência. Na região, já foram detectados os vírus IAPV (Teixeira *et al.*, 2008) e os vírus APV, BQCV e DWV (Teixeira *et al.*, 2008) em análises feitas nos Estados Unidos (USDA). Todas as colmeias analisadas na região apresentaram o microsporídeo *Nosema ceranae* e o ácaro *Varroa destructor* (D. Message *et al.*, dados não publicados). Na região, existem muitas plantações de cana-de-açúcar e de eucalipto, sendo muito utilizado nessas culturas o inseticida fipronil e outros inseticidas neonicotinoides. Inúmeras outras perdas têm ocorrido na região, porém apresentando sintomas em crias

ou mortalidade de abelhas adultas. Na região centro-oeste de Minas Gerais, um apicultor nos relatou perdas em 2009 com características semelhantes. Em agosto de 2010, esse apicultor relatou-nos uma grande perda ou enfraquecimento de colônias, que poderiam estar relacionadas também com o mesmo quadro clínico. Os resultados observados até o momento indicam a ocorrência da CCD (Colony Collapse Disorder) em abelhas africanizadas situadas no Sudeste do Brasil, no entanto, a causa ainda não pôde ser estabelecida.

Em alguns outros casos de colapso de colmeias ocorridos entre abril e agosto de 2010, as colônias afetadas foram declinando até o extermínio total, mas apresentavam mortalidade de abelhas adultas na frente da colmeia e presença de crias com sintomas anômalos (diferentes daqueles apresentados por outras doenças: pupas escuras ou marrons, algumas vezes com abdômen reduzido e seco). Esses mesmos sintomas têm sido observados em colônias experimentais na região de Altinópolis entre abril e agosto de 2007. Em outras regiões do Sudeste, também têm sido observadas colônias em declínio com a presença de pupas escuras e pupas marrons. A etiologia dessa doença é desconhecida e necessita ser investigada, pois causa sérias perdas econômicas aos apicultores. Os locais onde esta doença tem sido observada são áreas de plantios de eucalipto e de cana. Suspeita-se da ação de inseticidas como o fipronil e outros da família dos neonicotinoídeos, possivelmente associados com viroses que poderiam estar sendo transmitidas pelo ácaro *Varroa destructor*.

No Departamento de Genética da USP, *campus* de Ribeirão Preto, outro fenômeno de declínio de colônias vem ocorrendo anualmente no período de inverno. Neste caso, larvas operculadas no final do processo de formação do casulo morrem apresentando uma coloração amarelada. A etiologia desta doença ainda não foi determinada.

Como acontece em outras partes do mundo, o fenômeno do colapso das colônias também vem ocorrendo no Brasil e estudos que visem determinar o papel de diferentes viroses, do ácaro *Varroa destructor*, do microsporídio *Nosema ceranae* e de inseticidas sistêmicos como fipronil e os neonicotinoídeos, que são intensamente utilizados na região, necessitam ser realizados.

H) Inseticidas

Acidentes causados pela aplicação de inseticidas têm ocorrido rotineiramente em apiários localizados próximo a grandes culturas, principalmente nas culturas da laranja, da cana e do café. No entanto, a maior preocupação está relacionada com o uso de inseticidas sistêmicos que ao serem aplicados no solo podem passar para outras plantas não alvo, como ervas daninhas que irão fornecer néctar e pólen para as abelhas. Não obstante, também causa preocupação o inseticida que passa para a planta-alvo e pode deixar resíduos em concentrações subletais, frequentemente

difíceis de serem detectadas por métodos normais, principalmente quando se trata de inseticidas, em especial o fipronil e os neonicotinoides, os quais apresentam doses letais muito baixas. Chauzat *et al.* (2006) detectaram a presença dos inseticidas fipronil e imidaclopride, dentre outros, em pólen coletado pelas abelhas. Doses subletais desses inseticidas afetam o sistema de orientação das abelhas ou a expressão de genes imunes. A associação desses inseticidas com patógenos precisa ser mais bem estudada.

I) Víroses

Bailey e Ball (1991) apresentam uma lista de dezoito diferentes vírus que ocorrem em abelhas, no entanto, outros têm sido detectados nos últimos anos. Alguns desses vírus como o *Black Queen Cell Virus*, *Filamentous Virus* e vírus Y têm sido descritos por Bailey e Ball (1991) em íntima associação com o microsporídio *Nosema apis*. No Brasil, já foram detectados os seguintes vírus: *Filamentous Virus*, *Acute Paralysis Virus*, *Black Queen Cell Virus* e *Cloudy Wing Virus*, utilizando técnica de dupla imunodifusão (Message *et al.*, 1996); os vírus *Deformed Wing Virus*, *Acute Paralysis Virus*, *Black Queen Cell Virus* e o vírus *Israeli Acute Paralysis Virus*, através de técnicas moleculares por PCR (Teixeira *et al.*, 2008a, 2008b). As consequências dessas viroses em abelhas ainda são, na sua maioria, desconhecidas e precisam ser investigadas.

J) Sanidade em abelhas nativas

No Brasil e no resto do mundo pouco se sabe sobre patógenos e parasitas em abelhas nativas. Estrategicamente, deveria ser estimulado o desenvolvimento de métodos para avaliar a patogenicidade de possíveis micro-organismos que possam vir a ser isolados dessas abelhas ou mesmo para avaliar efeito de toxinas. Um inquérito entre meliponicultores sobre a presença de crias falhadas nos favos, que pode ser um indicativo da presença de doenças de cria ou de alelos sexuais em homozigose, bem como presença de abelhas mortas na frente da entrada da colmeia, também seria de grande valia para prospectar eventuais problemas sanitários. Avaliação dos efeitos agudos e de doses subletais dos principais inseticidas utilizados no momento, em especial dos neonicotinoides, deveria ser efetuada, bem como testar pólen e/ou néctares provenientes de culturas tratadas com inseticidas sistêmicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluindo, é preciso que as autoridades brasileiras sejam conscientizadas sobre a importância das abelhas na produção de alimentos para a humanidade,

por meio de sua enorme capacidade de polinização. É preciso que as autoridades também sejam alertadas do perigo de declínio desses polinizadores aqui no Brasil, mesmo levando-se em conta que entre as abelhas *Apis mellifera*, as abelhas africanizadas sejam consideradas mais resistentes ou tolerantes às doenças, parasitas e predadores em relação às europeias. O quadro anterior mostra que existem problemas sanitários crônicos e casos emergentes que precisam ser mais bem avaliados, para que ações de controle, que não afetem a qualidade dos produtos apícolas, possam ser tomadas, reduzindo as perdas desses polinizadores e, conseqüentemente, as perdas econômicas que hoje já estão afetando os apicultores em algumas regiões do país.

Devido às dimensões continentais do país é necessário:

- treinar mais profissionais nessa área e incentivar a criação de novos laboratórios em regiões diferentes do país;
- monitorar de forma mais constante e generalizada os apiários e meliponários instalados;
- criar uma rede de prestação de serviços envolvida, não somente no diagnóstico, mas também na prospecção de linhagens de abelhas resistentes aos diferentes patógenos e parasitas e mais produtivas, bem como mais eficientes na polinização de diferentes culturas em diferentes regiões do país;
- incentivar a produção e distribuição de rainhas melhoradas em cada uma das regiões brasileiras de forma equilibrada para não afetar demasiadamente a variabilidade genética da população;
- e, finalmente, é necessário que os pesquisadores e laboratórios brasileiros participem de redes de diferentes grupos de pesquisa do mundo, haja vista que essa é uma alternativa de sucesso na busca da elucidação dos agentes causadores deste declínio das abelhas, considerando-se a complexidade das interações entre patógenos, a nutrição, aspectos genéticos, pesticidas e condições ambientais que parecem estar envolvidas no declínio dos polinizadores.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e Fapemig pelo financiamento de projetos relacionados com a sanidade apícola concedido à Universidade Federal de Viçosa e em especial ao CNPq/Mapa (Edital 64, Processo 578293/2008-0) pelo financiamento e concessão de bolsas e à APTA/SAA (SP) pela disponibilização de infraestrutura. Agradecemos também aos apicultores que contribuíram com amostras, colmeias etc.; aos pesquisadores citados e não citados; aos alunos de graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento do conhecimento gerado até o momento no Brasil na área de sanidade das abelhas.

REFERÊNCIAS

- ANTÚNEZ, K.; HARRIET, J.; GENDE, L.; MAGGI, M.; EGUARAS, M. & ZUNINO, P. “Efficacy of Natural Propolis Extract in the Control of American Foulbrood”. *Veterinary Microbiology*, 131(3-4): 324-331, 2008.
- BAILEY, L. & BALL, B. V. *Honey Bee Pathology*. London, Academic Press, 1991.
- BAILEY, L. & COLLINS, M. “Reclassification of *Streptococcus pluton* (White) in a New Genus *Melissococcus*, as *Melissococcus pluton* nom. rev.; comb. nov”. *Journal of Applied Microbiology*, 53(2): 215-217, 1982.
- BAILEY, L.; WOODS, R. D. & GIBBS, A. J. “Sacbrood Virus of the Larval Honey Bee (*Apis mellifera* Linnaeus)”. *Virology*, 21: 390, 1964.
- BASTOS, E.; SIMONE, M.; JORGE, D. M.; SOARES, A. E. E. & SPIVAK, M. “*In vitro* Study of the Antimicrobial Activity of Brazilian Propolis Against *Paenibacillus larvae*”. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97: 273-281, 2008.
- BRASIL. *Instrução Normativa n.º 62, de 26 de agosto de 2003, Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Anexo, Capítulo XIX Pesquisa de Paenibacillus larvae subsp. larvae*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003.
- BROMENSHEK, J.; HENDERSON, C.; WICK, C.; STANFORD, M. & ZULICH, A. “Iridovirus and Microsporidian Linked to Honey Bee Colony Decline”. *PLoS One*, 5(10): e13181, 2010.
- CAMARGO, J. M. F. *Manual de Apicultura*. São Paulo, Editora Ceres, 1972.
- CARVALHO, A. C. P. *Efeito do Pólen de Stryphnodendron polyphyllum na Doença Cria Ensacada Brasileira em Apis mellifera L. 1758 (Africanizadas) (Hymenoptera: Apidae)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1998.
- CARVALHO, A. C. P. & MESSAGE, D. “A Scientific Note on the Toxic Pollen of *Stryphnodendron polyphyllum* (Fabaceae, Mimosoideae) which Causes Sacbrood-like Symptoms”. *Apidologie*, 35: 89-90, 2004.
- CASTAGNINO, G. L. B. *Efeito do Fornecimento de Substituto de Pólen na Redução da Mortalidade de Apis mellifera L., Causada pela Cria Ensacada Brasileira*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.
- CHAUZAT, M. P.; FAUCON, J. P.; MARTEL, A. C.; LACHAIZE, J.; COUGOULE, N. & AUBERT, M. “A Survey of Pesticide Residues in Pollen Loads Collected by Honey Bees in France”. *Journal of Economic Entomology*, 99(2): 253-262, 2006.
- CINTRA, P.; MALASPINA, O. & BUENO, O. C. “Toxicity of Barbatimão to *Apis mellifera* and *Scaptotrigona postica*, under Laboratory Conditions”. *Journal of Apicultural Research*, 42(1-2): 9-12, 2003.
- CLAUDIANOS, C.; RANSON, H.; JOHNSON, R. M.; BISWAS, S.; SCHULER, M. A.; BERENBAUM, M. R.; FEYEREISEN, R. & OAKESHOTT, J. G. “A Deficit of Detoxification Enzymes: Pesticide Sensitivity and Environmental Response in the Honeybee”. *Insect Molecular Biology*, 15(5): 615-636, 2006.
- CÔRREA-MARQUES, H. M. & DE JONG, D. “Uncapping of worker bee brood, a component of the hygienic behavior of Africanized honey bees against the mite *Varroa jacobsoni* Oudemans”. *Apidologie* 29:283-289, 1998

- COSENZA, G. W. “Estudo Comparativo da Resistência a Doenças de Cria da Abelha Caucasiana da Abelha Africana e de Suas Híbridas”. In: I Congresso Brasileiro de Apicultura, Florianópolis. *Anais*. 1970, pp. 207-209.
- COSTA, P. S. C. *Cria-Pútrida-Americana: Comparação de Técnicas de Detecção de Esporos em Mel e Avaliação em Amostras Nacionais e Importadas*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1995.
- COX-FOSTER, D. L. *et al.* “A Metagenomic Survey of Microbes in Honey Bee Colony Collapse Disorder”. *Science*, 318: 283-287, 2007.
- CRUZ-LANDIM, C. & YABUKI, A. T. “Ultra Estrutura de Esporos de *Nosema apis* (Microsporidae) em Células Intestinais de *Apis mellifera* (Apidae)”. In: VII Colóquio Brasileiro de Microscopia Eletrônica. *Anais*. 1980, pp. 86-87.
- DEPLANE, K. S. & MAYER, D. F. *Crop Pollination by Bees*. Wallingford, Cabi, 2000.
- ELLIS, M. D. “Pesticides Applied to Crops and Honey Bee Toxicity”. *American Bee Journal*, 150: 485-486, 2010.
- EVANS, J. D. “Diverse Origins of Tetracycline Resistance in the Honey Bee Bacterial Pathogen *Paenibacillus larvae*”. *Journal of Invertebrate Pathology*, 83(1): 46-50, 2003.
- FLECHTMANN, C. H. W.; AMARAL, E. & SANTOS, F. D. “Ocorrência da Acariose no Estado de São Paulo”. In: IV Congresso Brasileiro de Apicultura, Curitiba. *Anais*. 1976, pp. 197-198.
- FRIES, I.; SILVA, A. D.; SLEMENDA, S. B. & PIENIAZEK, N. J. “*Nosema ceranae* n. sp. (Microspora, Nosematidae), Morphological and Molecular Characterization of a Microsporidian Parasite of the Asian Honey Bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae)”. *European Journal of Protistology*, 32: 356-365, 1996.
- GARRIDO, C.; ROSENKRANZ, P.; PAXTON, R. J. & GONÇALVES, L. S. “Temporal Changes in *Varroa destructor* Fertility and Haplotype in Brazil”. *Apidologie*, 34(6): 535-541, 2003.
- GENERSCH, E.; FORSGREN, E.; PENTIKAINEN, J.; ASHIRALIEVA, A.; RAUCH, S.; KILWINSKI, J. & FRIES, I. “Reclassification of *Paenibacillus larvae* subsp. *pulvificiens* and *Paenibacillus larvae* subsp. *larvae* as *Paenibacillus larvae* without Subspecies Differentiation”. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 56: 501-511, 2006.
- GONÇALVES, J. C. *Avaliação de Esporos Paenibacillus larvae subsp. larvae em Mel de Apiários do Estado do Piauí e de Métodos de Detecção*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.
- GONÇALVES, L. S. & KERR, W. E. “Genética, Seleção e Melhoramento. 1. Noções sobre Genética e Melhoramento em Abelhas”. In: I Congresso Brasileiro de Apicultura, Florianópolis. *Anais*. 1970, pp. 8-36.
- GUIMARÃES, N. P. & GONÇALVES, A. H. C. “Ocorrência e Tratamento de Cria Pútrida Europeia (EFB) e Nosemose no Município de Baependi (MG)”. In: IV Congresso Brasileiro de Apicultura, Curitiba. *Anais*. 1976.
- HARBO, J. R. & HARRIS, J. W. “Suppressed Mite Reproduction Explained by the Behaviour of Adult Bees”. *Journal of Apicultural Research*, 44(1): 21-23, 2005.
- HIGES, M. *et al.* “How Natural Infection by *Nosema ceranae* Causes Honeybee Colony Collapse”. *Environmental Microbiology*, 10(10): 2659-2669, 2008.
- HIGES, M.; MARTÍN HERNÁNDEZ, R.; GARRIDO BAILÓN, E.; GONZÁLEZ PORTO, A.; GARCÍA PALENCIA, P.; MEANA, A.; DEL NOZAL, M.; MAYO, R. & BERNAL, J. “Honeybee

- Colony Collapse Due to *Nosema ceranae* in Professional Apiaries”. *Environmental Microbiology Reports*, 1(2): 110-113, 2009.
- HIGES, M.; MARTIN, R. & MEANA, A. “*Nosema ceranae*, a New Microsporidian Parasite in Honeybees in Europe”. *Journal of Invertebrate Pathology*, 92(2): 93-95, 2006.
- HUANG, W. F.; JIANG, J. H.; CHEN, Y. W. & WANG, C. H. “A *Nosema ceranae* Isolate from the Honeybee *Apis mellifera*”. *Apidologie*, 38(1): 30-37, 2007.
- IBRAHIM, A. & SPIVAK, M. “The Relationship between Hygienic Behavior and Suppression of Mite Reproduction as Honey Bee (*Apis mellifera*) Mechanisms of Resistance to *Varroa destructor*”. *Apidologie*, 37(1): 31-40, 2006.
- KLEE, J. *et al.* “Widespread Dispersal of the Microsporidian *Nosema ceranae*, an Emergent Pathogen of the Western Honey Bee, *Apis mellifera*”. *Journal of Invertebrate Pathology*, 96(1): 1-10, 2007.
- LENGLER, J. “Comparação da Abelha Italiana com a Abelha Africanizada Quanto a Resistência Doença da Cria”. In: IV Congresso Brasileiro de Apicultura, Curitiba. *Anais*. 1976.
- MACHADO, J. O. & LEMOS, M. V. F. “*Streptococcus pluton*, Seu Isolamento e Combate nos Apiários de Igarapava, Jardinópolis e Ribeirão Preto – Estado de São Paulo”. In: III Congresso Brasileiro de Apicultura, Piracicaba. 1974, pp. 199-203.
- MATHESON, A. “World Bee Health Update”. *Bee World*, 74(4): 176-212, 1993.
- MESSAGE, D. “Patologia Apícola”. In: IV Congresso Brasileiro de Apicultura, Curitiba. *Anais*. 1976, pp. 97-110.
- _____. *Efeito das Condições Ambientais no Comportamento Higiênico em Abelhas Africanizadas Apis mellifera*. 1979. Mestrado (Mestrado) – Genética, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 1979.
- _____. *Aspectos Reprodutivos do Ácaro Varroa jacobsoni e Seus Efeitos em Colônias de Abelhas Africanizadas*. Tese (Doutorado) – Genética, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 1986.
- _____. “Management and Disease Problems of Africanized Bees in Brazil”. *The Central Association of Beekeepers*, 1: 1-15, 1997.
- MESSAGE, D.; BALL, B. V. & ALLEN, M. “Ocorrência de Virose em Abelhas no Brasil e na Argentina”. In: XI Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador. *Anais*. 1996.
- MESSAGE, D. & GONÇALVES, L. S. “Estudo da Resistência Comportamental à Cria Pútrida Europeia em *Apis mellifera adansonii* (Africanizadas). In: IV Congresso Brasileiro de Apicultura, Curitiba. *Anais*. 1976, pp. 185-195.
- MESSAGE, D.; SILVA, I. C.; DE JONG, D.; SIMÕES, Z. L. P. & TEIXEIRA, E. W. “CCD (Colony Collapse Disorder) Ocorre em Abelhas *Apis mellifera* (Africanizadas)? Um Relato de Caso”. In: X Congresso Ibero-Latino-americano de Apicultura, Natal. 2010, CD-ROM.
- MORITZ, R.; DE MIRANDA, J.; FRIES, I.; LE CONTE, Y.; NEUMANN, P. & PAXTON, R. J. “Research Strategies to Improve Honeybee Health in Europe”. *Apidologie*, 41(3): 227-242, 2010.
- NASCIMENTO, C. B. “Pesquisa de Endo e Ecto-parasitas de *Apis mellifera* L”. In: 1º Congresso Brasileiro de Apicultura, Florianópolis. *Anais*. 1970, pp. 199-207.
- NASCIMENTO, C. B. & SOUZA, D. J. “Mirmeleontídeo, Novo Inimigo das Abelhas”. In: 1º Congresso Brasileiro de Apicultura, Florianópolis. *Anais*. 1970, p. 1.

- PAXTON, R. J. “Does Infection by *Nosema ceranae* Cause ‘Colony Collapse Disorder’ in Honey Bees (*Apis mellifera*)?”. *Journal of Apicultural Research*, 49(1): 80-84, 2010.
- PAXTON, R. J.; KLEE, J.; KORPELA, S. & FRIES, I. “*Nosema ceranae* Has Infected *Apis mellifera* in Europe since at Least 1998 and May Be More Virulent than *Nosema apis*”. *Apidologie*, 38(6): 558-565, 2007.
- PETTIS, J. & DELAPLANE, K. “Coordinated Responses to Honey Bee Decline in the USA”. *Apidologie*, 41(3): 256-263, 2010.
- RINDERER, T.; HARRIS, J.; HUNT, G. & DE GUZMAN, L. “Breeding for Resistance to *Varroa destructor* in North America”. *Apidologie*, 41(3): 409-424, 2010.
- ROCHA, H. C.; BAGAGLE, E. & FUNARI, S. R. C. “Identificação do Fungo *Ascospaera apis* em Colônias de Abelhas *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo-SP”. In: XII Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador. *Anais*. 1998, pp. 247-248.
- RONNA, A. “Observações Biológicas sobre Dois Dípteros Parasitas de *Apis mellifica* L. (Dipt. Phoridae, Sarcophagidae)”. *Revista de Entomologia*, pp. 1-9, 1936.
- ROSSI, C. C. & DÁVILA, M. A. “Curva de Recuento Esporular de *Nosema apis* Zander”. In: I Congresso Brasileiro de Apicultura, Florianópolis. *Anais*. 1970, pp. 196-198.
- SANTOS, M. L. A. *Análise dos Constituintes Químicos do Pólen e da Inflorescência de Stryphnodendron polyphyllum em Relação à Cria Ensacada Brasileira em Apis mellifera*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000.
- SATTLER, A. *Investigação da Ocorrência de Esporos de Bacillus larvae White, 1906 em Mel no Rio Grande do Sul e Subsídios para a Prevenção e Controle da Cria Pútrida Americana*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1993.
- SATTLER, A.; DISCONZI, M. S.; DUARTE, V. & SILVEIRA, J. R. P. “Ocorrência de Cria Giz *Ascospaera apis* em Abelhas *Apis mellifera* L. de Apiários no Rio Grande do Sul”. In: XII Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador. *Anais*. 1998, CD-ROM.
- SCHUCH, D. M. T. *Paenibacillus larvae subsp. larvae em Produtos da Colmeia Produzidos e Importados pelo Brasil*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.
- SILVA, I. C. *Avaliação de Dietas para Criação de Aperárias e Zangões de Apis mellifera L. (Africanizadas) (Hymenoptera: Apidae) em Condições de Laboratório*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1995.
- SILVA, I. C.; MESSAGE, D.; CRUZ, C.; CAMPOS, L. A. O. & SOUSA-MAJER, M. “Rearing Africanized Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Brood under Laboratory Conditions”. *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 623-629, 2009.
- SILVA, R. M. B. “Ocorrência de *Acarapis woodi* Rennie em Pindamonhagaba, Estado de São Paulo”. In: *Anais do IV Congresso Brasileiro de Apicultura*, Curitiba. 1976, pp. 207-209.
- SIMONE-FINSTROM, M. & SPIVAK, M. “Propolis and Bee Health: the Natural History and Significance of Resin Use by Honey Bees”. *Apidologie*, 41(3): 295-311, 2010.
- SOUZA, M. J. P. *Caracterização de Melissococcus pluton Isolada de Larvas de Abelhas Apis mellifera e Investigação sobre Antimicrobiano Utilizáveis em Seu Controle*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1994.
- STRAPAZZON, R.; CARNEIRO, F.; GUERRA JR, J. & MORETTO, G. “Genetic Characterization of the Mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) Collected from Honey

- Bees *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae) in the State of Santa Catarina, Brazil”. *Genetics and Molecular Research*, 8(3): 990-997, 2009.
- TEIXEIRA, E. W.; CHEN, Y. P.; MESSAGE, D.; PETTIS, J. & EVANS, J. D. “Virus Infections in Brazilian Honey Bees”. *Journal of Invertebrate Pathology*, 99(1): 117-119, 2008a.
- _____. “First Metagenomic Analysis of Microorganisms in Honey Bees from Brazil”. *Boletim de Indústria Animal*, 65: 355-361, 2008b.
- TOMIOKA, T. “Isolamento e Identificação do *Streptococcus pluton* no Brasil”. *O Biológico. Notas e Informações*, pp. 226-227, 1966.
- VAN EMMELEN, A. *Cartilha do Apicultor Brasileiro: Abelhas, Mel e Cera*. São Paulo, P. Imprensa, 1944.
- VIANA, B. F. “Ocorrência do Ácaro *Acarapis woodii* (Rennie) em Abelhas Africanizadas no Estado da Bahia”. In: X Congresso Brasileiro de Apicultura, Rio Quente. *Anais*. 1994, pp. 337.
- VILLA, J.; DANKA, R. & HARRIS, J. “Simplified Methods of Evaluating Colonies for Levels of *Varroa* Sensitive Hygiene (VSH)”. *Journal Apicultural Research*, 48: 162-167, 2009.
- WHITE, G. “American Foulbrood, USDA, Bureau of Entomology”. *U.S. Department of Agriculture, Bulletin*, 809: 1-54, 1920.
- WIESE, H. “Primeira Curva de Esporulação de *Nosema apis zander* no Estado de Santa Catarina – Brasil”. In: III Congresso Brasileiro de Apicultura, Piracicaba. *Anais*. 1974.
- WIESE, H. & MEYER, C. R. “Contribuição para o Reconhecimento da Acariose em *Apis mellifera* L. In: III Congresso Brasileiro de Apicultura, Piracicaba. *Anais*. 1974, pp. 207-210.



13. As Abelhas e os Defensivos Agrícolas

Roberta Cornélio Ferreira Nocelli, Osmar Malaspina, Stephan Malfitano Carvalho, Clara Tavares Lourenço, Thaisa Cristina Roat, Andriago Monroe Pereira, Elaine Cristina Mathias da Silva-Zacarin

INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos avaliando os efeitos tóxicos dos defensivos agrícolas sobre as abelhas datam da década de 1940 e tiveram início nos Estados Unidos e na Europa. No Brasil, eles aconteceram posteriormente, por volta da década de 1970 (Malaspina, 1979). Inicialmente, os trabalhos foram realizados por pesquisadores que visavam aprofundar o conhecimento sobre as novas “armas” que acabavam de ser desenvolvidas: os inseticidas sintéticos. Nesse contexto, diversos estudos avaliaram o modo de ação dos inseticidas, contudo sem levar em consideração o real impacto que estes poderiam ocasionar sobre organismos não alvos, como, por exemplo, as abelhas (Casida e Quistad, 1998). Poucos anos após o surgimento e uso em larga escala dos inseticidas, a população começou a colher os primeiros frutos indesejados, como o desaparecimento de espécies benéficas e a indução/seleção de insetos-praga resistentes, conforme relatado por Rachel Carson em sua obra *Primavera Silenciosa*, publicada no ano de 1962.

Entretanto, com o passar dos anos, ocorreu o aumento do uso indiscriminado dos inseticidas, que passaram a ser empregados tanto para o controle de pragas agrícolas quanto urbanas, como as formigas-de-fogo e os insetos vetores de doenças. A partir desse momento, começou-se a avaliar o real efeito dos defensivos sobre as abelhas polinizadoras, em sua grande maioria as da espécie *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae) (Johansen, 1977). Infelizmente, até os dias atuais, somente uma pequena parcela dos estudos toxicológicos avaliam os efeitos dos inseticidas sobre outras espécies de abelha, como, por exemplo, as das tribos Meliponini, Bombini e Euglossini.

Segundo Malaspina (1979), os inseticidas podem afetar as abelhas de três modos: 1) contato; 2) ingestão e 3) fumigação; sendo que os efeitos tóxicos também estão intimamente ligados às concentrações administradas, o tempo de exposição, dentre outras características. Nessas situações, esses compostos podem causar a morte e alterações fisiológicas, como, por exemplo, a diminuição da longevidade das abelhas ocasionada pela exposição a fracas doses de inseticidas (Malaspina *et*

al., 2008; Pinheiro e Freitas, 2010). Os efeitos subletais, por não provocarem a morte imediata e nem indícios graves de intoxicação, comprometem a viabilidade, a sobrevivência e a população da colmeia, sendo imprevisíveis e de natureza bastante variável, dificultando, assim, sua avaliação e diagnose (Devillers, 2002; Desneux *et al.*, 2007; Pinheiro e Freitas, 2010). Uma das técnicas de avaliação consiste em estudar a ação dos produtos fitossanitários sobre os processos biológicos, como, por exemplo, o voo de retorno das abelhas à colmeia, o qual envolve mecanismos de visão, orientação, além da integridade das funções biológicas, metabólicas, efeitos na percepção olfativa e atividade locomotora (Vandame *et al.*, 1995; El Hassani *et al.*, 2008). Dessa maneira, é esperado que intoxicações com baixas doses, de 6 mil a 100 mil vezes inferiores, possam induzir efeitos idênticos àqueles por uma exposição aguda (Suchail *et al.*, 2000, 2001).

Outro aspecto importante é a avaliação do sinergismo entre diferentes compostos, como, por exemplo, aquela entre fungicida e inseticida. Em estudos com abelhas *A. mellifera*, Colin e Belzunces (1992) e Pilling e Jepson (1993) verificaram o efeito sinérgico de diversas moléculas, principalmente entre inseticidas piretroides e fungicidas inibidores da síntese de ergosterol. Nessas situações, o efeito inseticida da deltametrina foi potencializado pelo fungicida triazol, isto porque esses compostos são potentes inibidores do citocromo P450, enzima em grande parte responsável pela detoxificação de xenobióticos em diversos organismos, inclusive nos insetos (Terriere, 1984; Feyereisen, 1999).

No Brasil, já foram realizados testes de avaliação da toxicidade com mais de trinta compostos, tanto para as diversas fases de desenvolvimento de *A. mellifera* africanizada, como para algumas espécies de abelhas nativas. De maneira geral, esses estudos concentram-se na avaliação do impacto dos defensivos agrícolas sobre as abelhas africanizadas (*A. mellifera*), isto devido à sua importância econômico-ecológica (Tabela 13.1). Entretanto, considerando que as espécies de abelhas nativas são, muitas vezes, endêmicas, alguns outros estudos toxicológicos também estão em fase de desenvolvimento (Tabela 13.2).

A crescente preocupação brasileira e mundial com o aumento do uso de defensivos agrícolas fez com que várias organizações de pesquisa, de diversos países, se mobilizassem para propor metodologias padronizadas de estudo para avaliar os efeitos deletérios desses compostos sobre as abelhas. Um exemplo marcante dessa preocupação é o consumo brasileiro de defensivos agrícolas, que foi de aproximadamente 730 milhões de toneladas no ano de 2007, número que torna o país o maior consumidor do planeta, superando os Estados Unidos. Desse total consumido no Brasil, cerca de 30% foram inseticidas, dentre os quais aproximadamente 40% são considerados tóxicos para as abelhas (Menten, 2009).

Atualmente, as avaliações de risco dos inseticidas às abelhas são realizadas de acordo com as diretrizes mundiais, elaboradas e publicadas pela Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OECD), Organização Europeia e

do Mediterrâneo para Proteção das Plantas (EPPO, 1993) e pela Comissão Internacional das Relações Abelha-Planta (ICPBR). Nesse sentido, pesquisadores da Universidade Estadual Paulista, *campus* de Rio Claro – SP, Universidade Federal de São Carlos, nos *campi* de Sorocaba (SP) e de Araras – SP, além da Universidade Federal de Lavras – MG, desenvolvem os diversos trabalhos de avaliação da toxicidade dos defensivos agrícolas sobre as abelhas, empregando técnicas avançadas de análises fisiológicas, morfológicas, bioquímicas e comportamentais.

Os mais recentes trabalhos dos grupos brasileiros apresentam informações importantes sobre os valores de toxicidade aguda de alguns inseticidas, empregados em doses subletais, para *A. mellifera* e *Scaptotrigona postica* (Apidae), bem como o efeito tóxico, levando em consideração aspectos morfológicos, comportamentais e bioquímicos (Tabela 13.3).

BACKGROUND

A) Inseticidas organoclorados

Inseticidas organoclorados são aqueles que incluem os derivados clorados de difenil etano, hexaclorobenzeno, hexaclorocicloexano, ciclodienos e hidrocarbonetos clorados. Atuam em canais de sódio e potássio de neurônios, alterando o fluxo normal de entrada e saída desses íons, o que afeta a transmissão dos impulsos. O DDT (diclorodifenilcloreto) é a substância química mais conhecida, utilizada e estudada no século XX. Suas propriedades inseticidas foram descobertas em 1939 e sua produção em grande escala teve início em 1945. Seu uso intensivo na agricultura ocorreu por cerca de trinta anos e a América do Sul é considerada o continente que mais fez uso do DDT. Em 1985, a comercialização, o uso e a distribuição do DDT e de outros organoclorados para uso agropecuário foram proibidos em todo território brasileiro (D'amato *et al.*, 2002).

Malaspina e Stort (1983) estudaram o efeito do DDT (1%) aplicado topicamente em *A. mellifera* (africanizada), *A. mellifera ligustica* (Apidae: Apini), *S. postica* e *Melipona quadrifasciata* (Apidae: Meliponini), ambas recém-emergidas, e concluíram que as espécies nativas foram mais tolerantes que as espécies exóticas, além de que o inseticida lidane se mostrou mais tóxico para as abelhas africanizadas em comparação com o DDT, causando 100% de mortalidade após quatro horas de aplicação. Já Macieira e Hebling-Beraldo (1989) testaram a toxicidade de treze inseticidas sobre *Trigona spinipes* (Apidae: Meliponini) e verificaram que o heptacloro foi o mais tóxico, aumentando a taxa respiratória das operárias, seguido por paralisia e morte. Comparando esses resultados com outros dados na literatura, os autores concluíram que *T. spinipes* foi mais sensível a esses inseticidas que *A. mellifera*.

B) Inseticidas organofosforados e carbamatos

Inseticidas dos grupos organofosforados e carbamatos são inibidores da acetilcolinesterase, que está ligada à degradação das moléculas de acetilcolina após a transmissão de um impulso nervoso. Os principais sintomas de intoxicação por esses compostos são tremores, convulsões e, finalmente, colapso do sistema nervoso central. Dentro do grupo dos organofosforados, podemos destacar diversas moléculas que podem causar a inibição irreversível da acetilcolinesterase, como a malationa, clorpirifós e metidationa (Johansen, 1977; Casida e Quistad, 1998). Pinto e Miguel (2008a, 2008b), após observarem relatos de mortandade de abelhas na ordem de 70% no vale do Jataí em Santa Catarina, realizaram estudos para verificar a presença de resíduos de inseticidas em abelhas mortas, concluindo que algumas das amostras apresentavam representantes de organofosforados e carbamatos.

Moraes *et al.* (2000) avaliaram a toxicidade aguda da malationa sobre *S. tubiba*, verificando que essa molécula foi menos tóxica quando aplicada diretamente sobre a abelha em comparação ao contato contínuo com resíduo. Verificaram, também, que a espécie é mais suscetível que *T. spinipes* e *A. mellifera* e mais tolerante que *Nannotrigona testaceicornis* e *Tetragonisca angustula*. Em estudos de avaliação da toxicidade de inseticidas para *T. fiebrigi* e *T. angustula*, Sthuchi (2009) observou a alta suscetibilidade de *T. fiebrigi* a malationa, e para *T. fiebrigi* e *T. angustula* pôde-se observar a presença de células neurais com indícios de apoptose.

Carvalho *et al.* (2009) avaliaram a toxicidade de inseticidas/acaricidas utilizados na cultura de cítricos para *A. mellifera* africanizada e observaram que o organofosforado metidationa, quando aplicado por pulverização, provocou distúrbios motores durante as primeiras horas da intoxicação, causando mortalidade de 68% das operárias após uma hora de contaminação e de 100% após nove horas. Quando oferecido junto à dieta, sintomas semelhantes foram observados, com 100% de mortalidade após quinze horas da contaminação. Em ensaio de contaminação por resíduos em superfície, esse organofosforado provocou a morte de 76% das abelhas após quatro horas e 100% de morte após seis horas. Em outro estudo, Baptista *et al.* (2009) verificaram a toxicidade de outros inseticidas empregados na citricultura sobre *A. mellifera* africanizada. Independente do modo de exposição, os autores observaram que o acefato foi extremamente tóxico, causando a mortalidade de 100% das abelhas após vinte horas do fornecimento de dieta contaminada e/ou contato com resíduos em superfície; quando pulverizado diretamente sobre as abelhas, a mesma taxa de mortalidade foi observada quarenta horas após.

Em estudo comparativo de avaliação toxicológica, Del Sarto (2009) verificou que o inseticida metamidofós é altamente tóxico para *M. quadrifasciata* e moderadamente tóxico para *A. mellifera*. Nesse caso, a espécie exótica foi 56 vezes mais tolerante ao metamidofós quando administrado via oral e cinco vezes quando por aplicação tópica, quando comparado com a espécie nativa *M. quadrifasciata*.

C) Inseticidas piretroides

Os inseticidas piretroides atuam no sistema nervoso central e periférico, especificamente nos canais de sódio e potássio presentes no axônio dos neurônios. Uma característica importante desse grupo de inseticidas é o efeito *knock down*, caracterizado pela rápida despolarização da membrana do axônio e provocado por aquelas moléculas que possuem o radical ciano em sua estrutura (Soderlund e Bloomquist, 1989).

Mesmo sendo um grupo amplo e com várias moléculas, uma grande parcela dos estudos realizados concentrou-se na avaliação da toxicidade da deltametrina sobre as abelhas. Moraes *et al.* (2000) verificaram que *S. tubiba* é extremamente sensível a deltametrina, fato também observado para *A. mellifera* por Carvalho *et al.* (2009). Nesse estudo, os autores verificaram que a deltametrina pulverizada diretamente sobre as abelhas ou em resíduo sobre a superfície provoca o efeito *knock down*, além de elevadas taxas de mortalidade. Entretanto, quando fornecida junto à dieta, registrou-se mortalidade de 67% após 72 horas, e não foi observado o efeito *knock down*, o que está intimamente relacionado com a quantidade de inseticida assimilado pelas abelhas.

Del Sarto (2009), avaliando a toxicidade de quatro inseticidas para *A. mellifera* e *M. quadrifasciata*, conclui que a deltametrina foi altamente tóxica para as duas espécies, sendo *A. mellifera* aproximadamente dez vezes mais tolerante quando esse piretroide foi administrado via oral do que por contato. Em outro estudo, Thomazoni *et al.* (2007) verificaram que bifentrina não é seletivo para *A. mellifera*, ocasionando 100% de mortalidade.

D) Neonicotinoides e fenilpirazol

Entre os pesticidas mais utilizados na atualidade, os neonicotinoides possuem um grande destaque graças à sua eficiência no combate de insetos-praga, a seu espectro de ação, sistemicidade, versatilidade de aplicação, relativa baixa toxicidade aos mamíferos, dentre outros. Neste sentido, esse grupo químico vem ganhando mais espaço a cada dia no já competitivo mercado de defensivos agrícolas, conquistando 16% do mercado mundial de inseticidas em 2005. Todos os representantes dos neonicotinoides apresentam o mesmo modo de ação, atuam como agonistas do receptor da acetilcolina (Nauen e Bretschneider, 2002; Elbert *et al.*, 2008).

Já o grupo fenilpirazol possui representantes com ação herbicida e inseticida, como por exemplo o fipronil, que atua como antagonista dos receptores do ácido gama-aminobutírico (Gaba), interrompendo o fluxo de íons cloro de maneira similar aos ciclodienos. Como alguns neonicotinoides, fipronil possui amplo espectro de ação e versatilidade de aplicação, podendo ser empregado para o tratamento de sementes, aplicação no solo, foliar e em iscas (Cole *et al.*, 1993).

Devido à grande aplicabilidade dos inseticidas neonicotinoides e fenipirazol, diversos estudos foram realizados para avaliar o efeito sobre as abelhas. Cruz (2007) estudou o efeito de doses subletais de fipronil em *A. mellifera* e observou que esse inseticida provoca alterações no nível ultraestrutural em ventrículos, túbulos de Malpighi e glândulas de seda. Em outro estudo, Souza (2009) verificou que doses subletais de fipronil podem afetar a capacidade de aprendizado, memória e locomoção de *A. mellifera*, além de aumentarem a expressão das proteínas Fos, relacionadas à resposta de estresse celular. Confirmando os resultados obtidos, Pereira (2010) conclui que o reflexo de extensão da probóscide e a atividade de locomoção de abelhas africanizadas foram afetados após a administração tópica de doses subletais de acetamiprido, tiametoxam e fipronil.

Recentemente, Ferreira (2010) observou mortalidade de 100% após catorze dias em operárias de *S. postica* intoxicadas com doses subletais de fipronil. As avaliações morfológicas mostraram que esse inseticida pode causar alterações nos túbulos de Malpighi, aumento na porção apical das microvilosidades, dilatações das cisternas dos retículos endoplasmáticos rugosos, presença de vesículas e acúmulo de polirribossomos no citoplasma. No corpo gorduroso, foram observados aumento da coalescência, depósitos lipídicos e proteicos nos vacúolos e nos trofócitos.

Estudos bioquímicos realizados por Hashimoto *et al.* (2003) mostraram que o tiametoxam afeta a atividade de algumas carboxilesterases de *A. mellifera*, podendo inibir em mais de 60% suas atividades independente de intoxicação por aplicação tópica ou ingestão. Ruvolo-Takasusuki *et al.* (2009) verificaram que a inibição dessas enzimas não é exclusiva em adultos, mas que larvas de *A. mellifera* na presença de resíduos de tiametoxam no alimento apresentaram uma redução de 25% da atividade dessas enzimas. Vale ressaltar que os efeitos inibitórios desse neonicotinoide foi também verificado por Carvalho (2010) usando como modelo de estudo a subespécie *A. m. mellifera* (Hymenoptera: Apidae).

Com intuito de verificar a toxicidade de inseticidas empregados na citricultura sobre a abelha africanizada, Carvalho *et al.* (2009) concluíram que o inseticida tiametoxam é extremamente tóxico, provocando 71% de mortalidade após uma hora da pulverização sobre as abelhas e 100% nove horas depois. Quando fornecido junto ao alimento, a taxa de mortalidade é de 46% uma hora após fornecimento e de 99% 24 horas depois. Em contato com resíduos do tiametoxam, a mortalidade das abelhas chegou a 100% nove horas após o início dos ensaios. Da mesma maneira, Thomazoni *et al.* (2007) concluíram que tiametoxam não foi seletivo a adultos de *A. mellifera*.

E) Outros

Brighenti *et al.* (2007) observaram que *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Berliner, 1915) afeta diretamente a longevidade de abelhas *A. mellifera* africanizadas, pro-

vocando o intumescimento do abdômen de abelhas que ingeriram alimento contaminado com essa bactéria. Souza *et al.* (2006) avaliaram a toxicidade de extratos (meio ácido e diclorometano) de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão) para operárias de *A. mellifera* e *S. postica*, observando que ambos foram tóxicos e provocaram dificuldade de locomoção e paralisia. Em outro estudo, Thomazoni *et al.* (2007) verificaram que cartap não foi seletivo para *A. mellifera*, provocando 100% de mortalidade após seis horas do início do experimento.

Cruz (2007) e Ferreira (2010) verificaram que ácido bórico provoca alterações morfológicas em larvas de *A. mellifera* e operárias de *S. postica*. Os resultados obtidos com larvas de *A. mellifera* evidenciaram alterações histológicas no ventrículo, túbulos de Malpighi e glândulas de seda. Em operárias de *S. postica*, o ácido bórico apresentou ser citotóxico em doses subletais, induzindo alterações morfológicas nos túbulos de Malpighi e corpo gorduroso.

Diamantino (2008), estudando o efeito tóxico e repelente do nim (*Azadirachta indica*, Meliaceae) em operárias de *S. postica*, concluiu que em ensaios de ingestão não ocorreu mortalidade de abelhas, nem ação repelente. Por meio de aplicação tópica, o óleo de nim foi tóxico apenas em sua concentração mais elevada, 1%.

Em testes utilizando o inseticida piriproxifeno, análogo do hormônio juvenil, Souza *et al.* (2009) observaram que larvas de *A. mellifera* africanizadas apresentaram maior crescimento do que as do grupo controle, bem como alterações morfológicas, como atraso da fase final da morfogênese dos apêndices externos e núcleos do corpo gorduroso perivisceral com morfologia alterada.

Del Sarto (2009), avaliando a toxicidade da abamectina para operárias de *A. mellifera* africanizada e *M. quadrifasciata*, concluiu que essa lactona macrocíclica é altamente tóxica para as abelhas; entretanto a espécie *A. mellifera* africanizada foi, em geral, mais suscetível que *M. quadrifasciata*, que chegou a ser dezessete vezes mais tolerante. Já em estudos com espinosade, o mesmo autor observou que *A. mellifera* africanizada é 35 vezes mais tolerante que *M. quadrifasciata*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados aqui apresentados, fica evidente a extrema importância de identificar e avaliar o efeito dos defensivos agrícolas no ambiente. O uso indiscriminado e irresponsável desses compostos pode provocar danos irreparáveis sobre a fauna de polinizadores, com destaque para as abelhas. Tal situação já é evidenciada pelos constantes relatos de queda da densidade de abelhas em várias partes do mundo (Neumann e Carreck, 2010).

Recentemente, o fenômeno denominado *Colony Collapse Disorder* (CCD) ocorrido nos Estados Unidos, em que apicultores chegaram a perder 90% de suas colmeias, reforçou a importância da manutenção das abelhas nos agroecossistemas

(Stokstad, 2007). Contudo, mesmo não tendo sido elucidado tal fenômeno, diversas hipóteses colocam os inseticidas intimamente ligados com esses desaparecimentos na Alemanha, França, Suíça e Península Ibérica. No Brasil, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-oeste, o desaparecimento das abelhas começa a ser motivo de preocupação. Entre 2008 e 2010, foi relatada a perda de aproximadamente 5 mil colmeias de abelhas africanizadas na região central do estado de São Paulo (Malaspina *et al.*, 2010), na maior parte dos casos, relacionada ao uso indiscriminado de inseticidas.

Verificar o potencial de risco da exposição das abelhas aos defensivos agrícolas, compreender como esses organismos reagem às intoxicações com doses subletais e identificar possíveis marcadores celulares-bioquímicos pode nos ajudar a identificar os primeiros sintomas do processo de intoxicação e propor medidas mitigatórias, diminuindo o impacto sobre as abelhas e o ambiente.

Caracterizar o papel dos polinizadores como um serviço ambiental, efetivo e necessário à produção agrícola mundial, e, portanto à segurança alimentar, é um fator chave na sustentabilidade das futuras gerações. Dados especulativos relatam um cenário onde a perda dos polinizadores trará prejuízos ao homem, não só pela perda dos agentes polinizadores responsáveis pela produção de um terço do alimento mundial, mas também da manutenção da biodiversidade, uma vez que as abelhas são responsáveis pela polinização de 40% a 90% das plantas fanerógamas. A relação entre abelha e plantas é tão intrínseca que na ausência desses polinizadores seria necessário uma total modificação da estrutura das florestas em função da perda de capacidade em produzir sementes.

Para revertermos esse quadro, além de informações precisas sobre fauna e flora brasileira, é necessária a formação de pessoal qualificado e com conhecimento nas diversas áreas envolvidas nesse processo extremamente dinâmico. Nesse sentido, é necessário maior investimento na formação de recursos humanos (pesquisa e desenvolvimento), possibilitando que o profissional tenha capacidade de atuar na interface agricultura-ambiente.

Além disso, junto com pesquisa e desenvolvimento, faz-se necessário um programa de extensão que envolva a sociedade como um todo, investimentos em segurança alimentar e biodiversidade, bem como políticas públicas objetivas e eficientes. Somente dessa maneira poderemos obter um programa de conservação de polinizadores efetivo e duradouro.

Tabela 13.1. Moléculas empregadas em estudos ecotoxicológicos no Brasil para a abelha africanizada *Apis mellifera*.

ESPÉCIE	MOLÉCULA		
<i>Apis mellifera</i> Africanizada	Abamectina	Acefato	Acetamiprido
	Ácido bórico	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	Benomil
	Bifentrina	Buprofezina	Carbaril
	Carbofenotiona	Cartap	Ciflutrina
	Cihexatina	Clorpirifós	Clotianidina
	DDT	Deltametrina	Dimetoato
	Endosulfan	Enxofre	Espinosade
	Espirodiclofeno	Fenitrotiona	Fentiona
	Fipronil	Flonicamida	Imidacloprido
	Imidacloprido + beta-ciflutrina	Lindano	Lufenurom
	Malationa	Metamidofós	Metidationa
	Parationa-metílica	Piriproxifem	Procloraz
	Propargito	Tebufenozida	Tetradifona
	Tiametoxam	Triclorfom	

Tabela 13.2. Moléculas empregadas em estudos ecotoxicológicos no Brasil para abelhas nativas, sem ferrão, Meliponini.

ESPÉCIE	MOLÉCULA			
<i>Melipona quadrifasciata</i>	Abamectina	Deltametrina	DDT	Espinosade
	Metamidofós			
<i>Trigona spinipes</i>	Acefato	Carbaril	Dicrotofós	Endosulfan
	Heptacloro	Metomil	Parationa-metílica	Lindane
	Cipermetrina	Dieldrin	Esfenvalerato	Permetrina
<i>Scaptotrigona postica</i>	Ácido bórico	DDT	Fipronil	
<i>Scaptotrigona tubiba</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	Deltametrina	Malationa	Triclorform
<i>Tetragonisca angustula</i>	Fipronil	Malationa	Óleo de Neem	Tiametoxam
<i>Tetragonisca fiebrigi</i>	Fipronil	Malationa	Óleo de Neem	Tiametoxam

Tabela 13.3. Moléculas empregadas recentemente em estudos ecotoxicológicos para abelhas Apidae no Centro de Estudos de Insetos Sociais/CEIS, Unesp, Rio Claro – SP.

ESPÉCIE	MODO DE ADMINISTRAÇÃO	FASE DE DESENVOLVIMENTO		
		Larva	Adulto recém-emergido	Adulto campeiro
<i>Apis mellifera</i> africanizada	Ingestão	Piriproxifem	Fipronil	–
		Tiametoxam	Tiametoxam	–
	Contato	–	Fipronil	Acetamiprido
		–	Imidacloprido	Fipronil
		–	–	Tiametoxam
<i>Scaptotrigona postica</i>	Ingestão	–	Imidacloprido	Ácido bórico
		–	–	Fipronil
	Contato	–	Imidacloprido	Fipronil
<i>Melipona scutellaris</i>	Ingestão	–	Fipronil	–
	Contato	–	Fipronil	–

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapesp, ao CNPq, à Capes, ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) e ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), pelo apoio técnico, logístico e financeiro.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, A. P. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, S. M.; CARVALHO, C. F. & BUENO-FILHO, J. S. S. “Toxicidade de Produtos Fitossanitários Utilizados em Citros para *Apis mellifera*”. *Ciência Rural*, 39(4): 955-961, 2009.
- BRIGHENTI, D. M.; CARVALHO, C. F.; CARVALHO, G. A.; BRIGHENTI, C. R. G. & CARVALHO, S. M. “Bioatividade do *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Berliner, 1915) para Adultos de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae)”. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(2): 279-289, 2007.
- CARSON, R. *Silent Spring*. New York, Mariner Books, 1962.
- CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO-FILHO, J. S. S. & BAPTISTA, A. P. B. “Toxicidade de Acaricidas/Inseticidas Empregados na Citricultura para a Abelha Africanizada *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae)”. *Arquivos do Instituto Biológico*, 76(4): 595-603, 2009.
- CARVALHO, S. M. *Honeybee Apis mellifera L., 1758 (Hymenoptera: Apidae) Enzymes as Possible Biomarkers for the Assessment of Environmental Contamination with Pesticide*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2010.
- CASIDA, J. & QUISTAD, G. “Golden Age of Insecticide Research: Past, Present, or Future?”. *Annual Review of Entomology*, 43(1): 1-16, 1998.

- COLE, L.; NICHOLSON, R. & CASIDA, J. “Action of Phenylpyrazole Insecticides at the Gaba-gated Chloride Channel”. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 46(1): 47-54, 1993.
- COLIN, M. & BELZUNCES, L. “Evidence of Synergy between Prochloraz and Deltamethrin in *Apis mellifera* L.: a Convenient Biological Approach”. *Pesticide Science*, 36(2): 115-119, 1992.
- CRUZ, A. S. *Estudos sobre Efeitos Toxicológicos na Morfologia de Órgãos de Larvas de Operárias de Apis mellifera*. 2007. Monografia (Graduação) – Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2007.
- D’AMATO, C.; TORRES, J. & MALM, O. “DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano): Toxicidade e Contaminação Ambiental – uma Revisão”. *Química Nova*, 25: 995-1002, 2002.
- DEL SARTO, M. C. L. *Toxicidade de Inseticidas para as Abelhas Melipona quadrifasciata e Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae)*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A. & DELPUECH, J. M. “The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods”. *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106, 2007.
- DEVILLERS, J. “Acute Toxicity of Pesticides to Honey Bees”. In: DEVILLERS, J. & PHAM-DELÈGUE, M. (Eds.). *Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals*. London, Taylor & Francis, 2002, p. 56-66.
- DIAMANTINO, I. M. *Efeito Tóxico e Repelente do nim (Azadirachta indica) para Operárias de Abelhas Scaptotrigona postica (Hymenoptera: Apidae)*. 2008. Monografia (Graduação) – Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2008.
- EL HASSANI, A. K.; DACHER, M.; GARY, V.; LAMBIN, M.; GAUTHIER, M. & ARMENGAUD, C. “Effects of Sublethal Doses of Acetamiprid and Thiamethoxam on the Behavior of the Honeybee (*Apis mellifera*)”. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 54(4): 653-661, 2008.
- ELBERT, A.; HAAS, M.; SPRINGER, B.; THIELERT, W. & NAUEN, R. “Applied Aspects of Neonicotinoid Uses in Crop Protection”. *Pest Management Science*, 64(11): 1099-1105, 2008.
- EPP0. “Decision-making Schemes for the Environmental Risk Assessment of Plant Protection Products Honey bees”. *Bulletin OEPP/EPP0 Bulletin*, 23: 151-165, 1993.
- FERREIRA, R. A. C. *Análise Morfológica e Histoquímica do Corpo Gorduroso e dos Túbulos de Malpighi de Operárias Adultas de Scaptotrigona postica (Latreille, 1807) (Hymenoptera, Apidae) Tratadas com Fipronil e Ácido Bórico*. Dissertação (Mestrado) – Ciências Biológicas, ênfase em Biologia Celular e Molecular, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2010.
- FEYEREISEN, R. “Insect P450 Enzymes”. *Annual Review of Entomology*, 44: 507-533, 1999.
- JOHANSEN, C. “Pesticides and Pollinators”. *Annual Review of Entomology*, 22(1): 177-192, 1977.
- MACIEIRA, O. J. D. & HEBLING-BERALDO, M. J. A. “Laboratory Toxicity of Insecticides to Workers of *Trigona spinipes* (F., 1793) (Hymenoptera: Apidae)”. *Journal of Apicultural Research*, 28(1): 3-6, 1989.

- MALASPINA, O. *Estudo Genético da Resistência ao DDT e Relação com Outros Caracteres em Apis mellifera (Hymenoptera, Apidae)*. Dissertação (Mestrado) – Zoologia de Invertebrados, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 1979.
- MALASPINA, O.; NOCELLI, R. C. F.; SILVA-ZACARIN, E. C. M. & SOUZA, T. F. “Defesa de Apiários e Meliponários contra Agrotóxicos”. In: 18º Congresso de Apicultura e 4º Congresso de Meliponicultura, Cuiabá. 2010, CD-ROM.
- MALASPINA, O.; SOUZA, T. F.; ZACARIN, E. C. M. S.; CRUZ, A. S. & JESUS, D. “Efeitos Provocados por Agrotóxicos em Abelhas no Brasil”. In: VIII Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto. *Anais*. 2008, pp. 41-48.
- MALASPINA, O. & STORT, A. C. “DDT Tolerance of Africanized Bees, Italian Bees (*Apis mellifera lingustica*) and Their F1 Hybrids (Hymenoptera: Apidae)”. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 56(1): 74-79, 1983.
- MENTEN, J. O. “Liderança em Tecnologia Fitossanitária”. *Revista AgroAnalysis*, 29(4), 2009.
- MORAES, S.; BAUTISTA, A. & VIANA, B. “Avaliação da Toxicidade Aguda (DL₅₀ e CL₅₀) de Inseticidas para *Scaptotrigona tubiba* (Smith) (Hymenoptera: Apidae): Via de Contato”. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(1): 31-37, 2000.
- NAUEN, R. & BRETSCHNEIDER, T. “New Modes of Action of Insecticides”. *Pesticide Outlook*, 13: 241-245, 2002.
- NEUMANN, P. & CARRECK, N. L. “Honey Bee Colony Losses”. *Journal of Apicultural Research*, 49(1): 1-6, 2010.
- PEREIRA, A. M. *Efeitos de Inseticidas na Sobrevivência e no Comportamento de Abelhas*. Tese (Doutorado) – Zoologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2010.
- PILLING, E. D. & JEPSON, P. C. “Synergism between EBI Fungicides and a Pyrethroid Insecticide in the Honeybee (*Apis mellifera*)”. *Pesticide Science*, 39(4): 293-297, 1993.
- PINHEIRO, J. N. & FREITAS, B. M. “Efeitos Letais dos Pesticidas Agrícolas sobre Polinizadores e Perspectivas de Manejo para os Agroecossistemas Brasileiros”. *Oecologia Australis*, 14(1): 266-281, 2010.
- PINTO, M. R. & MIGUEL, W. “Intoxicação *Apis mellifera* por Organofosforado na Região do Vale do Itajaí – SC”. In: 35º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, Gramado. *Anais*. 2008a, CD-ROM.
- _____. “Mortalidade de Abelhas *Apis mellifera* em Santa Catarina: Intoxicação por Inseticidas Carbamatos”. In: 35º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, Gramado. *Anais*. 2008b, CD-ROM.
- RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; LOPES, D. A.; TOLEDO, V. A. A. & HASHIMOTO, J. H. “Avaliação da Utilização de Larvas de Abelhas Africanizadas (*Apis mellifera*) como Bioindicadores na Presença de Resíduos de Thiamethoxan”. *ClickCiência*, 17: 1-10, 2009.
- SODERLUND, D. & BLOOMQUIST, J. “Neurotoxic Actions of Pyrethroid Insecticides”. *Annual Review of Entomology*, 34(1): 77-96, 1989.
- SOUZA, T. F. *Efeitos das Doses Subletais do Fipronil para Abelhas Africanizadas (Apis mellifera L.) por meio de Análises Morfológicas e Comportamentais*. Dissertação

- (Mestrado) – Ciências Biológicas, ênfase em Biologia Celular e Molecular, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2009.
- SOUZA, T. F.; CINTRA, P.; MALASPINA, O.; BUENO, O. C.; FERNANDES, J. B. & ALMEIDA, S. S. M. S. “Toxicity Effects of Methanolic and Dichlorometane Extracts of Flowers and Penduncles of *Stryphnodendron adstringens* (Leguminosae: Mimosoideae) on *Apis mellifera* and *Scaptotrigona postica* Workers”. *Journal of Apicultural Research*, 45(3): 112-116, 2006.
- STHUCHI, A. L. P. B. *Toxicidade e Expressão Gênica em Abelhas do Gênero Tetragonisca Após a Contaminação com Agrotóxicos*. Tese (Doutorado) – Zootecnia, ênfase em Produção Animal, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2009.
- STOKSTAD, E. “Genomics – Puzzling Decline of US Bees Linked to Virus from Australia”. *Science*, 317(5843): 1304-1305, 2007.
- SUCHAIL, S.; GUEZ, D. & BELZUNCES, L. “Characteristics of Imidacloprid Toxicity in Two *Apis mellifera* Subspecies”. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(7): 1901-1905, 2000.
- _____. “Discrepancy between Acute and Chronic Toxicity Induced by Imidacloprid and its Metabolites in *Apis mellifera*”. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(11): 2482-2486, 2001.
- TERRIERE, L. C. “Induction of Detoxication Enzymes in Insects”. *Annual Review of Entomology*, 29: 71-88, 1984.
- THOMAZONI, D.; FORTUNATO, R. P.; KODAMA, C.; CARBONARI, V.; ALVES JR., V. V.; FONECA, P. R. B.; SORIA, M. F. & DEGRANDE, P. E. “Seletividade de Inseticidas sobre Adultos de *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae)”. In: VI Congresso Brasileiro de Algodão, Uberlândia. *Anais*. 2007, CD-ROM.
- VANDAME, R.; MELED, M.; COLIN, M. E. & BELZUNCES, L. P. “Alteration of Homing-flight in the Honey Bee *Apis mellifera* L. Exposed to Sublethal Dose of Deltamethrin”. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14(5): 855-860, 1995.



PARTE 4

Ferramentas para Uso e Conservação
de Polinizadores



14. O Impedimento Taxonômico no Brasil e o Desenvolvimento de Ferramentas Auxiliares para Identificação de Espécies

Favízia Freitas de Oliveira, Tiago Mauricio Franco, Thiago Mahlmann, Astrid de Matos Peixoto Kleinert, Dora Ann Lange Canhos

INTRODUÇÃO

É inegável que a sociedade moderna necessita cada vez mais de informação taxonômica adequada para compreender, manejar, conservar e utilizar o mundo natural de maneira sustentável (Wheeler, 2004; La Salle *et al.*, 2009). Diversos cientistas concordam que, concomitantemente ao aumento da taxa de extinção de espécies ao redor do mundo (Pimm e Raven, 2000; Thomas *et al.*, 2004; Agnarsson e Kuntner, 2007), existe a dificuldade em acessar informações taxonômicas adequadas e essa dificuldade, junto com o declínio do número de taxonomistas, tem sido denominada Impedimento Taxonômico (Hopkins e Freckleton, 2002; Marques e Lamas, 2006; Evenhuis, 2007).

Assim, o Impedimento Taxonômico é considerado o responsável por nossa dificuldade em tomar decisões justificadas sobre a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios derivados do uso dos recursos genéticos. Isso mostra como a taxonomia e os taxonomistas são mais importantes que nunca em tempos de mudanças globais (Kim e Byrne, 2006; La Salle *et al.*, 2009).

A necessidade de conhecer e classificar as espécies que habitam a Terra é objeto da ciência há séculos (Wilson, 1985; Agnarsson e Kuntner, 2007), porém, em 277 anos desde a criação do *Systema Naturae* por Linnaeus, estima-se que apenas cerca de 20% das espécies terrestres foram nomeadas (La Salle *et al.*, 2009). Estudos mais recentes indicam a existência de cerca de dois milhões de espécies descritas no mundo, com estimativas de uma biodiversidade mundial variando entre 4 e 12 milhões, sendo que destas, cinco milhões seriam representadas apenas por insetos (Reaka-Kudla *et al.*, 1997; Stork, 1997; Grimaldi e Engel, 2005; La Salle *et al.*, 2009; Stuart *et al.*, 2010). Em 2010, a edição comemorativa do Ano Internacional da Biodiversidade, do Catálogo da Vida e do *Species 2000*, apresenta 1,25 milhão de espécies e cerca de 900 mil sinônimos (Bisby e Roskov, 2010). A lista de abelhas do mundo, realizada com auxílio de pesquisadores de todo o mundo e publicada em 28 de setembro de 2009 pelo Itis¹, apresenta 20 455 espécies.

1. Integrated Taxonomic Information System: <<http://www.itis.gov/beechecklist.html>>

No caso dos insetos, o Brasil, país considerado megadiverso, conta com cerca de 9% do total de espécies descritas para todo o mundo, com estimativa de que existam outras 400 mil espécies ainda não descritas (Rafael *et al.*, 2009). O Brasil, atualmente, tem cerca de 140 taxonomistas ativos e, como cada cientista publica em média cem espécies novas durante sua vida profissional, seriam necessários cerca de 2 ou 3 mil anos para descrever toda a entomodiversidade brasileira (Marques e Lamas, 2006; Rafael *et al.*, 2009). Com relação às espécies de abelhas brasileiras (Hymenoptera, Apiformes), foco do presente estudo, segundo Silveira *et al.* (2002a), na década de 1990, houve um aumento de quase duas vezes o número de gêneros revisados em relação aos anos 80, porém, no ritmo apontado pelos autores na época (2,8 gêneros revisados por ano), seriam necessários mais de cinquenta anos para que o restante dos gêneros conhecidos no Brasil fosse estudado.

Apesar da sua reconhecida importância para práticas e políticas de conservação e uso sustentável dos recursos genéticos, a taxonomia está enfrentando uma crise que tem limitado o reconhecimento e a nomeação de novas espécies (Wheeler *et al.*, 2004; Wilson, 2004; Kim e Byrne, 2006; Padial e De La Riva, 2006; Schlick-Steiner *et al.*, 2010; mas veja Packer *et al.*, 2009b). Entretanto, o conceito da sistemática evoluiu bastante e, apesar de utilizar a morfologia externa como base para descrição dos táxons, o taxonomista também utiliza múltiplas fontes de evidência, tais como a citologia, anatomia, embriologia, ecologia, genética, química, além de refinadas técnicas computacionais, dos mais requintados instrumentos ópticos e de precisão e, principalmente, dispõe de novos paradigmas pautados em métodos explícitos de análise. Assim, o taxonomista atual deve ser um cientista de campo e laboratório, e, o que é mais importante, deve trabalhar integrado a grupos com outros conhecimentos, utilizando, portanto, a metodologia inerente a cada um deles (Pirani, 2005).

O aparecimento de novas ferramentas de identificação de espécies, em especial o uso do Código de Barras de DNA (DNA *Barcoding*; Hebert *et al.*, 2003), está causando um grande impacto, sendo amplamente discutida e pesquisada a sua pertinência para os diferentes grupos taxonômicos (Cook *et al.*, 2010).

A perda de biodiversidade causada pelas alterações antrópicas é um dos maiores problemas da atualidade e precisa ser medida com rapidez, utilizando todas as ferramentas e métodos disponíveis (Rockström *et al.*, 2009). De grande valia são as coleções biológicas com os dados de seus acervos disponibilizados *online* de maneira livre e aberta, em formato útil e utilizável. O acesso a dados de ocorrência de espécies (o que ocorre, onde e quando) permite a construção de modelos de distribuição de espécies e de cenários para avaliar possíveis impactos de mudanças climáticas (ver uma revisão de Giannini *et al.*, neste volume).

INICIATIVAS INTERNACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA TAXONOMIA GLOBAL

Para minimizar o Impedimento Taxonômico, diversas iniciativas internacionais têm surgido (Rodman e Cody, 2003), como, por exemplo, os investimentos inovadores empreendidos pela *U. S. National Science Foundation* e pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), que incluem projetos como o *Partnerships to Enhance Expertise in Taxonomy* (PEET), *Assembling the Tree of Life* (AToL), e, em particular, alguns que encorajam revisões taxonômicas como os projetos *Revisionary Syntheses in Systematics* (REVSYS) e *Planetary Biodiversity Inventory* (PBI), que focam especialmente a taxonomia descritiva (Wheeler, 2007); além desses, há também a *Encyclopedia of Life* (EoL) e o *Barometer of Life* (para as espécies ameaçadas) (Stuart *et al.*, 2010). Na Europa, existe ainda a *European Distributed Institute of Taxonomy* (EDIT) e *Creating a Taxonomic e-Science* (CATE). Na Austrália, existe a *Taxonomic Research and Information Network* (TRIN) (Mayo *et al.*, 2008; Clark *et al.*, 2009; La Salle *et al.*, 2009). No Brasil, podemos destacar o Programa Nacional de Zoologia e o Programa de Capacitação em Taxonomia (Protax) do CNPq. Embora as iniciativas brasileiras ainda sejam tímidas, os resultados obtidos têm sido bastante animadores.

Algumas das mais importantes iniciativas globais e regionais que já disponibilizam resultados úteis à comunidade científica são listadas a seguir:

- *Atlas of Living Australia* (ALA) (<http://www.ala.org.au>)
- *Biodiversity Heritage Library* (BHL) (<http://www.biodiversitylibrary.org>)
- Catálogo de Abelhas Moure (<http://moure.cria.org.br/>)
- *Creating a Taxonomic e-Science* (CATE) (<http://www.cate-project.org>)
- *Discover Life* (DL) (<http://www.discoverlife.org>)
- *Encyclopedia of Life* (EoL) (<http://www.eol.org>)
- *European Distributed Institute of Taxonomy* (EDIT) (<http://www.etaxonomy>)
- GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank>)
- *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (<http://www.gbif.org>)
- *Inter American Biodiversity Information Network* (IABIN) (<http://www.iabin.net>)
- *Catalogue of Life* (<http://www.catalogueoflife.org>)
- Lista de espécies da flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/>)
- Morphbank (<http://www.morphbank.net>)
- Rede *speciesLink* (<http://splink.cria.org.br>)
- *Taxonomic Research and Information Network* (TRIN) (<http://www.taxonomy.org.au>)
- *Tree of Life Web Project* (TLWP) (<http://tolweb.org/tree>)
- ZooBank “official online registry for Zoological Nomenclature” (<http://www.zoo-bank.org>)

Todas essas iniciativas têm causado um impacto bastante positivo sobre a taxonomia, além de produzirem mudanças inovadoras por meio do estabelecimento de novos padrões de colaboração e compartilhamento de dados e recursos, com rápida disseminação das informações geradas de forma global entre comunidades científicas. Entretanto, o verdadeiro gargalo continua sendo a produção de informação taxonômica, como as revisões e descrições de espécies (Clark *et al.*, 2009).

IMPACTOS NEGATIVOS AO DESENVOLVIMENTO DA TAXONOMIA

A taxonomia é frequentemente considerada uma área com pouco conteúdo intelectual, e vista como uma ciência descritiva, cuja principal função é a identificação de espécies (Agnarsson e Kuntner, 2007). Diversos especialistas concordam que essa visão é errônea, já que decisões taxonômicas são hipóteses científicas, formuladas a partir de diversas evidências e fontes, que não apenas fornecem as bases teóricas vigorosas para o entendimento e comparações entre espécies e seus relacionamentos, mas são testáveis e promovem previsões de longo alcance (Agnarsson e Kuntner, 2007; mas veja Carvalho *et al.*, 2007b; Ebach e Carvalho, 2010). Vale lembrar, também, que a taxonomia alfa é uma parte essencial do estudo da biodiversidade, devendo ter seu reconhecimento merecido, especialmente em tempos de mudanças globais (Padial e De La Riva, 2006; Flowers, 2007). Para sistemas de informação, o nome científico de uma espécie é a chave, é o meio de acessar e integrar dados e informações de fontes distribuídas. Tem-se, portanto, que a busca e recuperação dos dados e informações associadas a um nome depende da qualidade da identificação e classificação do taxonomista.

Uma reflexão perturbadora sobre os efeitos causados pelo Impedimento Taxonômico pode ser sentida quando se analisa qualquer estudo sobre um táxon em particular (comportamento, genética, ecologia, biotecnologia, criação e manejo sustentado etc.). Qualquer dessas abordagens depende, primeiramente, da correta identificação da espécie que se pretende estudar. Além de todos os problemas inerentes às atividades corriqueiras dos taxonomistas, incluindo a instabilidade taxonômica (Padial e De La Riva, 2006) e o pequeno número de profissionais trabalhando na área, cientistas têm enfrentado outros obstáculos para o desenvolvimento da taxonomia de insetos no Brasil, como por exemplo: dificuldades em obter empréstimos de alguns museus nacionais e estrangeiros; dificuldades para dissecar espécimes tipos emprestados; depreciação de revistas taxonômicas pela aplicação do fator de impacto; persistência da compreensão limitada do valor do conhecimento taxonômico; legislação restritiva para trabalho de campo e desrespeito à legislação brasileira que regulamenta sobre o depósito de material biológico coletado no país (Rafael *et al.*, 2009).

Um estudo taxonômico de um único gênero, por exemplo, pode exigir o estudo de milhares de espécimes depositados em diferentes museus e países. Com tantas

coleções regionais, restrições a coletas, limitações de tempo e dinheiro para visitar cidades distantes, poucos estudos desse tipo são tão abrangentes quanto deveriam ser (Wheeler, 2007). Aliada a isso, como mencionado anteriormente, encontra-se também a baixa pontuação das publicações na área da ciência (índice de impacto), o que limita a suposta “qualidade das revistas” e o reconhecimento pelos órgãos de fomento, inclusive na aprovação e apoio a projetos de cunho taxonômico exclusivo (Flowers, 2007; La Salle *et al.*, 2009).

No Brasil, além da escassez cada vez maior de taxonomistas para catalogação da biodiversidade e das dificuldades enfrentadas pelos poucos profissionais que existem, há uma necessidade premente de coleta em muitas áreas ainda não amostradas, além da ampliação e melhora da infraestrutura das coleções biológicas existentes. Nesse contexto, é importante lembrar que o Sistema de Coleções Biológicas é a forma mais eficaz de preservação e catalogação do conhecimento sobre a diversidade dos vários organismos vivos do nosso planeta. As coleções têm como funções principais armazenar, preservar e ordenar o acervo de espécimes que representam a diversidade biológica de organismos (fósseis e atuais) que povoaram o planeta até os dias de hoje. Nesse sentido, as coleções biológicas são acervos inestimáveis de informações essenciais que deverão, no futuro, propiciar descobertas importantes ainda fora do alcance tecnológico de nossa geração, oferecendo, também, elementos para comprovação de pesquisa pregressa (Zaher e Young, 2003).

Tendo em vista as informações armazenadas em coleções biológicas, a importância da estruturação e manutenção dessas instituições vai além da preservação dos conhecimentos acadêmicos (especialmente os estudos em taxonomia). As coleções são de essencial importância para viabilizar ações ligadas à demarcação de áreas de reservas biológicas, projetos de polinização dirigida para culturas de interesse econômico, manejo sustentado de pragas agrícolas, prevenção e controle de doenças, uso sustentado dos recursos naturais e, principalmente, a conservação das espécies da nossa fauna, flora e microbiota.

Além disso, com a crescente devastação dos ecossistemas naturais, quer pela expansão das fronteiras agrícolas, quer pela exploração desordenada dos recursos naturais, é de suma importância conhecer e mapear as espécies de organismos antes da sua extinção, visando não apenas ao conhecimento acadêmico ou à implementação de técnicas para o aprimoramento de uma nova agricultura (no tocante à polinização), mas também à preservação das espécies.

Diversos pesquisadores debatem sobre a necessidade de mudanças, com a inserção da taxonomia na era digital, buscando acelerar o fluxo de informações e conhecimentos taxonômicos. Diversas publicações recentes têm enfatizado esses pontos e oferecem sugestões sobre como acelerar a produção desses conhecimentos (Godfray, 2002a; 2002b; Godfray e Knapp, 2004; Wilson, 2004; Macleod, 2007; Mayo *et al.*, 2008; Wheeler, 2008b; La Salle *et al.*, 2009; Pearson *et al.*, 2011).

É consenso entre os pesquisadores que existe uma necessidade urgente de conhecer a biodiversidade do planeta antes que esta sucumba à crise da biodiversidade. Muitos cientistas concordam que é hora de promover a taxonomia como uma área da ciência com necessidades especiais, e não apenas como um serviço para as outras áreas, ressaltando a importância de cada uma de suas interfaces (sistemas de identificação, classificação e nomes) (e.g. Carvalho *et al.*, 2007b; Wheeler, 2007). Esses autores enfatizam que ignorar os trabalhos tradicionais da taxonomia pode se tornar uma falha, a ponto de, em questão de tempo, provocar erros de custos inestimáveis pela utilização de dados de espécies não testadas, nomes desatualizados, ou classificações não provadas, o que em seu extremo pode, inclusive, comprometer a sobrevivência humana (Grimaldi e Engel, 2007; Wheeler, 2007; 2008a; La Salle *et al.*, 2009; Schlick-Steiner *et al.*, 2010; Stuart *et al.*, 2010).

Nesse sentido, diversos esforços têm sido realizados no desenvolvimento de ferramentas auxiliares que facilitem a identificação de espécies para o público leigo e também para a grande parcela de cientistas que não são especialistas em taxonomia (Brown e Paxton, 2009). Uma área emergente e bastante promissora é a *cyber* taxonomia. Seus defensores ressaltam a convergência dos objetivos taxonômicos tradicionais com outros novos e igualmente ambiciosos, alimentada por todo o potencial de *cyber* infraestrutura, tecnologias digitais, ciência da informação e engenharia da computação (Atkins *et al.*, 2003; Wheeler, 2004; Wheeler *et al.*, 2004; Page *et al.*, 2005; Wheeler, 2007; Mayo *et al.*, 2008). Segundo esses autores, a *cyber* taxonomia abarca as missões tradicionais da taxonomia de reconhecimento e nomeação de espécies, classificando-as de acordo com suas relações filogenéticas nos moldes da taxonomia tradicional, tornando o que é conhecido sobre as espécies disponível através dos nomes e da classificação lineana. Mas inclui, também, a disponibilização em rede, na forma de um “observatório virtual das espécies”, dos dados dos espécimes, especialistas, dos instrumentos, dados e informações de literatura e outros recursos, organizando os especialistas em uma coordenação internacional ou em comunidades de conhecimento que se expandem, aprimoram e compartilham o conhecimento sobre as espécies e taxa superiores (Godfray *et al.*, 2007; Wheeler, 2007). Pode-se esperar que as consequências benéficas do progresso em cybertaxonomia sejam a redução de problemas relacionados à instabilidade inerente à prática taxonômica e a integração de todas as informações biológicas (taxonomia, dados de bionomia, distribuição geográfica) associadas às espécies (Wilson, 2003).

Um exemplo dos progressos resultantes da aplicação de ferramentas digitais, que tem se mostrado muito útil, é o desenvolvimento de chaves ilustradas de identificação de espécies via internet (Balakrishnan, 2005; Clark *et al.*, 2009), como a do sítio Discover Life². O rápido desenvolvimento das tecnologias permite que imagens de

2. <<http://www.discoverlife.org/>>

alta resolução também sejam disponibilizadas na rede, de modo que facilitem a visualização de estruturas chave usadas na identificação das espécies.

A real mudança de paradigma proposta mais recentemente no processo taxonômico é o desenvolvimento de métodos computacionais para extrair informações morfológicas das imagens, sendo que a visualização e extração dos caracteres necessários para acelerar a descoberta e descrição de novas espécies necessitarão do envolvimento de especialistas em análise de imagens, estatísticos, especialistas em ciência da computação e engenharia de *software* trabalhando em conjunto com taxonomistas e especialistas em bioinformática (La Salle *et al.*, 2009). Como exemplo, podemos citar o desenvolvimento do *software* para identificação de espécies *Automatic Bee Identification System* (ABIS) baseado em padrões de nervura de asas das abelhas, desenvolvido em conjunto por biólogos e cientistas da computação da Universidade de Bonn – Alemanha.

Após essa iniciativa, a identificação de espécies de abelhas baseada nos padrões de venação das asas tem se mostrado muito confiável e vem ganhando cada vez mais força no meio científico, uma vez que se trata de uma metodologia relativamente simples, com baixo custo, que não requer laboratórios especializados e que tem apresentado resultados bastante robustos na identificação de espécies (para revisão, ver Francoy e Imperatriz-Fonseca, 2010), bem como no rastreamento geográfico de populações de uma mesma espécie (Bischoff *et al.*, 2009; Kandemir *et al.*, 2009; Francoy *et al.*, 2011) e em casos nos quais somente partes do corpo do indivíduo estão presentes (Bloch *et al.*, 2010).

Proposto em 2003, o código de barras de DNA é baseado na premissa de que as diferenças interespecíficas na sequência dos genes são maiores que as diferenças intraespecíficas (Hebert *et al.*, 2003). Assim, essa proposta consiste no sequenciamento de aproximadamente 650 pares de bases do início do gene mitocondrial codificador da enzima citocromo oxidase I (CO I) e da comparação dessas sequências entre os grupos. Segundo revisões recentes, essa região mostra-se distinta na vasta maioria dos casos animais estudados até o momento (> 95%) (Vogler e Monaghan, 2007; Waugh, 2007).

De fato, o uso de sequências de DNA mitocondrial na identificação de espécies quando a morfologia não consegue sozinha distinguir os grupos não é novidade (Brown *et al.*, 1999; Mitchell e Samways, 2005), mas sim a sua estruturação, que consiste em quatro fatores principais:

- 1) a padronização de uma região a ser utilizada;
- 2) a possibilidade de uma operação em larga escala, uma vez que as metodologias de sequenciamento estão se tornando cada vez mais acessíveis;
- 3) o depósito de espécimes *vouchers* em coleções entomológicas, que permite a integração de dados morfológicos e moleculares;
- 4) uma acurada organização dos dados em bancos de dados disponíveis ao grande público, organização esta que o Consortium for the Barcode of Life (CBOL) já disponibiliza em seu sítio (Mitchell, 2008).

Em abelhas, alguns estudos mostram a efetividade da técnica, como a identificação de grande parte da apifauna de uma região canadense, além da associação de indivíduos de sexos diferentes na mesma espécie, de larvas e adultos, a identificação de espécies crípticas e a demonstração de sinónimas entre espécies (Packer *et al.*, 2008; Sheffield *et al.*, 2009).

Recentemente, uma campanha global para a caracterização do código de barras de DNA das abelhas foi lançada³, sendo que diversos curadores de museus do mundo todo já aderiram ao programa, de modo que o código de barras de DNA, mesmo controverso para alguns animais, mostra-se efetivo na maior parte dos casos estudados, e em abelhas tem apresentado resultados muito promissores.

Entretanto, é importante salientar, todos esses avanços tecnológicos podem ser interpretados como importantes ferramentas auxiliares à taxonomia, sem desprezar o papel da taxonomia tradicional e dos taxonomistas, os quais sempre serão atores nesse processo (La Salle *et al.*, 2009), tão pouco as vigorosas bases teóricas que suportam a taxonomia. Para uma discussão sobre a taxonomia clássica e o impacto do uso do Barcoding of Life, ver Packer *et al.* (2009a, 2009b).

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO ONLINE E O IMPEDIMENTO TAXONÔMICO

Desde 2001, o Brasil está estruturando um sistema de informação *online* que integra dados de observação e dados de acervos de coleções biológicas, a rede *speciesLink*. A rede conta, hoje, com mais de duzentas coleções participantes que disponibilizam mais de 4 milhões de registros. Na primeira fase do projeto (2001-2005), com o apoio da Fapesp, foram integrados os dados de quarenta provedores, sendo duas coleções de abelhas, a Coleção Entomológica Paulo Nogueira-Neto – IB-USP e a Coleção Camargo do Departamento de Biologia – FFCLRP-USP. Em março de 2007, foi assinado um contrato com o GBIF para a digitação e disponibilização *online* de acervos de abelhas. Graças a esse contrato, foram integrados os dados de um total de onze coleções, número que permanece estável até hoje (Fig. 14.1).

A Figura 14.1 mostra a importância do apoio de projetos para a integração dos acervos e digitação dos dados. Aliás, a digitação dos dados é um dos maiores gargalos da rede de polinizadores. As coleções que participam da rede têm um acervo estimado de 1,1 milhão de registros, sendo que somente 27,3% destes estão disponibilizados *online* (em janeiro do presente ano, apenas 22%, cerca de 240 mil dados, estavam *online*, o que reforça a necessidade de investimentos nessa área).

3. <www.bec-bol.org>

Como ponto positivo, tem-se que 67% dos registros *online* estão georreferenciados, o que aumenta, e muito, a usabilidade dos dados por outros grupos de interesse.

O fato de ter os dados em um banco de dados único, além da possibilidade de busca e recuperação em diferentes formatos (html, Excel, xml, kml, plotados em mapas), torna possível determinar a quantidade de material não identificado, encontrar lacunas taxonômicas ou geográficas, avaliar a qualidade dos dados etc.

Um segundo componente importante do sistema de informação *online* disponível para polinizadores é o Catálogo de Abelhas Moure que apresenta uma relação das abelhas presentes na região neotropical. Além de informações referentes aos gêneros, para cada uma das espécies reconhecidas é apresentada a referência completa à descrição original da espécie, sua localidade-tipo, distribuição geográfica, depósito do exemplar-tipo, sinonímia completa e demais referências bibliográficas em que a espécie em questão é tratada. Uma grande parte da sinonímia é baseada no exame direto de material-tipo realizado por Moure em numerosas visitas a coleções na Europa, América do Norte e Austrália durante as décadas de 1950 a 2000. Os trabalhos foram coordenados pelo prof. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo, da Universidade Federal do Paraná. A última atualização do catálogo foi realizada em julho de 2008. Seria importante que o sistema fosse redesenhado para permitir a atualização dinâmica, *online*, por uma rede distribuída de especialistas. O Catálogo Moure é de fundamental importância para a atualização da nomenclatura e para a avaliação da qualidade e completude dos dados para a família Apidae.

A rede *speciesLink* também tem dados de herbários. São 69 coleções de plantas, com mais de 2,7 milhões de registros disponíveis, sendo 1,1 milhão georreferenciados. O Herbário Virtual da Flora e dos Fungos (HVFF), um dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia do CNPq, também disponibiliza na rede *speciesLink* a sua base informacional.

Como último elemento informacional de importância para o tema “polinizadores”, tem-se a Lista de Espécies da Flora do Brasil, um trabalho coordenado pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro junto a uma rede social com mais de quatrocentos taxonomistas. A Lista 2010, de acesso público, apresenta 31 156 espécies de angiospermas da flora brasileira com cerca de 25 mil sinônimos. Dessas espécies, 17 624 são endêmicas do Brasil. À medida que bancos de dados com a interação animal x planta forem estruturados e integrados, essa lista passa a ser um componente importante do sistema de informação.

DESAFIOS

Existem vários desafios importantes a serem superados:

- ampliar as pesquisas na área de taxonomia;

- aumentar a formação de mestres e doutores em taxonomia;
- aumentar o investimento em coleções e laboratórios de taxonomia, tanto em infraestrutura física como em pessoal;
- disponibilizar *online* todos os dados dos acervos de polinizadores do país;
- disponibilizar *online*, de forma integrada, dados sobre a interação polinizador-planta;
- ampliar as pesquisas voltadas para o desenvolvimento de ferramentas auxiliares para identificação de espécies de fácil utilização e disponíveis para o grande público via internet;
- desenvolver e disponibilizar um banco de dados nacional de apoio para as identificações automáticas, com imagens;
- estimular a formação de redes de pesquisa nacionais, que englobem diversas regiões geográficas, para abranger porção significativa da apifauna nacional;
- popularizar o uso das ferramentas auxiliares por parte dos cientistas não especializados em taxonomia e da população em geral;
- estimular o estreitamento da relação entre ciência e população, com maior envolvimento da população no tema “Conservação da biodiversidade e polinizadores”.

DIAGNÓSTICO

Os levantamentos padronizados de abelhas brasileiras e flora associada iniciados por Sakagami e colaboradores (1967) vêm sendo realizados em várias localidades e em diferentes ecossistemas ao longo de todo o território nacional (Pinheiro-Machado, 2002b; Pinheiro-Machado *et al.*, 2002). Embora esses estudos tenham sido muito importantes para o conhecimento da fauna de abelhas brasileira, esta continua ainda relativamente desconhecida, sendo que muitas áreas do Brasil ainda não foram amostradas, especialmente com metodologia padronizada.

De acordo com Silveira *et al.* (2002b), das 3 187 morfoespécies reconhecidas em 46 levantamentos de abelhas realizados no Brasil, apenas 26% foram seguramente identificadas, sendo que 6% eram espécies novas para a ciência. Ou seja, ao impedimento taxonômico, adicionamos ainda o fato de que, além das espécies que não chegam a ser identificadas (permanecendo os sp.1, sp.2, ... sp.n), em cada novo levantamento é também descoberto grande número de espécies novas para a ciência.

Esse fato é preocupante, já que as abelhas são importantes agentes polinizadores de plantas tropicais nativas e cultivadas, exercendo um papel fundamental no sucesso reprodutivo e fluxo gênico de muitos grupos de plantas agrícolas e florestais. A grande maioria das plantas superiores necessita de polinização cruzada e, por sua vez, são importantes fontes de recursos alimentares para polinizadores.

Para se ter uma ideia da necessidade de taxonomistas relacionados à apifauna brasileira, partindo dos dados das coleções zoológicas que participam da rede

speciesLink, há 15 626 registros de espécimes identificados apenas até o nível de gênero, com especial referência para as famílias Apidae (= Anthophoridae + Apidae; n= 12 827) e Halictidae (n= 2 060) (Tabela 14.1).

Como os dados das coleções disponibilizadas na base de dados do Cria foram computados em número de registro de espécimes (Tabela 14.1), algumas famílias, como Apidae, Megachilidae e Andrenidae (86,62%, 85,66% e 88,48%, respectivamente), podem ser erroneamente interpretadas como bem identificadas em nível específico. Nesse sentido, os valores expressos na Tabela 14.1 não refletem de fato o entendimento taxonômico dessas famílias, já que em Apidae, por exemplo, em função do comportamento eussocial, nas coleções são encontradas séries numerosas de indivíduos da mesma espécie (e.g. Cemec onde, de 9 029 espécimes identificados em nível específico, 6 229 (69%), são representados por duas espécies apenas, *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 e *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), além dos indivíduos da mesma espécie coletados em massa por armadilhas com atrativos químicos (Euglossini).

No caso da família Megachilidae, o grande número de indivíduos identificados (98% em nível específico) deve-se, principalmente, à Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (DZUP), que abriga 66% dos registros da família dentre as coleções brasileiras, aliada ao fato de a instituição possuir pesquisadora especialista no grupo (dra. Danúncia Urban). Andrenidae parece ser de fato a família mais bem trabalhada, porém Silveira *et al.* (2002b) contabilizaram apenas 58 espécies para o território brasileiro, correspondente a 3,68% da riqueza de abelhas do Brasil, o que explicaria o grande número de indivíduos identificados em nível específico.

No caso das informações não disponibilizadas pela rede *speciesLink*, se levarmos em consideração os exemplares coletados em 115 levantamentos da apifauna realizados em diversos ecossistemas brasileiros (Mata Atlântica, cerrado, caatinga, campo rupestre), foram contabilizadas 4 082 espécies não identificadas (morfoespécies, identificadas como “Gênero sp.”) (Tabela 14.2). Dentre as abelhas listadas nesses levantamentos, destacam-se as famílias Apidae e Halictidae (aproximadamente 36% das morfoespécies, cada uma), seguidas por Megachilidae (17%), Colletidae (7%) e Andrenidae (5%) (Fig. 14.2). Vale lembrar que Silveira *et al.* (2002) estimaram a biodiversidade de abelhas brasileiras em torno de 3 mil espécies. No entanto, se considerarmos que uma pequena parcela dessas morfoespécies pode representar espécies novas, a riqueza da apifauna brasileira pode estar subestimada, principalmente se considerarmos que a maior parte do território brasileiro ainda não foi amostrada por meio de inventários.

Os gêneros *Megachile* Latreille, 1802 (n= 467) (Megachilidae), *Ceratina* Latreille, 1802 (n= 372), *Paratetrapedia* Moure, 1941 (n= 209) (Apidae), *Augochlora* Smith, 1853 (n= 299), *Augochloropsis* Cockerell, 1897 (n= 329), *Dialictus* Robertson, 1902

(n= 485) (Halictidae) e *Hylaeus* Fabricius, 1793 (n= 167) (Colletidae) representaram juntos 57% das morfoespécies listadas, um indicativo de que, talvez, esses gêneros devam ser prioritários para revisões taxonômicas.

As coleções entomológicas participantes da rede *speciesLink* estão listadas abaixo:

- CE: Coleção Entomológica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);
- CECG: Coleção Entomológica dos Campos Gerais do Paraná, da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG);
- Cemec: Coleção Entomológica Moure e Costa do Laboratório de Abelhas da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (Labe/EBDA);
- Cepann: Coleção Entomológica Paulo Nogueira-Neto do Laboratório de Abelhas do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP);
- DSEC: Coleção Entomológica do Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB);
- DZUP: Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR);
- Inpa: Coleção de Hymenoptera do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa);
- Lebic: Coleção Entomológica do Laboratório de Ecologia e Biogeografia de Insetos da Caatinga da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG);
- MCP: Coleção de Abelhas do Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul (PUCRS);
- MHNCI: Coleção Entomológica do Museu de História Natural Capão da Imbuia de Curitiba (MHNCI);
- MZUEL: Coleção de Abelhas do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina (UEL);
- RPSP: Coleção Camargo do Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP-USP);
- Ufes: Coleção Entomológica da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes).

O Sistema de Informação do Programa Biota (SinBiota) da Fapesp disponibiliza dados dos inventários realizados no âmbito do programa Biota/Fapesp e inclui polinizadores.

Tabela 14.1. Registros dos espécimes de abelhas das coleções participantes da rede *speciesLink*.

	COLEÇÕES	REGISTROS*	DF	DG	DE	DM
Apidae	15	180 906	2 553	12 827	156 700	8 826
Megachilidae	9	11 324	141	391	9 700	1 092
Halictidae	8	11 774	1 013	2 060	5 834	2 867
Andrenidae	8	4 029	40	232	3 565	192
Colletidae	8	2 115	73	116	1 031	895
TOTAL	-	210 148	3 820	15 626	176 830	13 872

* Segundo a classificação de Michener, 2007

DF= Determinado apenas até o nível de família

DG= Determinado apenas até o nível de gênero

DE= Determinado até o nível de espécie

DM= Determinado como morfoespécie

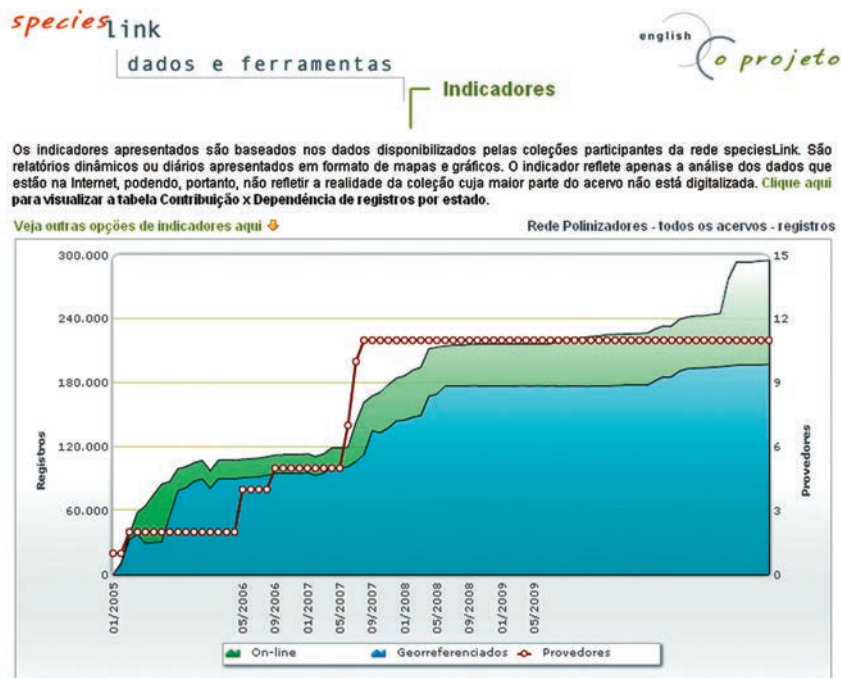
Tabela 14.2. Inventários apifaunísticos incluídos nas análises.

INVENTÁRIOS ANALISADOS	NÚMERO DE MORFOESPÉCIES
Agostini e Sazima, 2003	8
Aguiar, 2001; Aguiar e Martins, 2003	37
Aguiar, 1995; Aguiar <i>et al.</i> , 1995; Aguiar e Martins, 1997	20
Aguiar, 2003; Aguiar e Zanella, 2005	20
Albuquerque, 1998	11
Albuquerque <i>et al.</i> , 2001	16
Almeida, 2002; Almeida e Marchini, 2005; Moreti <i>et al.</i> , 2006	12
Alves-dos-Santos, 1996, 1999	70
Andena <i>et al.</i> , 2005	35
Antonini e Martins, 2003	35
Araujo <i>et al.</i> , 2006	55
Azevedo, 2002	118
Barbola, 1993; Barbola e Laroca, 1993; Barbola <i>et al.</i> , 2000	62
Batalha-Filho <i>et al.</i> , 2007	13
Bazilio, 1997	68
Boaventura, 1998	76
Boff, 2008	25
Bortoli, 1987; Bortoli e Laroca, 1990	126
Bortoli e Laroca, 1997	72
Camargo e Mazucato, 1984	97
Campos, 1989	32
Carvalho, 1990; Carvalho e Bego, 1996; Carvalho e Bego, 1997	63
Carvalho, 1993	9
Carvalho, 1993; Carvalho e Marques, 1995	6

INVENTÁRIOS ANALISADOS	NÚMERO DE MORFOESPÉCIES
Carvalho, 1993; Carvalho e Marques, 1995; Carvalho <i>et al.</i> , 1995	19
Carvalho, 1999	25
Castro, 2001	33
Cure, 1983	100
Cure <i>et al.</i> , 1992	49
Cure <i>et al.</i> , 1993	94
D'ávila, 2006; Moreti <i>et al.</i> , 2006	13
Faria, 1994	55
Faria-Mucci <i>et al.</i> , 2003	47
Freitas, 1998	127
Freitas, 2002	25
Gonçalves e Melo, 2005	69
Hoffmann, 1990	34
Jahmour, 1998; Jamhour e Laroca, 2004	83
Knoll <i>et al.</i> , 2004	26
Krug, 2007	82
Laroca e Almeida, 1994; Almeida, 2003	125
Laroca, 1974	63
Laroca <i>et al.</i> , 1982; Taura e Laroca, 2001	74
Lima, 2004	54
Locatelli e Machado, 2001; Souza, 2003; Locatelli <i>et al.</i> , 2004	39
Martins, 1990, 1994, 1995	63
Mateus, 1998	41
Michelette, 2005	9
Minussi, 2003	22
Mouga, 2004	72
Moura, 2003	33
Parizotto, 2007	74
Pedro, 1992	58
Pigozzo, 2004	40
Pinheiro-Machado, 2002a	134
Ramalho, 1995, 2004	78
Rêgo, 1998	11
Rodarte <i>et al.</i> , 2008	9
Sakagami <i>et al.</i> , 1967; Laroca, 1974	31
Sakagami <i>et al.</i> , 1967	48
Santos, 2003a; Santos <i>et al.</i> , 2004; Carvalho <i>et al.</i> , 2007a	39
Santos, 2003b	22
Schindwein, 1995	101
Schwartz-Filho, 1993; Schwartz-Filho e Laroca, 1999	30
Silva, 2005	87
Silva, 1998; Silva e Martins, 1999	8

INVENTÁRIOS ANALISADOS	NÚMERO DE MORFOESPÉCIES
Silva, 2004	27
Silveira, 1989	56
Silveira, 2006	53
Silveira <i>et al.</i> , 1993	67
Silveira e Cure, 1993	23
Silveira e Mendonça, 2005	9
Sofia, 1996	17
Steiner <i>et al.</i> , 2006	72
Taura, 1990; Taura e Laroca, 2001	57
Taura, 1998; Taura e Laroca, 2001	43
Taura <i>et al.</i> , 2007a; 2007b	68
Truylio e Harter-Marques, 2007	43
Viana, 1999b	8
Viana, 1999a; Viana e Kleinert, 2005, 2006; Viana <i>et al.</i> , 2006	12
Vieira, 2005; Moreti <i>et al.</i> , 2006	11
Wilms, 1995; Wilms <i>et al.</i> , 1996	72
Zanella, 1991	71
Zanella, 1999, 2000, 2003	24
Zanella e Martins, 2005	17

Fig. 14.1. Histórico do envio de dados à rede *speciesLink*.

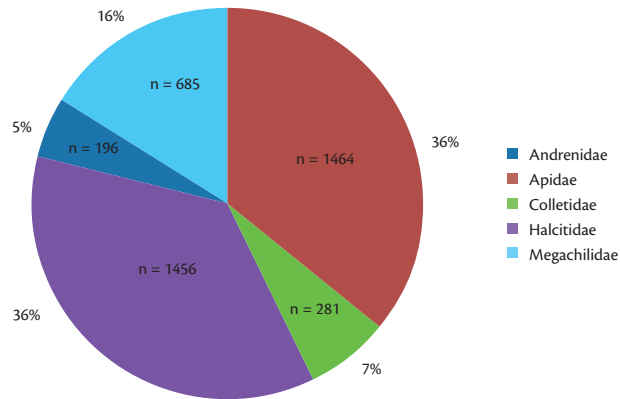


Histórico do envio e retirada de dados da rede. São apresentadas as médias mensais, tanto do número total de registros on-line, como também do número de registros georreferenciados. A linha vermelha traz o número mensal de provedores de dados (coleções biológicas ou de dados).

Atualizado em 13/10/11 04:31

Fonte: CE-UFPE, CEMeC, CEPANN, DSEC, DZUP-Hymenoptera, DZUP-Lepidoptera, INPA-Hymenoptera, LEBIC, MCP, MZUEL-Abelhas, RPSP

Fig. 14.2. Riqueza em espécies das famílias de abelhas, cujos espécimes foram identificados como “gênero sp.” nos 115 levantamentos da Apifauna realizados no Brasil.



AGRADECIMENTOS

Ao dr. Eduardo Andrade Botelho de Almeida e à dra. Vera Lucia Imperatriz-Fonseca pela revisão do manuscrito e pelas valiosas sugestões. À dra. Denise de Araujo Alves, pelas sugestões e inestimável ajuda na formatação do texto. Ao CNPq, por viabilizar a realização desta obra.

REFERÊNCIAS

- AGNARSSON, I. & KUNTNER, M. “Taxonomy in a Changing World: Seeking Solutions for a Science in Crisis”. *Systematic Biology*, 56(3): 531-539, 2007.
- AGOSTINI, K. & SAZIMA, M. “Plantas Ornamentais e Seus Recursos para Abelhas no Campus da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil”. *Bragantia*, 62(3): 335-343, 2003.
- AGUIAR, A. J. C. *Comunidade de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea Apiformes) da Vegetação de Tabuleiro da Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2001.
- AGUIAR, A. J. C. & MARTINS, C. F. “The Bee Diversity of the Tabuleiro Vegetation in the Guaribas Biological Reserve (Mamanguape, Paraíba, Brazil)”. In: MELO, G. A. R. & ALVES-DOS-SANTOS, I. (Eds.). *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure*. Criciúma, Editora Unesc, 2003, pp. 209-216.
- AGUIAR, C. M. L. *Abundância, Diversidade e Fenologia de Abelhas (Hym., Apoidea) da Caatinga (São João do Cariri, PB) e Suas Interações com a Flora Apícola*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 1995.

- _____. “Utilização de Recursos Florais por Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma Área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(3): 457-467, 2003.
- AGUIAR, C. M. L. & MARTINS, C. F. “Abundância Relativa, Diversidade e Fenologia de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na Caatinga, São João do Cariri, Paraíba, Brasil”. *Iheringia, Série Zoologia*, 83: 151-163, 1997.
- AGUIAR, C. M. L.; MARTINS, C. F. & MOURA, A. C. A. “Recursos Florais Utilizados por Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Área de Caatinga (São João do Cariri, Paraíba)”. *Revista Nordestina de Biologia*, 10(2): 101-117, 1995.
- AGUIAR, C. M. L. & ZANELLA, F. “The Bee Community (Hymenoptera: Apoidea: Apiformis) of an Area in the Border of the Caatinga Domain (Itatim, BA, Brazil)”. *Neotropical Entomology*, 34(1): 15-24, 2005.
- ALBUQUERQUE, P. M. C. *Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) e Suas Fontes de Alimento em um Ecossistema de Dunas, na Ilha do Maranhão, MA, Brasil: Composição, Fenologia e Interações*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 1998.
- ALBUQUERQUE, P. M. C.; FERREIRA, R. G.; RÊGO, M. M. C.; SANTOS, C. S. & BRITO, C. M. S. “Levantamento da Fauna de Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) na Região da ‘Baixada Maranhense’: Vitoria do Mearim, MA, Brasil”. *Acta Amazonica*, 31(3): 419-430, 2001.
- ALMEIDA, D. *Espécies de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e Tipificação dos Méis por Elas Produzidos em Área de Cerrado do Município de Pirassununga, Estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.
- ALMEIDA, D. A. & MARCHINI, L. C. “Análise Faunística de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) Coletadas no Cerrado do Estado de São Paulo”. *Maringá*, 27(3): 277-284, 2005.
- ALMEIDA, M. C. *Taxonomia e Biocenótica de Apoidea (Hymenoptera) de Áreas Restritas de Cerrado no Município de Jaguariaíva, Paraná, Sul do Brasil*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. *Bienen und melittophile Blütenpflanzen in der Küstenregion und im Atlantischen Regenwald von Rio Grande do Sul (Brasilien), mit einer Fallstudie zu Langzungbienen und tristylen Wasserhyazinthen*. Tese (Doutorado) – Universität Tübingen, Tübingen. 1996.
- _____. “The Bee Fauna and Melittophilous Plants of the Atlantic Rainforest, ‘Restinga’ and Dunes of the North Coast of Rio Grande do Sul, Brazil”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 43(3-4): 191-223, 1999.
- ANDENA, S. R.; BEGO, L. R. & MECCHI, M. R. “As Comunidades de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma Área de Cerrado (Corumbataí, SP) e Suas Visitas às Flores”. *Revista Brasileira de Zoociências*, 7(1): 55-91, 2005.
- ANTONINI, Y. & MARTINS, R. P. “The Flowering-visiting Bees at the Ecological Station of the Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil”. *Neotropical Entomology*, 32(4): 565-575, 2003.
- ARAÚJO, V. A.; ANTONINI, Y. & ARAÚJO, A. P. A. “Diversity of Bees and Their Floral Resources at Altitudinal Areas in the Southern Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil”. *Neotropical Entomology*, 35(1): 30-40, 2006.

- ATKINS, D.; DROEGEMEIER, K.; FELDMAN, S.; GARCIA-MOLINA, H.; KLEIN, M.; MESSERSCHMITT, D.; MESSINA, P.; OSTRICKER, J. & WRIGHT, M. "Revolutionizing Science and Engineering through Cyberinfrastructure". *Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure*, 2003.
- AZEVEDO, A. A. *Composição de Faunas de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e da Flora Associada em Áreas de Cerrado de Minas Gerais, Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.
- BALAKRISHNAN, R. "Species Concepts, Species Boundaries and Species Identification: a View from the Tropics". *Systematic Biology*, 54(4): 689-693, 2005.
- BARBOLA, I. F. *A Comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná): Diversidade, Fenologia e Relações Tróficas*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1993.
- BARBOLA, I. F. & LAROCA, S. "Comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná): Diversidade, Abundância Relativa e Atividade Sazonal". *Acta Biologica Paranaense*, 22(1,2,3,4): 91-113, 1993.
- BARBOLA, I. F.; LAROCA, S. & ALMEIDA, M. C. "Utilização de Recursos Florais por Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Floresta Estadual Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil)". *Revista Brasileira de Entomologia*, 44(1-2): 9-19, 2000.
- BATALHA-FILHO, H.; NUNES, L. A.; PEREIRA, D. G. & WALDSCHMIDT, A. M. "Inventário da Fauna de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma Área de Caatinga da Região de Jequié, BA". *Bioscience Journal*, 23(1): 24-29, 2007.
- BAZILIO, S. *Melissocenose de uma Área Restrita de Floresta de Araucária do Distrito de Guará (Guarapuava, PR)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1997.
- BISBY, F. & ROSKOV, Y. "The Catalogue of Life: towards an Integrative Taxonomic Backbone for Biodiversity". In: NIMIS, P. L. & VIGNES LEBBE, R. (Eds.). *Biodiversity: Progress and Problems*. Trieste, EUT Edizioni Università di Trieste, 2010, pp. 37-42.
- BISCHOFF, I.; SCHRÖDER, S. & MISOF, B. "Differentiation and Range Expansion of North American Squash Bees *Peponapis pruinosa* (Apidae: Apiformes) Populations Assessed by Geometric Wing Morphometry". *Annals of the Entomological Society of America*, 102(1): 60-69, 2009.
- BLOCH, G.; FRANCOY, T. M.; WACHTEL, I.; PANITZ-COHEN, N.; FUCHS, S. & MAZAR, A. "Industrial Apiculture in the Jordan Valley during Biblical Times with Anatolian Honeybees". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(25): 11240-11244, 2010.
- BOAVENTURA, M. C. *Sazonalidade e Estrutura de uma Comunidade de Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) numa Área de Cerrado do Jardim Botânico de Brasília*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília. 1998.
- BOFF, S. V. *Flora de Capões e Hymenoptera (Apoidea: Abelhas e Vespas) Visitantes de Flores no Pantanal de Miranda-Abobral*. Dissertação (Mestrado) – Biologia Vegetal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2008.
- BORTOLI, C. *Estudo Biocenótico em Apoidea (Hymenoptera) de uma Área Restrita em São José dos Pinhais (PR, Sul do Brasil), com Notas Comparativas*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1987.

- _____. "Melissocenologia no Terceiro Planalto Paranaense. Abundância Relativa das Abelhas Silvestres (Apoidea) de um Biótipo Urbano de Guarapuava (PR, Brasil)". *Acta Biologica Paranaense*, 26(1,2,3,4): 51-86, 1997.
- BORTOLI, C. & LAROCA, S. "Estudo Biocenótico em Apoidea (Hymenoptera) de uma Área Restrita em São José dos Pinhais (PR, Sul do Brasil), com Notas Comparativas". *Dusenía*, 15:1-112, 1990.
- BROWN, B.; EMBERSON, R. M. & PATERSON, A. M. "Mitochondrial CO I and CO II Provide Useful Markers for *Weiseana* (Lepidoptera, Hepialidae) Species Identification". *Bulletin of Entomological Research*, 89: 287-294, 1999.
- BROWN, M. J. F. & PAXTON, R. J. "The Conservation of Bees: a Global Perspective". *Apidologie*, 40(3): 410-416, 2009.
- CAMARGO, J. M. F. & MAZUCATO, M. "Inventário da Apifauna e Flora Apícola de Ribeirão Preto, SP Brasil". *Dusenía*, 42: 55-87, 1984.
- CAMPOS, M. J. O. *Estudo das Interações entre a Comunidade de Apoidea, na Procura de Recursos Alimentares, e a Vegetação de Cerrado da Reserva de Corumbataí, SP*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 1989.
- CARVALHO, A. M. C. *Estudo das Interações entre a Apifauna e a Flora Apícola em Vegetação de Cerrado – Reserva Ecológica do Panga – Uberlândia-MG*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 1990.
- CARVALHO, A. M. C. & BEGO, L. R. "Studies on Apoidea Fauna of Cerrado Vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil". *Revista Brasileira de Entomologia*, 40(2): 147-156, 1996.
- _____. "Exploitation of Available Resources by Bee Fauna (Apoidea-Hymenoptera) in the Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, State of Minas Gerais, Brazil". *Revista Brasileira de Entomologia*, 41(1): 101-107, 1997.
- CARVALHO, C. A. L. *Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) no Município Cruz das Almas – Bahia: Levantamento, Identificação e Material Coletado em Plantas de Importância Econômica*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas. 1993.
- _____. *Diversidade de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e Plantas Visitadas no Município de Castro Alves - BA*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1999.
- CARVALHO, C. A. L. & MARQUES, O. M. "Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Cruz das Almas – Bahia: 2. Espécies Coletadas em Leguminosas". *Insecta*, 4(2): 26-31, 1995.
- CARVALHO, C. A. L.; MARQUES, O. M. & SAMPAIO, H. S. V. "Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Cruz das Almas – Bahia: 1. Espécies Coletadas em Fruteiras". *Insecta*, 4(1): 11-17, 1995.
- CARVALHO, C. A. L.; SANTOS, F. M.; SILVA, R. F. & SOUZA, B. A. "Phenology of Bees (Hymenoptera: Apoidea) in a Transition Area between the Cerrado and the Amazon Region in Brazil". *Sociobiology*, 50(3): 1177-1190, 2007a.
- CARVALHO, M. ; BOCKMANN, F. A.; AMORIM, D. S.; BRANDÃO, C. R. F.; VIVO, M.; FIGUEIREDO, J. L.; BRITSKI, H. A.; PINNA, M. C. C.; MENEZES, N. A.; MARQUES, F. P. L.; PAPAVERO, N.; CANCELLO, E. M.; CRISCI, J. V.; MCEACHRAN, J. D.; SHELLEY, R. C.; LUNDBERG, J. G.; GILL, A. C.; BRITZ, R.; WHEELER, Q. D.; STIASSNY, M. L. J.; PARENTI, L. R.; PAGE, L. M.; WHEELER, W. C.; FAIVOVICH, J.; VARI, R. P.; GRANDE, L.; HUMPHRIES, C. J.; DESALLE, R.; EBACH, M. C. & NELSON, G. J.

- “Taxonomic Impediment or Impediment to Taxonomy? A Commentary on Systematics and the Cybertaxonomic-automation Paradigm”. *Evolutionary Biology*, 34(3): 140-143, 2007b.
- CASTRO, M. S. *A Comunidade de Abelhas (Apoidea) de uma Área de Caatinga Arbórea entre os Inselbergs de Milagres (12°53'S;39°51'W), Bahia*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.
- CLARK, B.; GODFRAY, H.; KITCHING, I.; MAYO, S. & SCOBLE, M. “Taxonomy as an eScience”. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1890): 953-966, 2009.
- COOK, L.; EDWARDS, R.; CRISP, M. & HARDY, N. “Need Morphology Always Be Required for New Species Descriptions?”. *Invertebrate Systematics*, 24(3): 322-326, 2010.
- CURE, J. R. *Estudo Ecológico de Comunidade de Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) do Parque da Cidade, Comparado ao de Outras Áreas de Curitiba, Paraná*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1983.
- CURE, J. R.; BASTOS-FILHO, G. S.; OLIVEIRA, M. J. F. & SILVEIRA, F. A. “Levantamento da Fauna de Abelhas Silvestres na ‘Zona da Mata’ de Minas Gerais. I - Pastagem na Região de Viçosa (Hymenoptera, Apoidea)”. *Revista Ceres*, 40(228): 131-161, 1993.
- CURE, J. R.; THIENGO, M.; SILVEIRA, F. A. & ROCHA, L. B. “Levantamento da Fauna de Abelhas Silvestres na ‘Zona da Mata’ de Minas Gerais. III. Mata Secundária na Região de Viçosa (Hymenoptera, Apoidea)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 9(3-4): 223-239, 1992.
- D’AVILA, M. *Insetos Visitantes Florais em Áreas de Cerradão e Cerrado sensu stricto no Estado de São Paulo*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2006.
- EBACH, M. & CARVALHO, M. “Anti-intellectualism in the DNA Barcoding Enterprise”. *Zoologia (Curitiba, Impresso)*, 27: 165-178, 2010.
- EVENHUIS, N. “Helping Solve the ‘Other’ Taxonomic Impediment: Completing the Eight Steps to Total Enlightenment and Taxonomic Nirvana”. *Zootaxa*, 1407: 3-12, 2007.
- FARIA-MUCCI, G. M.; MELO, M. A. & CAMPOS, L. A. O. “A Fauna de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e Plantas Utilizadas como Fonte de Recursos Florais, em um Ecossistema de Campos Rupestres em Lavras Novas, Minas Gerais, Brasil. In: MELO, G. R. & ALVES-DOS-SANTOS, I. (Eds.). *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure*. Criciúma, Editora Unesc, 2003, pp. 241-256.
- FARIA, G. M. *A Flora e a Fauna Apícola de um Ecossistema de Campo Rupestre, Serra do Cipó – MG, Brasil: Composição, Fenologia e suas Interações*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1994.
- FLOWERS, R. “Comments on ‘Helping Solve the ‘Other’ Taxonomic Impediment: Completing the Eight Steps to Total Enlightenment and Taxonomic Nirvana’ by Evenhuis (2007)”. *Zootaxa*, 1494: 67-68, 2007.
- FRANCOY, T. M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “A Morfometria Geométrica das Asas e a Identificação Automática de Espécies de Abelhas”. *Oecologia Australis*, 14(1): 317-321, 2010.
- FRANCOY, T. M.; GRASSI, M. L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MAY-ITZÁ, W. & QUEZADA-EUÁN, J. J. G. “Geometric Morphometrics of the Wing as a Tool for Assigning

- Genetic Lineages and Geographic Origin in *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini)". *Apidologie*, 42(4): 499-507.
- FREITAS, L. *Biologia da Polinização em Campos de Altitude no Parque Nacional da Serra da Bocaina, SP*. Tese (Doutorado) – Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.
- FREITAS, R. I. P. *Abelhas Silvestres (Hymenoptera: Apoidea) e a Floração de Plantas em Áreas de Cerrado Recém-queimadas no Distrito Federal*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília. 1998.
- GIANNINI, T. C.; ACOSTA, A. L.; SARAIVA, A. M.; ALVES-DOS-SANTOS, I. & MARCO JR., P. "Construção de Cenários Futuros para o Uso e Conservação de Polinizadores". *Revista Estudos Avançados*, [este mesmo número] 2011.
- GODFRAY, H. "Challenges for Taxonomy". *Nature*, 417(6884): 17-19, 2002a.
- _____. "Towards Taxonomy's' Glorious Revolution". *Nature*, 420(6915): 461, 2002b.
- GODFRAY, H.; CLARK, B.; KITCHING, I.; MAYO, S. & SCOBLE, M. "The Web and the Structure of Taxonomy". *Systematic Biology*, 56(6): 943-955, 2007.
- GODFRAY, H. & KNAPP, S. "Introduction, One Contribution of 19 to a Theme Issue 'Taxonomy for the Twenty-first Century'". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359: 559-569, 2004.
- GONÇALVES, R. & MELO, G. A. R. "A comunidade de Abelhas (Hymenoptera, Apidae s/l) em uma Área Restrita de Campo Natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: Diversidade, Fenologia e Fontes Florais de Alimento". *Revista Brasileira de Entomologia*, 49(4): 557-571, 2005.
- GRIMALDI, D. & ENGEL, M. "Why Descriptive Science Still Matters". *Bioscience*, 57(8): 646-647, 2007.
- GRIMALDI, D. & ENGEL, M. S. *Evolution of the Insects*. Cambridge, Cambridge University Press, 2005.
- HEBERT, P.; CYWINSKA, A.; BALL, S. & DEWAARD, J. "Biological Identifications through DNA Barcodes". *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512): 313-321, 2003.
- HOFFMANN, M. *Estrutura e Importância de uma Comunidade de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) no Rio Grande do Sul, para a Polinização de Plantas Cultivadas*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.
- HOPKINS, G. & FRECKLETON, R. "Declines in the Numbers of Amateur and Professional Taxonomists: Implications for Conservation". *Animal Conservation*, 5(3): 245-249, 2002.
- JAMHOUR, J. *Abundância Relativa, Fenologia e Flores Visitadas por Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) em uma Área Restrita de Pato Branco (Paraná, Brasil)*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- JAMHOUR, J. & LAROCA, S. "Uma Comunidade de Abelhas Silvestres (Hym., Apoidea) de Pato Branco (PR-Brasil): Diversidade, Fenologia, Recursos Florais e Aspectos Biogeográficos". *Acta Biologica Paranaense*, 33(1,2,3,4): 27-119, 2004.
- KANDEMIR, I.; MORADI, M. G.; ÖZDEN, B. & ÖZKAN, A. "Wing Geometry as a Tool for Studying the Population Structure of Dwarf Honey Bees (*Apis florea* Fabricius 1876) in Iran". *Journal of Apicultural Research*, 48(238-246), 2009.

- KIM, K. & BYRNE, L. “Biodiversity Loss and the Taxonomic Bottleneck: Emerging Biodiversity Science”. *Ecological Research*, 21(6): 794-810, 2006.
- KNOLL, F. R. N.; BEGO, L. R. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Abelhas da Jureia”. In: MARQUES, O. A. V. & DULEBA, W. (Eds.). *Estação Ecológica Jureia-Itatins. Ambiente Físico, Flora e Fauna*. Ribeirão Preto, Editora Holos, 2004, pp. 222-229.
- KRUG, C. *A Comunidade de Abelhas (Hymenoptera: Apiformes) da Mata com Araucária em Porto União-SC e Abelhas Visitantes Florais da Aboboreira (Cucurbita L.) em Santa Catarina, com Notas sobre Peponapis fervens (Eucerini, Apidae)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2007.
- LA SALLE, J.; WHEELER, Q.; JACKWAY, P.; WINTERTON, S.; HOBERN, D. & LOVELL, D. “Accelerating Taxonomic Discovery through Automated Character Extraction”. *Zootaxa*, 2217: 43-55, 2009.
- LAROCA, S. *Estudo Feno-ecológico em Apoidea do Litoral e Primeiro Planalto Paranaenses*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1974.
- LAROCA, S. & ALMEIDA, M. C. “O Relicto de Cerrado de Jaguariaíva (Paraná, Brasil): I. Padrões Biogeográficos, Melissocenoses e Flora Melissófila”. *Acta Biologica Paranaense*, 23(1,2,3,4): 89-122, 1994.
- LAROCA, S.; CURE, J. R. & BORTOLI, C. A Associação de Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) de uma Área Restrita no Interior da Cidade de Curitiba (Brasil): uma Abordagem Biocenótica”. *Dusenya*, 13(3): 93-117, 1982.
- LIMA, M. F. C. *Comunidade de Abelhas, Nidificação de Abelhas Solitárias em Cavidades Preexistentes (Hymenoptera: Apoidea) e Interação Abelha-Planta na Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape, Paraíba, Brasil*. Tese (Doutorado) – Zoologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2004.
- LOCATELLI, E. & MACHADO, I. C. “Bee Diversity and Their Floral Resources in a Fragment of a Tropical Altitudinal Wet Forest (“Brejos de Altitude”) in Northeastern Brazil”. *Acta Horticulturae*, 561: 317-325, 2001.
- LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C. & MEDEIROS, P. “Riqueza de Abelhas e a Flora Apícola em um Fragmento de Mata Serrana (Brejo de Altitude) em Pernambuco, Nordeste do Brasil”. In: PORTO, K. C.; CABRAL, J. J. P. & TABARELLI, M. (Eds.). *Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2004, pp. 153-177.
- MACLEOD, N. *Automated Taxon Identification in Systematics: Theory, Approaches and Applications*. Boca Raton, Taylor & Francis, 2007.
- MARQUES, A. & LAMAS, C. “Taxonomia Zoológica no Brasil: Estado da Arte, Expectativas e Sugestões de Ações Futuras”. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 46(13): 139-174, 2006.
- MARTINS, C. F. *Estrutura da Comunidade de Abelhas (Hym., Apoidea) na Caatinga (Casa Nova, BA) e na Chapada Diamantina (Lençóis, BA)*. Tese (Doutorado) – Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1990.
- _____. “Comunidade de Abelhas (Hym. Apoidea) da Caatinga e do Cerrado com Elementos de Campo Rupestre do Estado da Bahia, Brasil”. *Revista Nordestina de Biologia*, 9(2): 225-257, 1994.
- _____. “Flora Apícola e Nichos Tróficos de Abelhas (Hym., Apoidea) na Chapada

- Diamantina (Lençóis-BA, Brasil)". *Revista Nordestina de Biologia*, 10(2): 119-140, 1995.
- MATEUS, S. *Abundância Relativa, Fenologia e Visita às Flores pelos Apoidea do Cerrado da Estação Ecológica de Jataí-Luiz Antônio - SP*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1998.
- MAYO, S.; ALLKIN, R.; BAKER, W. BLAGODEROV, V.; BRAKE, I.; CLARK, B.; GOVAERTS, R.; GODFRAY, C.; HAIGH, A.; HAND, R.; HARMAN, K.; JACKSON, M.; KILIAN, N.; KIRKUP, D. W.; KITCHING, I.; KNAPP, S.; LEWIS, G. P.; MALCOLM, P.; VON RAAB-STRAUBE, E.; ROBERTS, D. M.; SCOBLE, M.; SIMPSON, D. A.; SMITH, C.; SMITH, V.; VILLALBA, S.; WALLEY, L. & WILKIN, P. "Alpha e-Taxonomy: Responses from the Systematics Community to the Biodiversity Crisis". *Kew Bulletin*, 63(1): 1-16, 2008.
- MICHELETTE, E. R. F. "Distribuição Local das Abelhas. In: CARVALHO, C. M. & VILAR, C. M. (Eds.). *Parque Nacional Serra de Itabaiana – Levantamento da Biota*. Aracaju, Ibama, Biologia Geral e Experimental - UFS, 2005, pp. 113-119.
- MICHENER, C. D. *The Bees of the World*. Baltimore, The John Hopkins University Press, 2007.
- MINUSSI, L. C. *Potencial de Abelhas Nativas Polinizadoras para a Agricultura Intensiva no Município de Santa Rosa do Sul/SC*. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2003.
- MITCHELL, A. "DNA Barcoding Demystified". *Australian Journal of Entomology*, 47(3): 169-173, 2008.
- MITCHELL, A. & SAMWAYS, M. J. "DNA Evidence that the Morphological 'Forms' of *Palpopleura lucia* (Drury) Are Separate Species (Odonata: Libellulidae)". *Odonatologica*, 34: 173-178, 2005.
- MORETI, A. C. C. C.; ANACLETO, D. A.; D'AVILA, M.; VIEIRA, G. H. C. & MARCHINI, L. C. "Abelhas Visitantes em Vegetação de Diferentes Áreas Remanescentes de Cerrado". *Magistra*, 18(4): 229-248, 2006.
- MOUGA, D. M. D. S. *As Comunidades de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Mata Atlântica na Região Nordeste do Estado de Santa Catarina, Brasil*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- MOURA, D. C. *Riqueza e Abundância de Abelhas em Diferentes Estágios de Degradação da Caatinga como Indicadores Ambientais no Entorno da Usina Hidrelétrica de Xingó*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- PACKER, L.; GIBBS, J.; SHEFFIELD, C. & HANNER, R. "DNA Barcoding and the Mediocrity of Morphology". *Molecular Ecology Resources*, 9: 42-50, 2009a.
- PACKER, L.; GIBBS, J.; SHEFFIELD, C. & KEVAN, P. G. "Barcoding the Bees of the World". In: VIII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2008, pp. 276-282.
- PACKER, L.; GRIXTI, J.; ROUGHLEY, R. & HANNER, R. "The Status of Taxonomy in Canada and the Impact of DNA Barcoding". *Canadian Journal of Zoology*, 87(12): 1097-1110, 2009b.
- PADIAL, J. & DE LA RIVA, I. "Taxonomic Inflation and the Stability of Species Lists: the Perils of Ostrich's Behavior". *Systematic Biology*, 55(5): 859-867, 2006.
- PAGE, L.; BART JR, H. L.; BEAMAN, R.; BOHS, L.; DECK, L. T.; FUNK, V. A.; LIPSCOMB, D.; MARES, M. A.; PRATHER, L. A. & STEVENSON, J. "LINNE: Legacy Infrastruc-

- ture Network for Natural Environments”. Champaign, Illinois Natural History Survey, 2005.
- PARIZOTTO, D. R. *Biocenótica das Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea, Anthophila) do Parque Estadual do Caxambu, Município de Castro, Paraná, Sul do Brasil*. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- PEARSON, D.; HAMILTON, A. & ERWIN, T. “Recovery Plan for the Endangered Taxonomy Profession. *Bioscience*, 61(1): 58-63, 2011.
- PEDRO, S. R. M. *Sobre as Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em um Ecosistema de Cerrado (Cajuru, NE do Estado de São Paulo): Composição, Fenologia e Visita às Flores*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1992.
- PIGOZZO, C. M. *Organização das Comunidades Locais de Apoidea em uma Área de Catinga, Canudos - BA*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
- PIMM, S. & RAVEN, P. “Biodiversity: Extinction by Numbers”. *Nature*, 403(6772): 843-845, 2000.
- PINHEIRO-MACHADO, C. *Diversidade e Conservação de Apoidea*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002a.
- PINHEIRO-MACHADO, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT, A. M. P. & SILVEIRA, F. A. “Brazilian Bee Surveys: State of Knowledge, Conservation and Sustainable Use”. In: KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollinating Bees – the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministério do Desenvolvimento, 2002, pp. 115-129.
- PINHEIRO-MACHADO, C. “Brazilian Bee Biodiversity: what Has Been Done and what Is To Be Done”. In: V Encontro de Abelhas de Ribeirão Preto. *Anais*. 2002, pp. 95-107.
- PIRANI, J. R. “Sistemática: Tendências e Desenvolvimento, Incluindo Impedimentos para o Avanço do Conhecimento na Área”. 2005, pp.1-15. Disponível em: <<http://www.cria.org.br/cgee/documentos/PiraniTextoSistemática.doc>>. Acesso em: 1 fev. 2011.
- RAFAEL, J.; AGUIAR, A. & AMORIM, D. “Knowledge of Insect Diversity in Brazil: Challenges and Advances”. *Neotropical Entomology*, 38: 565-570, 2009.
- RAMALHO, M. *Diversidade de Abelhas (Apoidea, Hymenoptera) em um Remanescente de Floresta Atlântica, em São Paulo*. Tese (Doutorado) – Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995.
- _____. “Stingless Bees and Mass Flowering Trees in the Canopy of Atlantic Forest: a Tight Relationship”. *Acta Botanica Brasílica*, 18: 37-47, 2004.
- REAKA-KUDLA, M.; WILSON, D. & WILSON, E. *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Washington, Joseph Henry Press, 1997.
- RÊGO, M. M. C. *Abelhas Silvestres (Hym. Apoidea) em um Ecosistema de Cerrado s.l. (Chapadinha-MA, Brasil): uma Abordagem Biocenótica*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 1998.
- ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, Å.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.;

- COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; COREL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P. & FOLEY, J. A. "A Safe Operating Space for Humanity". *Nature*, 461(7263): 472-475, 2009.
- RODARTE, A. T. A.; SILVA, F. O. & VIANA, B. F. "A Flora Melitófila de uma Área de Dunas com Vegetação de Caatinga, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil". *Acta Botânica Brasileira*, 22(2): 301-312, 2008.
- RODMAN, J. & CODY, J. "The Taxonomic Impediment Overcome: NSF's Partnerships for Enhancing Expertise in Taxonomy (PEET) as a Model". *Systematic Biology*, 52(3): 428-435, 2003.
- SAKAGAMI, S.; LAROCA, S. & MOURE, J. "Wild Bee Biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil: Preliminary Report". *Journal of the Faculty of Sciences Hokkaido University, Series VI, Zoology*, 16(2): 253-291, 1967.
- SANTOS, F.; CARVALHO, C. & SILVA, R. "Diversidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma Área de Transição Cerrado-Amazônia". *Acta Amazonica*, 34(2): 319-328, 2004.
- SANTOS, F. M. *Fenologia e Estrutura de Comunidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) Visitante de Flores do Município de Esperantina, Estado do Tocantins*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo Baiano, Cruz das Almas. 2003a.
- SANTOS, M. S. S. *Relação Abelha-flor em Comunidade de Restinga Tropical: Sistemas Polinizadores de Flores Melitófilas Especializadas*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2003b.
- SCHLICK-STEINER, B.; STEINER, F.; SEIFERT, B.; STAUFFER, C.; CHRISTIAN, E. & CROZIER, R. "Integrative Taxonomy: a Multisource Approach to Exploring Biodiversity". *Annual Review of Entomology*, 55: 421-438, 2010.
- SCHLINDWEIN, C. *Wildbienen und ihre Trachtpflanzen in einer südbrasilianischen Buschlandschaft: Fallstudie Guaritas, Bestäubung bei Kakteen und Loasaceen*. Tese (Doutorado) – Universität Tübingen, Tübingen. 1995.
- SCHWARTZ-FILHO, D. *A Comunidade de Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Ilha das Cobras (Paraná, Brasil): Aspectos Ecológicos e Biogeográficos*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1993.
- SCHWARTZ-FILHO, D. & LAROCA, S. "A Comunidade de Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Ilha das Cobras (Paraná, Brasil): Aspectos Ecológicos e Biogeográficos". *Acta Biologica Paranaense*, 28(1,2,3,4): 19-108, 1999.
- SHEFFIELD, C. S.; HEBERT, P. D. N.; KEVAN, P. G. & PACKER, L. "DNA Barcoding a Regional Bee (Hymenoptera: Apoidea) Fauna and Its Potential for Ecological Studies". *Molecular Ecology Resources*, 9: 196-207, 2009.
- SILVA, M. *Abelhas e Plantas Melíferas da Zona Rural dos Municípios de Cocal do Sul, Criciúma e Nova Veneza, Situados na Região Carbonífera no Sul do Estado de Santa Catarina*. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2005.
- SILVA, M. C. M. *Estrutura da Comunidade de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma Área de Restinga (Praia de Intermares, Cabedelo – Paraíba, Nordeste do Brasil)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 1998.

- _____. *Fauna de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea Apiformes) em Habitats de Restinga na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape, PB, Brasil: Abundância, Diversidade, Sazonalidade e Interações com as Plantas*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2004.
- SILVA, M. C. M. & MARTINS, C. F. “Flora Apícola e Relações Tróficas de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma Área de Restinga (Praia de Intermares, Cabedelo - PB, Brasil)”. *Principia - Cefet*, 7: 40-51, 1999.
- SILVEIRA, F. A. *Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) e Suas Fontes de Alimento no Cerrado da Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba - Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1989.
- SILVEIRA, F. A. & CURE, J. “High-altitude Bee Fauna of Southeastern Brazil: Implications for Biogeographic Patterns (Hymenoptera: Apoidea)”. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 28(1): 47-55, 1993.
- SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R. & ALMEIDA, E. A. B. *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação*. Belo Horizonte, Edição do autor, 2002a.
- SILVEIRA, F. A.; PINHEIRO-MACHADO, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; KLEINERT, A. M. P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Taxonomic Constraints for the Conservation and Sustainable Use of Wild Pollinators – the Brazilian Wild Bees”. In: KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollinating Bees – the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2002b, pp. 41-50.
- SILVEIRA, F. A.; ROCHA, L. B.; CURE, J. R. & OLIVEIRA, M. J. F. “Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Zona da Mata de Minas Gerais. II. Diversidade, Abundância e Fontes de Alimento em uma Pastagem Abandonada em Ponte Nova”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 37(3): 595-610, 1993.
- SILVEIRA, M. S. *Fauna de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea Apiformes) e Recursos Florais Utilizados em Áreas Urbanas e no Entorno da Cidade de João Pessoa, PB*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2006.
- SILVEIRA, M. S. & MENDONÇA, M. C. “Diversidade de Abelhas”. In: CARVALHO, C. M. & VILAR, J. C. (Eds.). *Parque Nacional Serra de Itabaiana – Levantamento da Biota*. Aracaju, Ibama, Biologia Geral e Experimental - UFS, 2005, pp. 105-112.
- SOFIA, S. H. *As Abelhas e Suas Visitas às Flores em Duas Áreas Urbanas*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1996.
- SOUZA, E. M. L. *Fenologia e Relações Abelhas/Plantas em uma Comunidade de Mata Serrana (Brejo de Altitude) no Nordeste do Brasil*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003.
- STEINER, J.; HARTER-MARQUES, B.; ZILLIKENS, A. & FEJA, E. P. “Bees of Santa Catarina Island, Brazil – a First Survey and Checklist (Insecta:Apoidea)”. *Zootaxa*, 1220: 1-18, 2006.
- STORK, N. “Measuring Global Biodiversity and Its Decline”. In: REAKA-KUDLA, M. L.; WILSON, D. E. & WILSON, E. O. (Eds.). *Biodiversity II*. Washington, Joseph Henry Press, 1997, pp. 41-68.
- STUART, S.; WILSON, E.; MCNEELY, J.; MITTERMEIER, R. & RODRIGUEZ, J. “The Barometer of Life”. *Science*, 328(5975): 177, 2010.
- TAURA, H. M. *A Comunidade de Abelhas silvestris (Hymenoptera, Apoidea) do Passeio Público, Curitiba, Paraná, Sul do Brasil: uma Abordagem Comparativa*. Dissertação

- (Mestrado) – Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1990.
- _____. *Estudo Biocênótico de Apoidea (Hymenoptera) do Passeio Público, Curitiba, Paraná, Brasil, com Notas sobre a Interação entre as Abelhas e as Flores de Vassobia breviflora (Sendt.) Hunz. (Solanaceae)*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1998.
- TAURA, H. M. & LAROCA, S. “A Associação de Abelhas Silvestres de um Biótipo Urbano de Curitiba (Brasil), com Comparações Espaço-temporais: Abundância Relativa, Fenologia, Diversidade e Exploração de Recursos (Hymenoptera, Apoidea)”. *Acta Biologica Paranaense*, 30(1,2,3,4): 35-137, 2001.
- TAURA, H. M.; LAROCA, S.; BARBOSA, J. F. & RODRIGUES, J. “Melissocenótica (Hymenoptera, Anthophila) no Parque Florestal dos Pioneiros, Maringá, PR. (Sul do Brasil) – Parte I: Abundância Relativa e Diversidade”. *Acta Biologica Paranaense*, 36(1-2): 47-65, 2007a.
- _____. “Melissocenótica (Hymenoptera, Anthophila) no Parque Florestal dos Pioneiros, Maringá, PR. (Sul do Brasil) - Parte II: Utilização de Recursos Florais”. *Acta Biologica Paranaense*, 36(3-4): 175-192, 2007b.
- THOMAS, J.; TELFER, M.; ROY, D.; PRESTON, C.; GREENWOOD, J.; ASHER, J.; FOX, R.; CLARKE, R. & LAWTON, J. “Comparative Losses of British Butterflies, Birds, and Plants and the Global Extinction Crisis”. *Science*, 303(5665): 1879-1881, 2004.
- TRUYLIO, B. & HARTER-MARQUES, B. “The Bee Community (Hymenoptera, Apoidea) of Forest Areas of Parque Estadual Itapua (Viamão, Southern Brazil): Diversity, Relative Abundance and Seasonal Activity”. *Iheringia, Série Zoologia*, 97(4): 392-399, 2007.
- VIANA, B. F. *Biodiversidade da Apifauna e Flora Apícola das Dunas Litorâneas da APA das Lagoas e Dunas de Abaeté, Salvador, Bahia – Composição, Fenologia e Suas Interações*. Tese (Doutorado) – Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999a.
- _____. “A Comunidade de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) das Dunas Interiores do Rio São Francisco, Bahia, Brasil”. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 28(4): 635-645, 1999b.
- VIANA, B. F. & KLEINERT, A. M. P. “A Community of Flower-visiting Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Coastal Sand Dunes of Northeastern Brazil”. *Biota Neotropica*, 5(2): 1-13, 2005.
- _____. “Structure of Bee-flower System in the Coastal Sand Dune of Abaeté, Northeastern Brazil”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 50(1): 53-63, 2006.
- VIANA, B. F.; SILVA, F. O. & KLEINERT, A. M. P. “A Flora Apícola de uma Área Restrita de Dunas Litorâneas, Abaeté, Salvador, Bahia”. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(1): 13-25, 2006.
- VIEIRA, G. H. C. *Análise Faunística de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) e Tipificação dos Méis Produzidos por Apis mellifera L., em Área de Cerrado no Município de Cassilândia/MS*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.
- VOGLER, A. & MONAGHAN, M. “Recent Advances in DNA Taxonomy”. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45(1): 1-10, 2007.
- WAUGH, J. “DNA Barcoding in Animal Species: Progress, Potential and Pitfalls”. *BioEssays*, 29(2): 188-197, 2007.

- WHEELER, Q. "Taxonomic Triage and the Poverty of Phylogeny". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359(1444): 571-583, 2004.
- _____. "Invertebrate Systematics or Spineless Taxonomy?". *Zootaxa*, 1668: 11-18, 2007.
- _____. "Taxonomic Shock and Awe. In: _____. (Ed.). *The New Taxonomy*. Boca Raton, CRC Press, 2008a.
- WHEELER, Q. D. *The New Taxonomy*. Boca Raton, CRC Press, 2008b. (The Systematics Association Special Volumes Series).
- WHEELER, Q.; RAVEN, P. & WILSON, E. "Taxonomy: Impediment or Expedient?". *Science*, 303(5656): 285, 2004.
- WILMS, W. *Die Bienenfauna im Küstenregenwald Brasiliens und ihre Beziehungen zu Blütenpflanzen: Fallstudie Boracéia, São Paulo Fakultät für Biologie der Eberhard-Karls*. Tese (Doutorado) – Universität Tübingen, Tübingen. 1995.
- WILMS, W.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & ENGELS, W. "Resource Partitioning between Highly Eusocial Bees and Possible Impact of the Introduced Africanized Honey Bee on Native Stingless Bees in the Brazilian Atlantic Rainforest". *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31(3-4): 137-151, 1996.
- WILSON, E. "The Biodiversity Crisis: a Challenge to Science". *Issues in Science and Technology*, 2: 20-29, 1985.
- _____. "The Encyclopedia of Life". *Trends in Ecology & Evolution*, 18(2): 77-80, 2003.
- _____. "Taxonomy as a Fundamental Discipline". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359(1444): 739, 2004.
- ZAHER, H. & YOUNG, P. S. "As Coleções Zoológicas Brasileiras: Panorama e Desafios". *Ciência e Cultura*, 55(3): 24-26, 2003.
- ZANELLA, F. C. V. *Estrutura da Comunidade de Abelhas Silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Ilha do Mel, Planície Litorânea Paranaense, Sul do Brasil, com Notas Comparativas*. Dissertação (Mestrado) – Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1991.
- _____. *Apifauna da Caatinga (NE do Brasil): Biogeografia Histórica, Incluindo um Estudo sobre a Sistemática, Filogenia e Distribuição das Espécies de Caenomada Ashmead, 1899 e Centris (Paracentris) Cameron, 1903 (Hymenoptera, Apoidea, Apidae)*. Tese (Doutorado) – Entomologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 1999.
- _____. "The Bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformis): a Species List and Comparative Notes Regarding Their Distribution". *Apidologie*, 31: 579-592, 2000.
- _____. "Abelhas da Estação Ecológica do Seridó (Serra Negra do Norte, RN): Aportes ao Conhecimento da Diversidade, Abundância e Distribuição Espacial das Espécies na Caatinga". In: MELO, G. R. & ALVES-DOS-SANTOS, I. (Eds.). *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure*. Criciúma, Editora Unesc, 2003, pp. 231-240.
- ZANELLA, F. C. V. & MARTINS, C. F. "Abelhas (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes) da Área do Curimataú, Paraíba". In: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N. & BARBOSA, M. R. V. (Eds.). *Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: Suporte a Estratégias Regionais de Conservação*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2005, pp. 380-391.



15. Construção de Cenários Futuros para o Uso e Conservação de Polinizadores

Tereza Cristina Giannini, André Luis Acosta, Antonio Mauro Saraiva, Isabel Alves-dos-Santos, Paulo de Marco Junior

INTRODUÇÃO

Modelagem e construção de cenários

Devido às crescentes ameaças às espécies, tais como perda e fragmentação de hábitat, poluição, técnicas agrícolas agressivas e mudanças globais, torna-se cada vez mais urgente o desenvolvimento e aplicação de técnicas inovadoras que visem prever o impacto dessas ameaças sobre as espécies.

Assim, algumas técnicas de modelagem computacional têm sido aplicadas para a construção de cenários, possibilitando analisar as respostas das espécies aos impactos ocasionados em seus hábitats. Uma dessas técnicas é a modelagem baseada em distribuição geográfica e nas características do nicho ecológico das espécies. Fundamentalmente, essa técnica combina dados de ocorrência da espécie com diversos conjuntos de dados ambientais. O objetivo básico é construir uma representação dos requisitos ecológicos da espécie e projetar tal representação no espaço geográfico, indicando quais ambientes seriam adequados para a ocorrência da espécie enfocada (Phillips, 2008). Assim, diante de estimativas de mudanças ambientais, é possível analisar a variação de distribuição projetada por essas simulações e avaliar o quanto essas mudanças poderão afetar a espécie em estudo.

Bases conceituais

De acordo com Soberón (2010), os principais fatores que determinam a distribuição das espécies são: 1) os abióticos, que basicamente definem as características ambientais tais como clima, solo e altitude; 2) os bióticos, que correspondem às interações entre as espécies que ocupam o mesmo ambiente, tais como mutualismo, competição e predação; 3) os movimentos espaciais dos indivíduos e populações, que determinam sua dinâmica de ocupação e dispersão. Os dois primeiros fatores foram detalhados nos trabalhos pioneiros de Hutchinson (1957) sobre nicho ecológico, e o último, principalmente na revisão de Pulliam (2000). Hortal *et al.* (2010)

sugeriram um fator adicional associado aos aspectos biogeográficos que também atuam na determinação do tamanho e formato das áreas ocupadas pela espécie.

Os quatro fatores citados moldariam a distribuição em diferentes escalas (Hortal *et al.*, 2010; Soberón, 2010). Em escalas globais e continentais, os fatores abióticos e biogeográficos seriam os mais importantes. Por sua vez, em escalas menores, os fatores bióticos e de dinâmica de ocupação seriam os mais fundamentais. Em escalas posicionadas entre esses dois extremos, os quatro fatores atuariam conjuntamente, plasmando a distribuição de forma dinâmica ao longo de um gradiente ambiental de áreas mais ou menos adequadas à espécie.

Até recentemente, a modelagem usava exclusivamente dados abióticos para construir os cenários de distribuição. Porém, com o desenvolvimento de novas técnicas, tornou-se possível a inclusão de outros conjuntos de dados, tais como as interações entre espécies e a dispersão (Thuiller *et al.*, 2009). Assim, o avanço da técnica, apoiado num embasamento e aprofundamento conceitual, tem possibilitado diversos estudos que relacionam os requisitos ecológicos das espécies com suas áreas de ocupação.

Breve histórico

O desenvolvimento da modelagem teve início na década de 1970 (Guisan e Thuiller, 2005). Dois trabalhos pioneiros são os de modelagem preditiva de distribuição de espécies baseados em computação e executados por Austin (1971) e por Nix *et al.* (1977). Nas décadas de 1980 e 1990, os livros de Verner *et al.* (1986) e Margules e Austin (1991) são citados também como importantes contribuições para promover essa nova abordagem, bem como as revisões de Franklin (1995) e Austin (1998). Nas últimas décadas, o desenvolvimento da modelagem foi intensificado e revisões importantes sobre esse tema podem ser encontradas em Elith e Leathwick (2009), Franklin (2009), Soberón e Nakamura (2009) e Soberón (2010). Além disso, demonstrando o interesse crescente por esse assunto, a modelagem de distribuição tornou-se foco de números especiais em revistas internacionais importantes, tais como *Ecological Modelling*¹, *Biodiversity and Conservation*², *Journal of Applied Ecology*³ e *Diversity and Distribution*⁴ (Franklin, 2009).

A aplicação dessa técnica cresceu nos últimos anos associada ao desenvolvimento de outras ferramentas de análise de dados, tais como as técnicas de análise geoespacial, que permitiram melhor detalhamento dos modelos geográficos (Turner *et al.*, 2003). Várias camadas de dados georreferenciados estão atualmente acessíveis

1. 157(2-3), 2002 e 199(2), 2006

2. 11(12), 2002

3. 43(3), 2006

4. 13(3), 2007

em portais da internet, possibilitando a construção de cenários. Além disso, iniciativas internacionais surgiram nas últimas décadas dedicadas a padronização, compartilhamento e disponibilização de dados de coleções, museus e herbários (Graham *et al.*, 2004; Canhos *et al.*, 2004). Especialmente no Brasil, destaca-se a contribuição do projeto *speciesLink* do Centro de Referência em Informação Ambiental (Cria), que visa oferecer infraestrutura para digitalização, padronização e disponibilização dos dados de coleções e museus. Outras iniciativas brasileiras importantes são a do programa Biota/Fapesp e do SisBiota Brasil, ambas com o objetivo de inventariar e caracterizar a biodiversidade brasileira.

APLICAÇÕES GERAIS DA MODELAGEM

Com o desenvolvimento conjunto das bases de dados e das técnicas associadas, a modelagem de distribuição tem sido amplamente utilizada com múltiplos objetivos (Peterson, 2006; Franklin, 2009), tais como:

- Atividades de conservação. A modelagem pode ser aplicada com o objetivo de analisar a distribuição de espécies e comunidades, as áreas de maior riqueza, ou outros atributos da espécie ou da paisagem, o que é fundamental para o planejamento de áreas de conservação (por exemplo, Bojórquez-Tapia *et al.*, 1995; Kremen *et al.*, 2008; Thorn *et al.*, 2009).
- Restauração de áreas. A modelagem tem sido usada para determinar locais adequados para a reintrodução de espécies através da associação de fatores ambientais com registros prévios sobre suas áreas de ocupação ou preferências de hábitat (Hirzel *et al.*, 2004; Martínez-Meyer *et al.*, 2006).
- Aumentar a chance de encontrar espécies raras ou populações desconhecidas. Uma das aplicações mais básicas da modelagem de distribuição é determinar locais potenciais de ocorrência da espécie. Isso é particularmente útil para espécies raras ou ameaçadas, sobre as quais geralmente se tem pouca informação, podendo auxiliar, assim, na escolha de áreas de amostragem (Raxworthy *et al.*, 2003; Bourg *et al.*, 2005; Lay *et al.*, 2010).
- Predizer efeitos da perda de hábitat. Incluir informações adicionais no processo de modelagem pode auxiliar na análise da distribuição das espécies ante o impacto da alteração da paisagem, como desmatamento ou uso do solo para pasto ou agricultura, ou outras alterações (Melbourne *et al.*, 2004; Scheller *et al.*, 2008).
- Predizer o risco de invasão potencial de espécies exóticas. O impacto das espécies invasoras em diversos ambientes tem sido extensamente pesquisado e divulgado. O uso da modelagem para essas análises parte do pressuposto de que as espécies irão apresentar, nas áreas invadidas, exigências ecológicas semelhantes às suas áreas de origem, o que torna possível prever as áreas mais suscetíveis à

invasão, bem como os limites potenciais de sua expansão (Peterson e Vieglais, 2001; Richardson e Thuiller, 2007; Vicente *et al.*, 2010).

- Predizer efeitos de mudanças climáticas. É possível projetar os modelos de distribuição, que foram obtidos com base nas condições ambientais atuais, em cenários futuros de mudanças climáticas. Essas projeções podem oferecer hipóteses sobre o efeito dessas mudanças na distribuição das espécies (Thomas *et al.*, 2004; Iverson *et al.*, 2008; Loiselle *et al.*, 2010; Buermann *et al.* 2011).

APLICAÇÕES EM POLINIZADORES

Estudos de caso

As interações entre espécies consistem em sistemas dinâmicos que apresentam variações temporais e espaciais ao longo da paisagem (Thompson, 2005). Esse equilíbrio complexo e mutável é apoiado em algumas características dos organismos que compõem as comunidades. Entre os polinizadores e suas plantas, duas dessas características têm sido enfatizadas na literatura.

Uma delas é a correspondência espacial, ou seja, as espécies que interagem precisam ocorrer nas mesmas áreas geográficas. Porém, as mudanças globais apresentam impacto direto sobre a abundância local e distribuição em larga escala das espécies, alterando a configuração de suas áreas de ocupação. Por exemplo, em um estudo de caso, Schweiger *et al.* (2008) demonstraram que a correspondência entre as áreas de ocorrência pode ser severamente afetada diante das mudanças globais. Construindo cenários baseados em mudança climática para uma espécie de borboleta e a planta hospedeira utilizada por suas larvas, os autores demonstraram o rompimento da correspondência entre as áreas ocupadas por ambos os organismos. Ou seja, de acordo com o modelo obtido, a mudança espacial de ambas as espécies resultaria em sua separação geográfica, de tal forma que a interação seria impossibilitada. Também através de modelagem de distribuição, Stralberg *et al.* (2009) chegaram a conclusões similares analisando o efeito de mudanças globais sobre interações em comunidades de aves.

Outra característica que determina a interação entre as espécies é a equivalência em termos fenológicos. Memmott *et al.* (2007) usaram uma rede empírica de polinizadores e plantas e modelaram o efeito do aumento da concentração de CO₂ na atmosfera sobre as espécies. Os resultados sugerem que, dependendo do modelo, o efeito do CO₂ poderia reduzir a disponibilidade de recursos aos polinizadores em até 50%. O rompimento da interação se daria principalmente devido às mudanças temporais no período de atividade de coleta dos polinizadores, e também, às mudanças no período de florescimento e disponibilidade de recursos por parte das plantas. Outras evidências na mudança de padrões fenológicos em plantas

podem ser encontradas em Hulme (2011), bem como o impacto dessas mudanças em abelhas do gênero *Bombus* (Memmott *et al.*, 2010).

Em uma revisão recente, Hegland *et al.* (2009a) sintetizaram os dois aspectos citados quando discutiram o impacto da mudança climática sobre polinizadores e plantas (Fig. 15.1). Os autores concluíram que a distribuição geográfica, abundância local e sincronia entre o florescimento das plantas e a atividade dos polinizadores podem ser afetadas pelas mudanças globais. Outras importantes contribuições analisando o impacto das mudanças na interação de espécies são as de Araújo e Luoto (2007), Tylianakis *et al.* (2008), Meier *et al.* (2011) e Van der Putten *et al.* (2010).

Importantes contribuições da modelagem, e que podem ser estendidas para estudo com polinizadores, são as recentes aplicações da técnica na análise da diversidade genética em diferentes populações da mesma espécie. Preservar a variabilidade genética é importante para a sobrevivência das populações, porque a diminuição ou perda dessa variabilidade pode reduzir sua habilidade de se adaptar geneticamente às mudanças ambientais. Assim, análises genéticas de populações podem ser usadas para identificar unidades com maior variabilidade e destacar populações em áreas específicas que são prioritárias à conservação. Um exemplo desse tipo de aplicação pode ser encontrado em Taubmann *et al.* (2011), que analisaram populações de um inseto ameaçado de extinção (*Ameletus inopinatus*). Os autores caracterizaram geneticamente os indivíduos encontrados em 31 populações através de análises de microsatélite e, em seguida, modelaram o impacto da mudança climática sobre essas populações, sugerindo áreas prioritárias para conservação da diversidade genética da espécie.

Outro exemplo é o de Diniz-Filho *et al.* (2009b), com análises sobre o pequi (*Caryocar brasiliense*), uma árvore endêmica do cerrado brasileiro. Os autores aplicaram a modelagem de distribuição e análises da demografia da espécie e do impacto de interferências humanas para avaliar a variabilidade genética dentro das populações estudadas, em um trabalho pioneiro utilizando esse tipo de aplicação.

Seguindo essa linha de investigação, Zimmermann *et al.* (2010) sugeriram que a tendência dos próximos estudos de modelagem consiste em envolver análises de evolução do nicho ecológico das espécies, sua filogeografia e filogenia. Essa contribuição é fundamental para um melhor entendimento das áreas geográficas ocupadas historicamente pelas espécies, o que poderá aperfeiçoar as projeções em cenários futuros e auxiliar na definição de estratégias de conservação. Também considerando a questão da evolução do nicho, Kearney e Porter (2009) sugeriram que dados sobre a fisiologia das espécies poderiam ser incorporados na modelagem para tornar mais robusta a predição de alterações em sua distribuição devido a mudanças globais.

Além disso, um dos critérios a serem considerados para áreas de conservação consiste em não apenas definir o número de espécies contidas na área alvo, mas

também quantas irão persistir ali no futuro, considerando-se as mudanças globais e a capacidade de adaptação dos organismos. Para tanto, através da modelagem, foram utilizadas medidas de probabilidade de persistência para selecionar áreas considerando-se a conservação em longo prazo (Araújo e Williams, 2000).

Para se ter uma ideia da importância desse tipo de estudo, em um trabalho analisando projeções futuras de 38 espécies de pássaros no cerrado, Marini *et al.* (2009) concluíram que as atuais reservas são ineficientes para a proteção das espécies quando são considerados os resultados de projeções em cenários futuros. Assim, estimativas mais acuradas sobre as áreas a serem preservadas são fundamentais para garantir o sucesso dessas ações.

Principais desafios

A aplicação da modelagem em um número maior de casos ainda é limitada pela falta de dados básicos sobre as espécies, principalmente em relação aos dados de ocorrência. Além disso, esses dados algumas vezes apresentam vieses nas coletas, que privilegiam locais de fácil acesso ou próximos a importantes centros de pesquisa (Hortal *et al.*, 2008; Lobo, 2008). Análises em escala local, onde os fatores bióticos são mais importantes, são ainda mais dificultadas pela falta de dados precisos de ocorrência das espécies. Muitos dos dados disponibilizados atualmente são baseados em coordenadas geográficas dos municípios onde foram feitos os levantamentos, o que, em muitos casos, dificulta uma análise mais acurada.

Além disso, tem sido demonstrado que a inclusão de dados de ausência das espécies aumenta a qualidade dos modelos (Elith e Graham, 2009). No entanto, esses dados são muito raros e difíceis de obter. Porém, como a maioria dos algoritmos utilizados na modelagem necessita de pontos de ausência, têm sido sugeridos métodos específicos para gerar pseudoausências de forma não aleatória (Engler *et al.*, 2004; Mcpherson *et al.*, 2004). Em casos excepcionais, em que os locais foram muito bem amostrados ao longo do tempo, os pontos de não ocorrência das espécies enfocadas podem ser considerados pontos de ausência, mas essa condição ainda é a exceção.

Assim, a adoção de métodos padronizados de coleta de dados em campo, que privilegiem principalmente áreas com carência de informação e que utilizem métodos modernos de georreferenciamento, é fundamental para a geração de modelos mais precisos. Além disso, deve-se considerar os avanços da obtenção e do uso de imagens de satélite de alta resolução para coleta de dados de distribuição de espécies e para estimativas de seus movimentos no espaço geográfico (Turner *et al.*, 2003; Gillespie *et al.*, 2008). A técnica vem sendo aplicada com sucesso, como, por exemplo, em levantamento de espécies vegetais (Dahdouh-Guebas *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2004) e de mamíferos (Lahoz-Monfort *et al.*, 2010) e apresenta importante potencial de desenvolvimentos futuros.

A falta de informação básica impacta também na correta identificação das plantas alvo dos polinizadores. Nem sempre os dados de interação estão disponíveis e, além disso, nem sempre se sabe ao certo se o visitante está apenas em busca do recurso floral (pólen ou néctar, por exemplo) ou se está promovendo realmente uma polinização efetiva (Genini *et al.*, 2010). Isso dificulta a definição das redes de interações visando uma construção mais adequada de cenários futuros.

O mesmo problema de carência de dados prévios é encontrado quando são consideradas também a dinâmica de ocupação e as taxas de dispersão das espécies na modelagem, o que poderia representar um fator adicional para uma aplicação mais robusta da técnica (Struve *et al.*, 2010). Um exemplo desse tipo de abordagem através da modelagem pode ser encontrado em Chapman *et al.* (2009), no qual os autores pesquisaram a dinâmica de dispersão de um coleóptero entre fragmentos de distribuição de sua planta hospedeira.

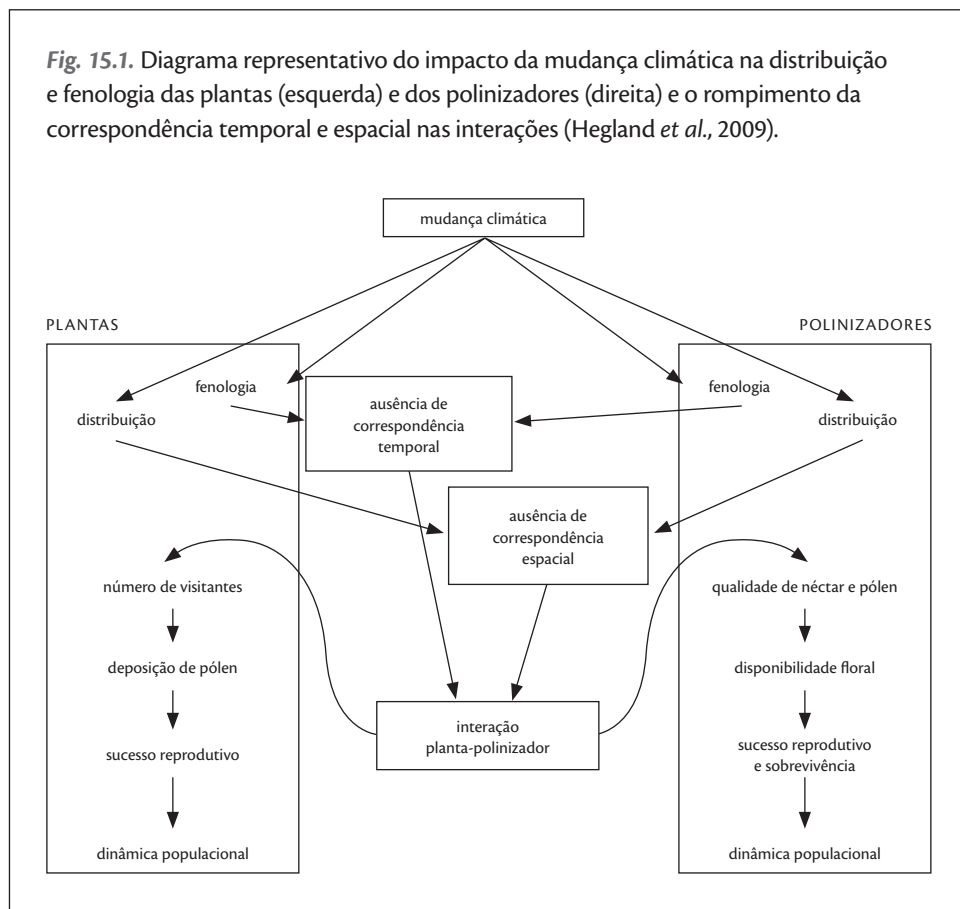
Certos desafios relativos à técnica da modelagem também precisam ser vencidos. Por exemplo, a definição *a priori* da importância das variáveis ambientais para a espécie e que devem, portanto, ser incluídas na modelagem ainda é também dificultada pela carência de informações básicas sobre a espécie. Além disso, muitas das variáveis disponíveis apresentam autocorrelação, o que pode acarretar a perda de qualidade dos resultados. Para evitar esse problema, os autores têm sugerido métodos específicos, como, por exemplo, o uso de filtros baseados em matrizes que descrevem a estrutura espacial da região (Diniz-Filho e Bini, 2005; De Marco *et al.*, 2008) e que exigem do especialista o conhecimento sobre essas técnicas.

A qualidade do modelo tem sido frequentemente estimada pelo AUC (*area under curve*), que é uma medida da área sob a curva de um gráfico conhecido como ROC (*receiver operating characteristic*) (Austin, 2007; Lobo *et al.*, 2008; Peterson *et al.*, 2008). Esse gráfico representa a porcentagem de erros e acertos na previsão da distribuição da espécie, considerando-se os dados de ocorrência e ausência (ou pseudoausência) durante o processo de construção do modelo. Apesar de outros métodos de estimativa da qualidade do modelo estarem também disponíveis, como o Cohen's Kappa e o TSS (*true skill statistics*) (Thuiller *et al.*, 2009), eles têm sido citados na literatura com menor frequência. Porém, há ainda uma série de dificuldades na avaliação dos modelos e uma das soluções que vem sendo aplicada atualmente é a definição de um consenso entre os vários modelos obtidos a partir de diferentes parâmetros. Assim, ao invés de se escolher um único modelo resultante de certo conjunto de fatores, é possível construir uma projeção combinada (*ensemble forecasting*) de todos eles (Thuiller *et al.*, 2009; Diniz-Filho *et al.*, 2009a, 2010a, 2010b)

Finalmente, a modelagem de distribuição precisa ser mais divulgada para estimular os especialistas a testarem suas potencialidades. Na medida em que mais pesquisadores se debruçarem sobre o tema, o aprofundamento das discussões irá auxiliar no desenvolvimento dessa técnica (Santana e Saraiva, 2010). Considerando especial-

mente sua multidisciplinaridade, as parcerias e troca de tecnologia e conhecimento entre os pesquisadores de diferentes áreas são também elementos fundamentais.

É necessário enfatizar que o processo da modelagem e a análise dos resultados precisa necessariamente incluir os especialistas das espécies enfocadas, que são as pessoas com melhor condição de contribuir para a construção de cenários bem fundamentados. Soberón (2010) afirma que sem esse conhecimento os modelos correm o risco de se tornarem um exercício matemático complexo, mas desprovido de fundamentação e cujos resultados contribuem muito pouco com o conhecimento científico.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao prof. dr. Jacobus Biesmeijer da Universidade de Leeds (Inglaterra) e ao dr. Daniel S. Chapman do Center for Ecology and Hydrology (Escócia) pela sugestão de algumas das referências citadas. Os autores também agradecem ao CNPq (proc. 385212/2009-7; 575069/2008-2), à Fapesp (proc. 04/15801-0) e à Capes (proc. 3030-10-5) pelos apoios concedidos a esta proposta.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. & LUOTO, M. "The Importance of Biotic Interactions for Modelling Species Distributions under Climate Change". *Global Ecology and Biogeography*, 16(6): 743-753, 2007.
- ARAÚJO, M. & WILLIAMS, P. "Selecting Areas for Species Persistence Using Occurrence Data". *Biological Conservation*, 96(3): 331-345, 2000.
- AUSTIN, M. "Role of Regression Analysis in Plant Ecology". *The Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 6: 63-75, 1971.
- _____. "An Ecological Perspective on Biodiversity Investigations: Examples from Australian Eucalypt Forests". *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85(1): 2-17, 1998.
- _____. "Species Distribution Models and Ecological Theory: a Critical Assessment and Some Possible New Approaches". *Ecological Modelling*, 200(1-2): 1-19, 2007.
- BOJÓRQUEZ-TAPIA, L.; AZUARA, I.; EZCURRA, E. & FLORES-VILLELA, O. "Identifying Conservation Priorities in Mexico through Geographic Information Systems and Modeling". *Ecological Applications*, 5(1): 215-231, 1995.
- BOURG, N.; MCSHEA, W. & GILL, D. "Putting a CART Before the Search: Successful Habitat Prediction for a Rare Forest Herb". *Ecology*, 86(10): 2793-2804, 2005.
- BUERMANN, W.; CHAVES, J. A.; DUDLEY, R.; MCGUIRE, J. A.; SMITH, T. B. & ALTSHULER, D. L. "Projected Changes in Elevational Distribution and Flight Performance of Montane Neotropical Hummingbirds in Response to Climate Change". *Global Change Biology*, 17(4): 1671-1680, 2011.
- CANHOS, V. P.; SOUZA, S.; GIOVANNI, R. & CANHOS, D. A. L. "Global Biodiversity Informatics: Setting the Scene for a 'New World' of Ecological Modeling". *Biodiversity Informatics*, 1: 1-13, 2004.
- CHAPMAN, D.; OXFORD, G. & DYTAM, C. "Process from Pattern in the Distribution of an Endangered Leaf Beetle". *Ecography*, 32(2): 259-268, 2009.
- DAHDOUH-GUEBAS, F.; VAN HIEL, E.; CHAN, J.; JAYATISSA, L. & KOEDAM, N. "Qualitative Distinction of Congeneric and Introgressive Mangrove Species in Mixed Patchy Forest Assemblages Using High Spatial Resolution Remotely Sensed Imagery (Ikonos)". *Systematics and Biodiversity*, 2(2): 113-119, 2004.
- DE MARCO, P.; DINIZ-FILHO, J. & BINI, L. "Spatial Analysis Improves Species Distribution Modelling during Range Expansion". *Biology Letters*, 4(5): 577-580, 2008.
- DINIZ-FILHO, J. & BINI, L. "Modelling Geographical Patterns in Species Richness Using Eigenvector-based Spatial Filters". *Global Ecology and Biogeography*, 14(2): 177-185, 2005.
- DINIZ-FILHO, J.; FERRO, V.; SANTOS, T.; NABOUT, J.; DOBROVOLSKI, R. & DE MARCO JR, P. "The Three Phases of the Ensemble Forecasting of Niche Models: Geographic Range and Shifts in Climatically Suitable Areas of *Utetheisa ornatrix* (Lepidoptera, Arctiidae)". *Revista Brasileira de Entomologia*, 54: 339-349, 2010a.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M.; RANGEL, T. F.; LOYOLA, R. D.; HOF, C.; NOGUÉS BRAVO, D. & ARAÚJO, M. B. "Partitioning and Mapping Uncertainties in Ensembles of Forecasts of Species Turnover under Climate Change". *Ecography*, 32(6): 897-906, 2009a.

- DINIZ-FILHO, J.; NABOUT, J.; BINI, L.; SOARES, T.; CAMPOS TELLES, M.; DE MARCO, P. & COLLEVATTI, R. “Niche Modelling and Landscape Genetics of *Caryocar brasiliense* (‘Pequi’ tree: Caryocaraceae) in Brazilian Cerrado: an Integrative Approach for Evaluating Central-peripheral Population Patterns”. *Tree Genetics & Genomes*, 5(4): 617-627, 2009b.
- DINIZ-FILHO, J.; NABOUT, J.; BINI, L.; LOYOLA, R.; RANGEL, T.; NOGUES-BRAVO, D. & ARAÚJO, M. “Ensemble Forecasting Shifts in Climatically Suitable Areas for *Tropidacris cristata* (Orthoptera: Acridoidea: Romaleidae)”. *Insect Conservation and Diversity*, 3: 213-221, 2010b.
- ELITH, J. & GRAHAM, C. “Do They? How Do They? Why Do They Differ? On Finding Reasons for Differing Performances of Species Distribution Models”. *Ecography*, 32(1) 66-77, 2009.
- ELITH, J. & LEATHWICK, J. “Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time”. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40: 677-697, 2009.
- ENGLER, R.; GUISAN, A. & RECHSTEINER, L. “An Improved Approach for Predicting the Distribution of Rare and Endangered Species from Occurrence and Pseudo Absence Data”. *Journal of Applied Ecology*, 41(2): 263-274, 2004.
- FRANKLIN, J. “Predictive Vegetation Mapping: Geographic Modelling of Biospatial Patterns in Relation to Environmental Gradients”. *Progress in Physical Geography*, 19(4): 474-499, 1995.
- _____. *Mapping Species Distribution. Spatial Inference and Prediction*. New York, Cambridge Press, 2009.
- GENINI, J.; MORELLATO, L. P. C.; GUIMARÃES JR, P. R. & OLESEN, J. M. “Cheaters in Mutualism Networks”. *Biology Letters*, 6(4): 494-497, 2010.
- GILLESPIE, T.; FOODY, G.; ROCCHINI, D.; GIORGI, A. & SAATCHI, S. “Measuring and Modelling Biodiversity from Space”. *Progress in Physical Geography*, 32(2): 203-221, 2008.
- GRAHAM, C.; FERRIER, S.; HUETTMAN, F.; MORITZ, C. & PETERSON, A. “New Developments in Museum-based Informatics and Applications in Biodiversity Analysis”. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(9): 497-503, 2004.
- GUISAN, A. & THUILLER, W. “Predicting Species Distribution: Offering More than Simple Habitat Models”. *Ecology Letters*, 8(9): 993-1009, 2005.
- HEGLAND, S.; NIELSEN, A.; LÁZARO, A.; BJERKNES, A. & TOTLAND, Ø. “How Does Climate Warming Affect Plant Pollinator Interactions?”. *Ecology Letters*, 12(2): 184-195, 2009.
- HIRZEL, A.; POSSE, B.; OGGIER, P.; CRETENAND, Y.; GLENZ, C. & ARLETTAZ, R. “Ecological Requirements of Reintroduced Species and the Implications for Release Policy: the Case of the Bearded Vulture”. *Journal of Applied Ecology*, 41(6): 1103-1116, 2004.
- HORTAL, J.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; GÓMEZ, J.; LOBO, J. & BASELGA, A. “Historical Bias in Biodiversity Inventories Affects the Observed Environmental Niche of the Species”. *Oikos*, 117(6): 847-858, 2008.
- HORTAL, J.; ROURA PASCUAL, N.; SANDERS, N. & RAHBEK, C. “Understanding (Insect) Species Distributions Across Spatial Scales”. *Ecography*, 33(1): 51-53, 2010.

- HULME, P. “Contrasting Impacts of Climate Driven Flowering Phenology on Changes in Alien and Native Plant Species Distributions”. *New Phytologist*, 189: 272-281, 2011.
- HUTCHINSON, G. “Concluding Remarks”. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*, 22: 415-427, 1957.
- IVERSON, L.; PRASAD, A.; MATTHEWS, S. & PETERS, M. “Estimating Potential Habitat for 134 Eastern US Tree Species under Six Climate Scenarios”. *Forest Ecology and Management*, 254(3): 390-406, 2008.
- KEARNEY, M. & PORTER, W. “Mechanistic Niche Modelling: Combining Physiological and Spatial Data to Predict Species’ Ranges”. *Ecology Letters*, 12(4): 334-350, 2009.
- KREMEN, C. *et al.* “Aligning Conservation Priorities across Taxa in Madagascar with High-resolution Planning Tools”. *Science*, 320(5873): 222-226, 2008.
- LAHOZ-MONFORT, J.; GUILLERA ARROITA, G.; MILNER GULLAND, E.; YOUNG, R. & NICHOLSON, E. “Satellite Imagery as a Single Source of Predictor Variables for Habitat Suitability Modelling: How Landsat Can Inform the Conservation of a Critically Endangered Lemur”. *Journal of Applied Ecology*, 47: 1094-1102, 2010.
- LAY, G.; ENGLER, R.; FRANC, E. & GUISAN, A. “Prospective sampling based on Model Ensembles Improves the Detection of Rare Species”. *Ecography*, 33: 1015-1027, 2010.
- LOBO, J. “Database Records as a Surrogate for Sampling Effort Provide Higher Species Richness Estimations”. *Biodiversity and Conservation*, 17(4): 873-881, 2008.
- LOBO, J.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A. & REAL, R. “AUC: a Misleading Measure of the Performance of Predictive Distribution Models”. *Global Ecology and Biogeography*, 17(2): 145-151, 2008.
- LOISELLE, B.; GRAHAM, C.; GOERCK, J. & RIBEIRO, M. “Assessing the Impact of Deforestation and Climate Change on the Range Size and Environmental Niche of Bird Species in the Atlantic Forests, Brazil”. *Journal of Biogeography*, 37(7): 1288-1301, 2010.
- MARGULES, C. & AUSTIN, M. *Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and Data Analysis*. Canberra, CSIRO, 1991.
- MARINI, M. A.; BARBET-MASSIN, M.; LOPES, L. E. & JIGUET, F. “Major Current and Future Gaps of Brazilian Reserves to Protect Neotropical Savanna Birds More Options”. *Biological Conservation*, 142(12): 3039-3050, 2009.
- MARTÍNEZ-MEYER, E.; PETERSON, A.; SERVÍN, J. & KIFF, L. “Ecological Niche Modelling and Prioritizing Areas for Species Reintroductions”. *Oryx*, 40(4): 411-418, 2006.
- MCPHERSON, J.; JETZ, W. & ROGERS, D. “The Effects of Species’ Range Sizes on the Accuracy of Distribution Models: Ecological Phenomenon or Statistical Artefact?”. *Journal of Applied Ecology*, 41(5): 811-823, 2004.
- MEIER, E.; EDWARDS JR, T.; KIENAST, F.; DOBBERTIN, M. & ZIMMERMANN, N. “Co-occurrence Patterns of Trees Along Macro Climatic Gradients and Their Potential Influence on the Present and Future Distribution of *Fagus sylvatica* L”. *Journal of Biogeography*, 38(2): 371-382, 2011.
- MELBOURNE, B.; DAVIES, K.; MARGULES, C.; LINDENMAYER, D.; SAUNDERS, D.; WISEL, C. & HENLE, K. “Species Survival in Fragmented Landscapes: Where to from Here?”. *Biodiversity and Conservation*, 13(1): 275-284, 2004.

- MEMMOTT, J.; CARVELL, C.; PYWELL, R. & CRAZE, P. “The Potential Impact of Global Warming on the Efficacy of Field Margins Sown for the Conservation of Bumble-bees”. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1549): 2071-2079, 2010.
- MEMMOTT, J.; CRAZE, P. G.; WASER, N. M. & PRICE, M. V. “Global Warming and the Disruption of Plant-pollinator Interactions”. *Ecology Letters*, 10(8): 710-717, 2007.
- NIX, H.; MCMAHON, J. & MACKENZIE, D. “Potential Areas of Production and the Future of Pigeon Pea and other Grain Legumes in Australia. In: WALLIS, E. S. & WHITEMAN, P. C. (Eds.). *The Potential for Pigeon Pea in Australia. Proceedings of Pigeon Pea (Cajanus cajan (L.) Millsp.) Field Day*. Queensland, Field Day University of Queensland, 1977. pp. 1-12.
- PETERSON, A. “Uses and Requirements of Ecological Niche Models and Related Distributional Models”. *Biodiversity Informatics*, 3: 59-72, 2006.
- PETERSON, A.; PAPES, M. & SOBERÓN, J. “Rethinking Receiver Operating Characteristic Analysis Applications in Ecological Niche Modeling”. *Ecological Modelling*, 213(1): 63-72, 2008.
- PETERSON, A. & VIEGLAIS, D. “Predicting Species Invasions Using Ecological Niche Modeling: New Approaches from Bioinformatics Attack a Pressing Problem”. *Bioscience*, 51(5): 363-371, 2001.
- PHILLIPS, S. “Transferability, Sample Selection Bias and Background Data in Presence Only Modelling: a Response to Peterson *et al.* (2007)”. *Ecography*, 31(2): 272-278, 2008.
- PULLIAM, H. “On the Relationship between Niche and Distribution”. *Ecology Letters*, 3(4): 349-361, 2000.
- RAXWORTHY, C.; MARTINEZ-MEYER, E.; HORNING, N.; NUSSBAUM, R.; SCHNEIDER, G.; ORTEGA-HUERTA, M. & PETERSON, A. “Predicting Distributions of Known and Unknown Reptile Species in Madagascar”. *Nature*, 426(6968): 837-841, 2003.
- RICHARDSON, D. & THUILLER, W. “Home Away from Home – Objective Mapping of High Risk Source Areas for Plant Introductions”. *Diversity and Distributions*, 13(3): 299-312, 2007.
- SANTANA, F. S. & SARAIVA, A. M. “Challenges in Ecological Niche Modeling”. In: XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), Québec. *Symposium*. 2010, pp. 1-10.
- SHELLER, R.; VAN TUYL, S.; CLARK, K.; HAYDEN, N.; HOM, J. & MLADENOFF, D. “Simulation of Forest Change in the New Jersey Pine Barrens under Current and Pre-colonial Conditions”. *Forest Ecology and Management*, 255(5-6): 1489-1500, 2008.
- SCHWEIGER, O.; SETTELE, J.; KUDRNA, O.; KLOTZ, S. & KÜHN, I. “Climate Change Can Cause Spatial Mismatch of Trophically Interacting Species”. *Ecology*, 89: 3472-3479, 2008.
- SOBERÓN, J. “Niche and Area of Distribution Modeling: a Population Ecology Perspective”. *Ecography*, 33(1): 159-167, 2010.
- SOBERÓN, J. & NAKAMURA, M. “Niches and Distributional Areas: Concepts, Methods, and Assumptions”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (Supplement 2): 19644-19650, 2009.

- STRALBERG, D.; JONGSOMJIT, D.; HOWELL, C.; SNYDER, M.; ALEXANDER, J.; WIENS, J. & ROOT, T. “Re-shuffling of Species with Climate Disruption: a No-analog Future for California Birds”. *PLoS One*, 4(9): 1-8, 2009.
- STRUVE, J. *et al.* “Lost in Space? Searching for Directions in the Spatial Modelling of Individuals, Populations and Species Ranges”. *Biology Letters*, 6: 575-578, 2010.
- TAUBMANN, J.; THEISSINGER, K.; FELDHEIM, K.; LAUBE, I.; GRAF, W.; HAASE, P.; JOHANNESSEN, J. & PAULS, S. “Modelling Range Shifts and Assessing Genetic Diversity Distribution of the Montane Aquatic Mayfly *Ameletus inopinatus* in Europe under Climate Change Scenarios”. *Conservation Genetics*, 12(2): 503-515, 2011.
- THOMAS, C. *et al.* “Extinction Risk from Climate Change”. *Nature*, 427(6970): 145-148, 2004.
- THOMPSON, J. N. *The Geographic Mosaic of Coevolution*. Chicago, University Chicago Press, 2005.
- THORN, J.; NIJMAN, V.; SMITH, D. & NEKARIS, K. “Ecological Niche Modelling as a Technique for Assessing Threats and Setting Conservation Priorities for Asian Slow Lorises (Primates: *Nycticebus*)”. *Diversity and Distributions*, 15(2): 289-298, 2009.
- THUILLER, W.; LAFOURCADE, B.; ENGLER, R. & ARAUJO, M. B. “Biomod – a Platform for Ensemble Forecasting of Species Distributions”. *Ecography*, 32(3): 369-373, 2009.
- TURNER, W.; SPECTOR, S.; GARDINER, N.; FLADELAND, M.; STERLING, E. & STEININGER, M. “Remote Sensing for Biodiversity Science and Conservation”. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(6): 306-314, 2003.
- TYLIANAKIS, J.; DIDHAM, R.; BASCOMPTE, J. & WARDLE, D. “Global Change and Species Interactions in Terrestrial Ecosystems”. *Ecology Letters*, 11(12): 1351-1363, 2008.
- VAN DER PUTTEN, W.; MACEL, M. & VISSER, M. “Predicting Species Distribution and Abundance Responses to Climate Change: Why It Is Essential to Include Biotic Interactions Across Trophic Levels”. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1549): 2025-2034, 2010.
- VERNER, J.; MORRISON, M.; RALPH, C. & FOREST, P. *Wildlife 2000: Modeling Habitat Relationships of Terrestrial Vertebrates*. Madison, University of Wisconsin Press, 1986.
- VICENTE, J.; ALVES, P.; RANDIN, C.; GUISAN, A. & HONRADO, J. “What Drives Invasibility? A Multi Model Inference Test and Spatial Modelling of Alien Plant Species Richness Patterns in Northern Portugal”. *Ecography*, 33(6): 1081-1092, 2010.
- WANG, L.; SOUSA, W.; GONG, P. & BIGING, G. “Comparison of Ikonos and QuickBird Images for Mapping Mangrove Species on the Caribbean Coast of Panama”. *Remote Sensing of Environment*, 91(3-4): 432-440, 2004.
- ZIMMERMANN, N.; EDWARDS JR, T.; GRAHAM, C.; PEARMAN, P. & SVENNING, J. “New Trends in Species Distribution Modelling”. *Ecography*, 33(6): 985-989, 2010.



16. *Bombus terrestris* na América do Sul: Possíveis Rotas de Invasão deste Polinizador Exótico até o Brasil

Antonio Mauro Saraiva, André Luis Acosta, Tereza Cristina Giannini,
Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, Paulo de Marco Junior

QUEM É A *BOMBUS TERRESTRIS*?

Bombus terrestris L. (Apidae), também conhecida como mamangava da cauda amarelo-claro, é uma abelha nativa na Europa, em partes do sudoeste asiático e no noroeste africano (McClay, 2005). Sua grande capacidade adaptativa permitiu-lhe distribuir-se quase uniformemente sobre todo o gradiente bioclimático da zona temperada europeia (Winter *et al.*, 2006; Dafni *et al.*, 2010).

A *Bombus terrestris* (referida a partir daqui como *Bt*) é uma abelha grande, com muitos pelos abdominais e plena capacidade termorregulatória (Fig. 16.1). Tais características auxiliam a espécie a tolerar extremos térmicos, podendo manter-se ativa mesmo sob temperaturas abaixo de 10°C ou superiores a 32°C (Kuusik *et al.*, 2002; Winter *et al.*, 2006). Diferente da maioria das abelhas, *Bt* não requer radiação solar para manter sua atividade de voo, sendo capaz de explorar os recursos florais (pólen e néctar) mesmo em dias nublados e chuvosos (Heinrich, 1979; Winter *et al.*, 2006).

Bt é uma espécie de ciclo de vida anual. A rainha já acasalada hiberna e emerge após alguns meses, durante a primavera, para fundar uma nova colônia (Beekman *et al.*, 1998). É uma fêmea totipotente, o que nos insetos sociais significa que pode iniciar sozinha o seu ninho, que pode alcançar o número de 350 indivíduos (Goulson *et al.*, 2002).

A elevada capacidade de aprendizado de *Bt* em explorar recursos florais a torna apta a visitar muitos tipos florais (Dafni *et al.*, 2010). Apesar de sua língua curta, que dificulta o acesso aos recursos no interior de flores tubulares longas, *Bt* é capaz de perfurar o tubo da corola e obter o néctar diretamente na base floral. Esse comportamento causa inevitável dano a essas plantas, bem como impacto às outras espécies dependentes do mesmo recurso (Stout *et al.*, 1998; Inouye, 1980).

Apesar disso, *Bt* é um eficiente polinizador de grande variedade de plantas com flores, tanto em sistemas naturais como em áreas agrícolas ou culturas em ambientes protegidos (Velthuis e Cobb, 1991; Free, 1993; Proctor *et al.*, 1996; Morandin *et al.*, 2001a, 2001b; Velthuis e van Doorn, 2006).

É notável a velocidade de forrageio de *Bt*. Um indivíduo é capaz de visitar de vinte a cinquenta pequenas flores por minuto. Seu grande tamanho corporal possibilita a extração de recursos florais em quantidades superiores às abelhas de menor porte que compartilham dos mesmos recursos (Dafni *et al.*, 2010).

A área de ação de *Bt* pode ser superior à das abelhas do gênero *Apis*, o que é vantajoso quando visto da perspectiva da polinização em áreas extensas (Kearns e Thomson, 2001; Goulson, 2003; Wolf e Moritz, 2008; Goulson, 2010). O alcance de forrageio de *Bt*, em circunstâncias adequadas de disponibilidade de recursos, pode superar os 2 800 metros (Walther-Hellwig e Frankl, 2000; Wolf e Moritz, 2008; Zurbuchen *et al.*, 2010). O voo do macho de *Bt* pode alcançar 10 km aproximadamente (Kraus *et al.*, 2009). Em casos onde a vegetação é muito esparsa ou as fontes de recurso são escassas, *Bt* poderá forragear a distâncias muito superiores. Segundo Chapman *et al.* (2003), em ambientes muito pobres de recursos, a distância de forrageio de *Bt* pode alcançar 4 km.

Goulson e Stout (2001) demonstraram empiricamente que *Bt* é capaz de retornar aos seus ninhos de origem quando soltas em distâncias superiores a 9,8 km, indicando sua eficiente capacidade de navegação, bem como sua alta velocidade de voo, superando 15,7 km/h.

Dependendo da espécie de planta visitada, *Bt* mostra-se hábil em competir por recursos com as abelhas do gênero *Apis* devido ao manejo mais robusto das flores. Ainda, para plantas com anteras poricidas (ex: tomate), a capacidade de *Bt* fazer a polinização por vibração torna-a um polinizador mais eficiente do que outras espécies que não detêm a mesma capacidade, como a *Apis* (Buchmann, 1983; Gauld *et al.*, 1990; Westerkamp, 1991; Wilson e Thomson, 1991; Morandin *et al.*, 2001a, 2001b; Goulson, 2010).

O alto desempenho de *Bt* na polinização atrai a atenção dos agricultores há décadas. O serviço de polinização prestado pela espécie aumenta o número, a qualidade e o tamanho dos vegetais usados para alimentação (e.g. abóbora, abobrinha, batata, berinjela, cenoura, mirtilo, morango, oxicoco, pimenta, pimentões, tomate). Isso tem impacto direto nos aspectos econômicos relacionados ao comércio desses gêneros alimentícios, bem como aumenta a lucratividade do agricultor que usa os serviços de polinização prestados pela *Bt*.

BREVE HISTÓRICO DA EXPANSÃO DE *BOMBUS TERRESTRIS* NO MUNDO

Como a *Apis mellifera*, a *Bt* tem sido transportada da Europa para outros continentes há pelo menos um século por criadores de abelhas e agricultores. O indício mais antigo do uso de *Bt* para a polinização agrícola fora de sua área de ocorrência natural remonta à década de 1830 na Nova Zelândia. Diversas colônias foram

importadas do Reino Unido e soltas em áreas de culturas de trevo-roxo, planta usada principalmente como forragem de animais de criação. Em 1885, *Bt* já era uma espécie bem estabelecida em ambientes naturais daquele país (Velthuis e van Doorn, 2006; Howlett e Donovan, 2010).

Contudo, os pioneiros no desenvolvimento do método de domesticação de *Bt* foram os pesquisadores Hasselrot e Holm na década de 1960 (Hasselrot, 1960; Holm, 1960). Ambos estudaram a biologia das mamangavas e desenvolveram métodos de atração, aprisionamento e criação em ninhos artificiais visando, principalmente, a polinização na agricultura (Velthuis e van Doorn, 2006).

Em 1985, na Holanda, o veterinário belga dr. R. de Jonghe aperfeiçoou os métodos de criação de *Bt* em ambientes artificiais e testou a eficiência da espécie como polinizador de tomate cultivado em estufa. Os tomates polinizados pelas mamangavas obtiveram preços recordes no mercado devido ao seu maior tamanho e melhor qualidade, trazendo grande sucesso ao veterinário. Dois anos depois, o dr. de Jonghe fundou o que é hoje uma das maiores empresas de polinização comercial no mundo, a Biobest. Iniciou-se naquele momento a produção de colônias em larga escala dedicadas à comercialização (Velthuis e van Doorn, 2006; Dafni *et al.*, 2010). Ao fim dos anos 80, a *Bt* já era comercializada em quinze países europeus e pouco tempo depois era exportada em grandes lotes para muitos outros países, inclusive fora da sua área natural, como Nova Zelândia e Japão (Winter *et al.*, 2006; Howlett e Donovan, 2010).

Atualmente, cerca de trinta empresas multinacionais possuem instalações de criação de colônias em dezenove países (Tabela 16.1). A produção em larga escala de *Bt* é escoada pelo crescente mercado da polinização comercial agrícola, abrangendo 56 países em todos os continentes (Velthuis e van Doorn, 2006).

Em 2006, cerca de um milhão de colônias de *Bombus terrestris* já eram produzidas anualmente em instalações comerciais, principalmente destinadas à polinização de tomate em estufa, tornando as mamangavas produtos de alta valia para uma indústria mundial de polinização, que lucra muitos bilhões de dólares ao ano (Winter *et al.*, 2006).

REPERCUSSÕES DO USO DE *BOMBUS TERRESTRIS* NO MUNDO

Nas duas últimas décadas, a comercialização e exportação de *Bt* tornaram-se ainda mais intensas e, simultaneamente, as repercussões dos aspectos negativos associados à sua introdução em locais onde não são nativas (Winter *et al.*, 2006; Dafni *et al.*, 2010; Howlett e Donovan, 2010). Muitos países, perante essa situação, estão tomando medidas coercitivas e restritivas a fim de evitar a introdução de *Bt* em seus territórios, notadamente a Austrália, o Canadá, os Estados Unidos, o México e o Japão, países que já publicaram atos oficiais de repúdio à importação da espécie (Goka, 2006; Velthuis e van Doorn, 2006; Winter *et al.*, 2006).

A introdução de *Bt* em sistemas naturais e agrícolas nos quais a espécie não é nativa promove competição com as espécies locais, bem como impactos no equilíbrio dos sistemas ecológicos e agrícolas já estabelecidos (Goulson *et al.*, 2008). Alguns destes aspectos foram identificados recentemente na ilha de Hokkaido (Japão), onde ocorreu um intenso declínio do número de colônias da espécie nativa *Bombus hypocrita sapporoensis* devido à competição com *Bt* por locais de nidificação (Inoue *et al.*, 2008). O aumento do número de colônias de *Bt* tem tido, também, efeito direto na redução da aptidão reprodutiva das espécies de mamangavas nativas por meio de cruzamentos interespecíficos, produzindo proles não viáveis (Kanbe *et al.*, 2008; Kondo *et al.*, 2009).

Em Israel, Dafni e Schmida (1996) observaram que a *Bt* iniciava seu forrageio mais cedo do que as outras abelhas e esgotava o néctar de várias flores, reduzindo drasticamente o recurso compartilhado com outras abelhas e, conseqüentemente, excluindo geograficamente várias colônias de outras espécies. Adicionalmente, neste mesmo trabalho, os autores perceberam que as abelhas solitárias eram quase totalmente excluídas de algumas plantas por conta de um comportamento territorialista agressivo que a *Bt*, fisicamente mais robusta, exibia frente a essas abelhas (Dafni e Shmida, 1996; Ruz, 2002).

A invasão de *Bt* também é vista como um potencial vetor de doenças e parasitas, tanto para outras abelhas como para as plantas que visitam (Velthuis e van Doorn, 2006; Winter *et al.*, 2006; Goulson *et al.*, 2008; Plischuk e Lange, 2009).

O MAPA DA INVASÃO MUNDIAL DE *BOMBUS TERRESTRIS*

Desde que a disponibilidade comercial mundial de *Bt* se tornou crescente, houve um aumento considerável nos relatos de escape destas abelhas das áreas protegidas para a natureza em vários locais do mundo. Com base nesses relatos é possível determinar os países onde a espécie está documentadamente presente (Fig. 16.2).

BOMBUS TERRESTRIS NA AMÉRICA DO SUL

O histórico da presença de *Bt* no continente sul-americano tem início no Chile em 1998. Na época, a importação foi autorizada pelo Servicio Agrícola y Ganadero de Chile – SAG e estava de acordo com as regras internacionais estabelecidas pelo “Behaviour Code for the Importation and Liberation of Exotic Agents for Biological Control” como parte das políticas internacionais previstas pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO (Ruz, 2002).

As primeiras colônias importadas ao Chile vieram de Israel e foram distribuídas em diferentes localidades no país; eram principalmente dedicadas à poliniza-

ção de culturas de tomate em estufa (Ruz e Herrera, 2001). Em pouco tempo, a *Bt* escapou do confinamento e fundou colônias em ambientes abertos. Segundo Ruz (2002), é provável que a espécie tenha rapidamente se expandido para zonas mais ao sul do Chile, distribuindo-se por áreas previamente ocupadas por duas outras espécies de *Bombus*, sendo uma delas nativa da região, a *Bombus dahlbomii*. A invasão de *Bt* no Chile foi muito bem-sucedida, ocupando quase todo o território, com exceção das zonas mais áridas do norte e as muito frias no extremo sul do país.

Em 2006, foi formalmente registrada, pela primeira vez, a invasão de *Bt* em território argentino (Torretta *et al.*, 2006). Possivelmente, a espécie invadiu esse país cruzando a cordilheira andina através de corredores de baixa altitude que conectam o Chile à Patagônia argentina. No início de 2009, foram registrados 111 indivíduos de *Bt* em ambiente natural (73 machos, 36 operárias e duas rainhas) nas proximidades da cidade de San Carlos de Bariloche (Plischuk e Lange, 2009), evidenciando a boa adaptação da espécie às condições ambientais no sul da América do Sul.

Alguns relatos informais de agricultores, bem como relatos científicos (Hingston *et al.*, 2002; Dafni *et al.*, 2010) indicam a potencial presença de *Bt* no Uruguai, contudo ainda não houve levantamentos científicos sistemáticos para confirmar essa presença pela identificação e coleta de espécimes em campo. No Brasil, ainda não há quaisquer relatos da chegada de *Bt*. Através deste estudo apontamos as áreas favoráveis à ocorrência da espécie no Sul do Brasil, onde estações para monitoramento podem ser estabelecidas.

BOMBUS TERRESTRIS CHEGARÁ AO BRASIL?

Para identificar as áreas com maior probabilidade de invasão de *Bt* em território nacional, os modelos de distribuição baseados no conceito de nicho são adequadamente aplicáveis. Dentre as técnicas de modelagem disponíveis atualmente, a aplicação do princípio da máxima entropia (Maxent) tem se mostrado muito consistente para a detecção das áreas de maiores probabilidades de ocorrência das espécies (Elith *et al.*, 2006; Hernandez *et al.*, 2006; Phillips e Dudík, 2008). A técnica também tem sido usada com sucesso na detecção de áreas potenciais à invasão por espécies exóticas (e.g. Ficetola *et al.*, 2007; Evangelista *et al.*, 2008; Rödder *et al.*, 2009; Václavík e Meentemeyer, 2009; Medley, 2010), tendo já sido aplicada, inclusive, por um dos autores do presente artigo na estimativa das áreas potenciais à invasão de *Bt* em uma escala global (Coelho e De Marco, 2006) e por outros autores sobre a invasão potencial no Japão (Kadoya *et al.*, 2009).

Até o presente momento, não foram encontradas análises da probabilidade de invasão de *Bt* com enfoque na América do Sul estimada por meio de modelagem.

Devido à importância desse tema, o presente trabalho contribui com uma perspectiva regional, especialmente dedicada a analisar a probabilidade de invasão no território brasileiro.

Por meio do aplicativo Maxent (Phillips *et al.*, 2006) foi desenvolvido o modelo de distribuição de *Bt* pela interação entre dezenove variáveis bioclimáticas – derivadas de temperatura e precipitação no período de 1950 a 2000 (Hijmans *et al.*, 2005) – e 2039 pontos de ocorrência de *Bt* em sua área de distribuição natural (Fig. 16.3; dados provenientes do GIBF (2010); veja Anexo 1). O modelo permitiu identificar a variação das características bioclimáticas mais relacionadas à ocorrência da espécie em sua área de distribuição natural e às quais está plenamente adaptada. Tal informação também indica as áreas potencialmente mais propensas a serem invadidas pela espécie fora de sua distribuição natural.

As características bioclimáticas detectadas pelo modelo na área de distribuição natural de *Bt* foram projetadas para a América do Sul produzindo um mapa que ilustra os fatores bioclimáticos mais similares àqueles em que a espécie tem maior afinidade no atual cenário climático (Fig. 16.4).

A qualidade do modelo foi avaliada quanto à sua capacidade preditiva por um índice estatístico externo amplamente usado para este propósito, o AUC-ROC (*Area Under Curve* do gráfico *Receiver Operating Characteristics*). Esse teste estatístico estima a capacidade preditiva do modelo por meio de uma escala numérica que varia de 0,5 a 1,0. Um modelo robusto terá o índice de AUC próximo a 1,0, já um modelo menos representativo terá AUC distante de 1,0 (Swets, 1988; Luoto *et al.*, 2005; Elith *et al.*, 2006). O modelo desenvolvido para a *Bt* apresentou o índice de AUC de 0,92, indicando a boa qualidade da análise.

Na América do Sul há apenas relatos confirmados da presença de *Bt* na natureza no Chile e na Argentina. Para determinar as potenciais rotas de deslocamento por expansão natural da distribuição de *Bt* a partir da área já invadida (Fig. 16.5A), a variação das probabilidades de ocorrência da espécie foi reclassificada em seis categorias. O mapa final foi recortado, evidenciando apenas as zonas de alta probabilidade mais proximais à área já invadida pela espécie (Fig. 16.5).

Com base no modelo, é possível inferir que *Bt* talvez não seja capaz de chegar ao Brasil por meio da expansão natural de sua distribuição seguindo as zonas de máxima probabilidade detectadas. O modelo bioclimático pode fornecer evidências ainda mais consistentes sobre a limitação espacial de uma espécie do que sobre sua expansão, visto que uma espécie pode ser incapaz de tolerar os fatores ambientais inadequados a sua sobrevivência. A barreira de baixa probabilidade detectada (Fig. 16.5B) será um limitador de alta influência na distribuição da espécie desde a área já invadida (zona 2) até a área onde ainda não há relatos confirmados de invasão (zona 1).

Embora existam possíveis corredores bioclimáticos litorâneos de conexão entre essas duas zonas (Fig. 16.5B), suas áreas são muito estreitas, fragmentadas e não

perfeitamente interconectadas, o que reduz a probabilidade de que um evento de deslocamento natural venha a acontecer por meio dessa faixa. Todavia, a possibilidade não deve ser totalmente excluída.

O maior fator em potencial a propiciar a invasão de *Bt* em território brasileiro estaria relacionado à possível introdução desta espécie no Uruguai, conforme alguns relatos não confirmados sugerem (Hingston *et al.*, 2002; Dafni *et al.*, 2010). A presença invasiva de *Bt* em qualquer ponto da zona 1 (Fig. 16.5B), especialmente em território uruguaio, levaria à invasão da espécie na região Sul do Brasil por expansão espontânea de sua distribuição sobre as áreas de maior afinidade bioclimática, a qual é bastante extensa e conectada na região.

Além de as características bioclimáticas serem favoráveis à invasão de *Bt* na zona 1, deve-se considerar que nessa região as características da flora também são similares àquelas que ocorrem na área de distribuição natural de *Bt*. Por meio de análise biogeográfica efetuada pela ferramenta *intersect point tool* (Beyer, 2006) em sistemas de informações geográficas (ESRI, 2006), foi possível detectar a tipologia vegetacional mais associada à presença de *Bt* em sua área de ocorrência natural (Fig. 16.6). Com base na categorização da camada global de cobertura de solo do ano 2000 (GLC, 2003), foram detectados oito tipos de cobertura de solo por onde *Bt* se distribui. Essa análise biogeográfica indicou que a espécie se distribui com maior frequência sobre áreas manejadas e de cultivo (34%) e em segundo lugar sobre áreas de cobertura herbácea (15%). É provável que as características identificadas sejam indícios da preferência de *Bt* na seleção de habitats, sendo que a espécie prioriza tipos vegetacionais onde há maior abundância de recursos, abrigo e locais de nidificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Bombus terrestris é um excelente agente polinizador de vários tipos de culturas agrícolas dedicadas à alimentação humana e desempenha importante papel nos sistemas naturais onde é nativa. Contudo, sua presença invasiva produz impactos diretos no equilíbrio dos sistemas ecológicos, e também pode promover impactos à economia agrícola. Existe um movimento internacional de utilização dos polinizadores locais, e para isso são escritos documentos sobre a inconveniência de importação de abelhas para serviços ambientais caso haja perigo de liberação na natureza, chamados de *White Papers* (Winter *et al.*, 2006).

A probabilidade de *Bt* alcançar o Brasil partindo da zona 2 (Argentina e Chile) é limitada, todavia sua expansão invasiva partindo da zona 1, especialmente do Uruguai, é muito provável e requer atenção.

Alguns relatos científicos suportam a presença de *Bt* no Uruguai, e devem ser considerados: Hingston *et al.* (2002) relatam a comunicação pessoal de Dafni

informando que a importação de *Bt* pelo Uruguai para a polinização de culturas em estufa poderá potencialmente colonizar as zonas não áridas do Uruguai. Velthuis e van Doorn (2006) mencionam que possivelmente esse país tenha produzido ou importado colônias de *Bt* para polinização de tomate em estufa. Freitas *et al.* (2003) relatam que *Bt* foi introduzida no Uruguai em 1995 e está livre na natureza, colonizando novas áreas e se expandindo até as fronteiras do Brasil. Dafni *et al.* (2010) também indicam que há evidências de expansão espontânea pós-introdução de *Bt* no Uruguai.

Embora tais evidências não tenham sido confirmadas por meio de coleta de indivíduos, identificação taxonômica e/ou genética e georreferenciamento das localizações, elas podem ser consideradas consistentes. Medidas preventivas, mitigadoras e de averiguação devem ser planejadas para reduzir e avaliar os impactos potenciais dessa invasão em território nacional brasileiro.

O monitoramento sistemático em áreas fronteiriças ao sul do Brasil deve ser priorizado, se a indicação de Freitas *et al.* (2003) procede. Hopkins (1914), citado por Dafni *et al.* (2010) e Morales (2007), fornece evidências de que *Bt* tenha se expandido naturalmente à velocidade de 90 km/ano quando invadiu a Nova Zelândia. Considerando essa velocidade de expansão e o período reportado por Freitas *et al.* (2003), *Bt* já poderá ter alcançado o território brasileiro dependendo do(s) ponto(s) inicial(is) da sua introdução no Uruguai.

Os resultados desta pesquisa levantam a necessidade de se desenvolverem medidas estratégicas que tratem da importação e introdução de espécies de polinizadores não nativos em território brasileiro. A discussão e o desenvolvimento de atos oficiais governamentais de controle e monitoramento deverão ser mais consistentes e aplicados a fim de evitar impactos ecológicos, econômicos e sociais derivados da invasão de espécies de polinizadores exóticos no Brasil.

Tabla 16.1. Países onde há instalações de criação de *Bombus terrestris* e as respectivas empresas (Velthuis e van Doorn, 2006; websites das empresas).

País	EMPRESA
Alemanha	STB-Biocontrol
Bélgica	Biobest, BIP
Canadá	Apidol, Biobest, Global Horticulture, Groupe Hort. Ledoux
China	Beijing Yong-An-Xin Biological Pollination CO.
Coreia do Sul	Sesil Corporation, Yae-cheon Ind., Mr. Lee
Eslováquia	Koppert
Espanha	Agrobio, Biobest
Estados Unidos	Koppert
França	GTICO, GIE Lacroix, Biobest
Holanda	Bunting Brinkman Bees, Biopol, Koppert
Israel	Bio-Bee, Yad Mordechai
Itália	Agriapi
Japão	Api Company, Cats Agrisystems
Marrocos	Biobest
México	Koppert, Biobest
Noruega	Bombus Pollinering Norbol, Pollinering Service
Nova Zelândia	Zonda, Biobees
Rússia	Cinco pequenas empresas
Turquia	Bunting Brinkman Bees, Biobest, Koppert

Fig. 16.1. Dimensões corporais de *Bombus terrestris* (Crédito: P. Bonham, <http://rxwildlife.org.uk>).



Fig. 16.2. Presença documentada de *Bombus terrestris* no mundo. A mancha de cor laranja refere-se àqueles países onde a espécie é criada e comercializada fora de sua área autóctone, porém ainda não há relatos oficiais de invasão. A representação gráfica foi gerada com base em informações coletadas em literatura especializada (Donovan, 1980; Semmens *et al.*, 1993; Macfarlane e Gurr, 1995; Dafni e Shmida, 1996; Dafni, 1998; Ruz e Herrera, 2001; Hingston *et al.*, 2002; Ruz, 2002; Goulson, 2003, 2010; Goulson e Hanley, 2004; Griffiths, 2004; Matsumura *et al.*, 2004; Hingston, 2005, 2006; Inari *et al.*, 2005; Torretta *et al.*, 2006; Winter *et al.*, 2006; Velthuis e van Doorn, 2006; Schmid-Hempel *et al.*, 2007; Howlett e Donovan, 2010) e dos sites de internet das empresas comerciais de Bt referidos na Tabela 16.1.

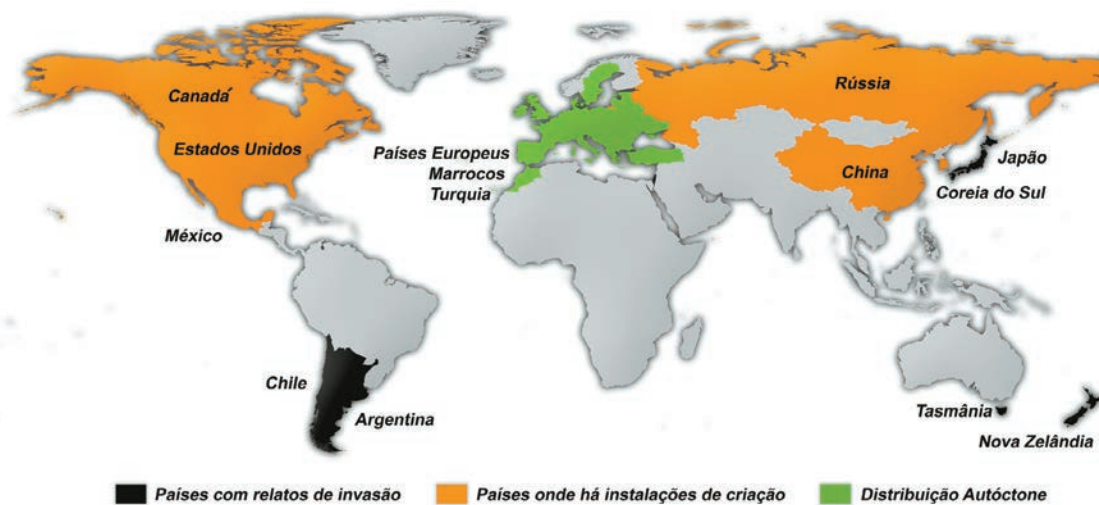


Fig. 16.3. Registros de *Bombus terrestris* em sua área de distribuição natural.

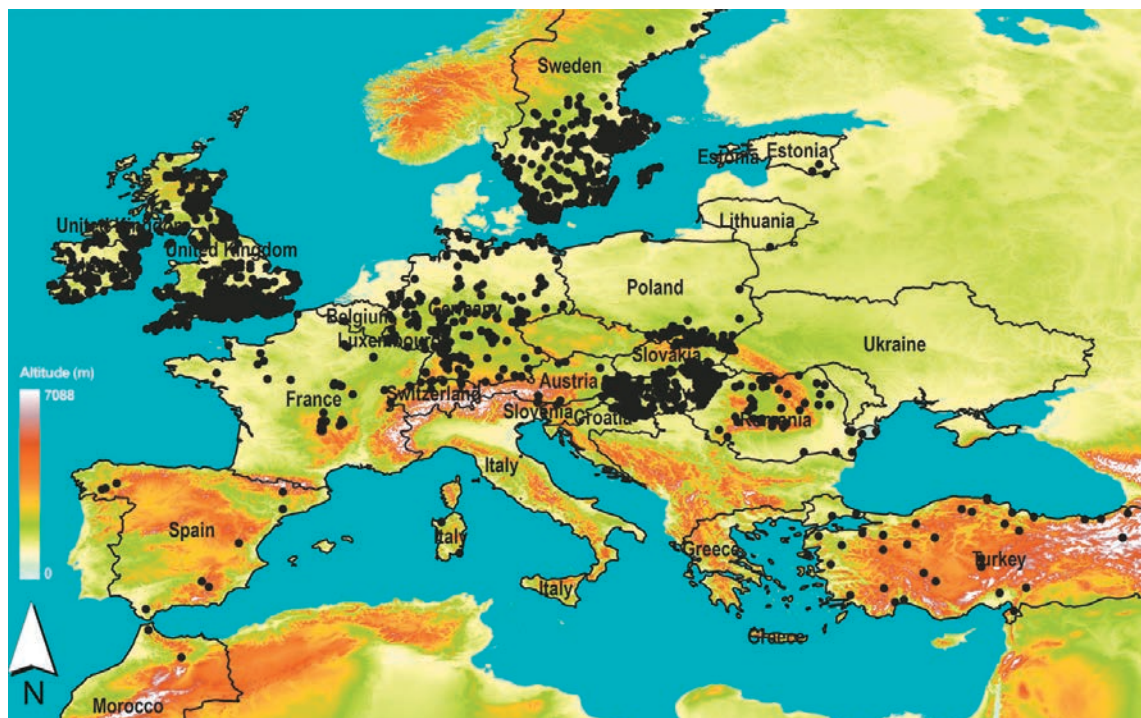


Fig. 16.4. Por meio da modelagem de máxima entropia, foram identificadas as afinidades bioclimáticas de *Bt* em sua área de ocorrência natural (A). Essas características foram projetadas para a América do Sul (B), exibindo as áreas bioclimaticamente mais similares.

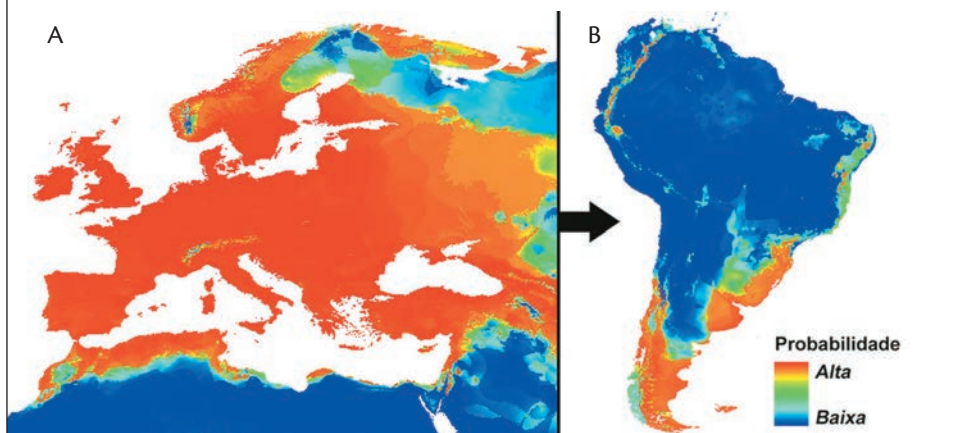


Fig. 16.5. A: Mapa exibindo as categorias de probabilidade de ocorrência de *Bt* mais proximais à área já invadida pela espécie – destacada pelo círculo; B: Análises biogeográficas das potenciais conexões e barreiras entre as zonas de máxima probabilidade.

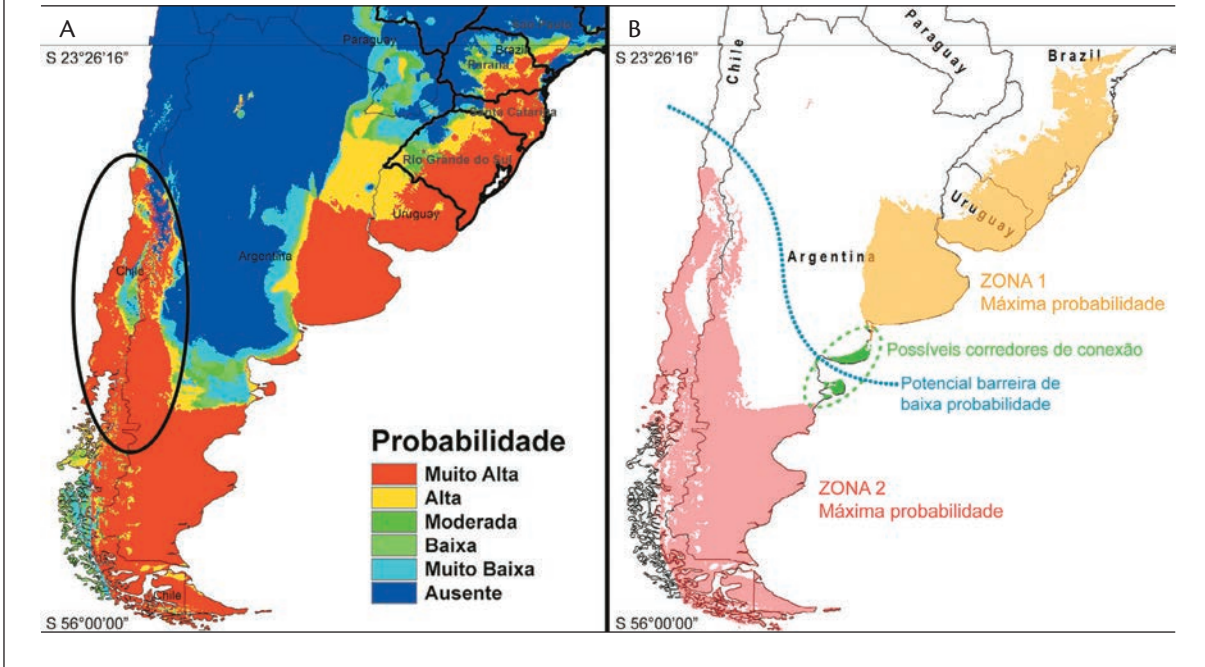
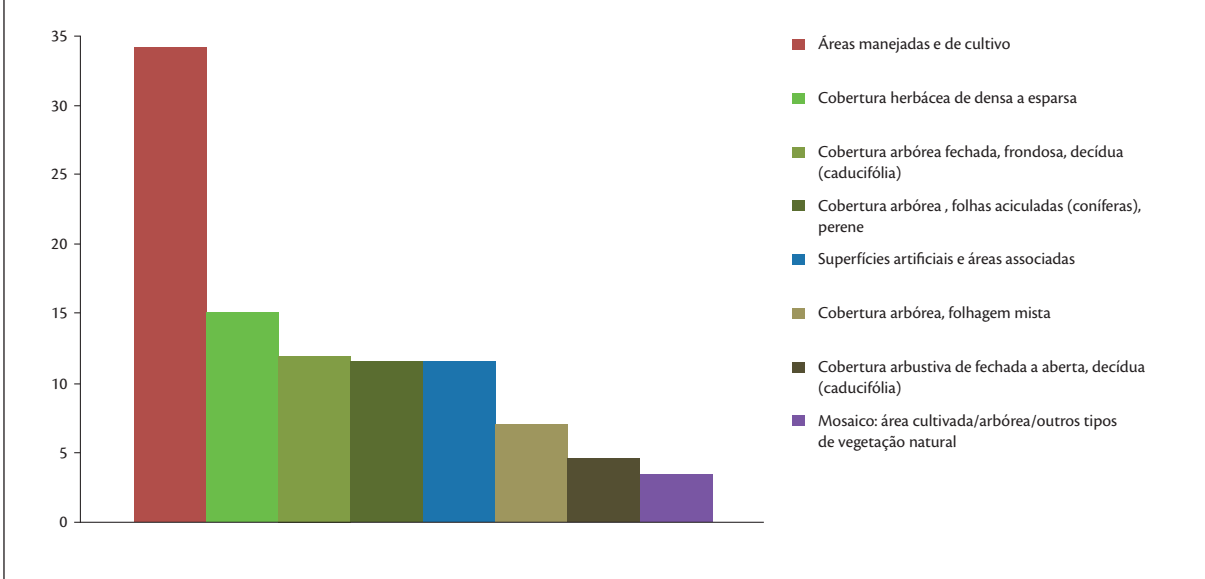


Fig. 16.6. Frequência, em porcentagem, da presença de *Bt* em tipos de cobertura de solo em sua área de ocorrência natural.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq (575069/2008-2), à Fapesp (04/15801-0) e à Capes (3030-10-5) pelo apoio concedido a esta proposta. Também agradecemos ao prof. dr. Hayo H.W. Velthuis por suas importantes sugestões para o texto e ao GBIF pelo serviço de disponibilização de dados de distribuição da espécie *Bombus terrestris*.

ANEXO 1

Citações e referências dos pontos de ocorrência de *Bombus terrestris*. Institutos, museus, coleções, universidades, grupos de pesquisa e outras fontes de ocorrências georreferenciadas de *Bombus terrestris* disponibilizados na internet pelo portal GBIF (<http://data.gbif.org>):

A-kologischer Weinberg (Guntersblum); A-kostation (Freiburg); Aktion – Friedensburg Oberschule; Alte Ziegelei, Lehmgrube (Mainz-Bretzenheim); Am Moosangerweg; Aœberschwemmungsgebiet der Wied; Artenerfassung far Jedermann in der Grundschule Kirchboitzen; Arteninventar rund um den Rannahof; Artenvielfalt am Eich-Gimbsheimer Altrhein; Artenvielfalt auf der Weide – GEO-Hauptveranstaltung in Crawinkel; Artenvielfalt des “Granen Klassenzimmers”; Artenvielfalt im Umfeld der Burgwegschule; Artenvielfalt in der Kinderakademie im RFZ; Artenvielfalt in der Stadt; Artenvielfalt Kreis Gieayen; Auayenfeuerstelle Kanigsbol (Hartheim/Meaystetten); Baggerseen bei Krauchenwies; Bannwald Burghauser Forst; BæG; BDBCv - II Semana de la Biodiversidad (Castellan, Spain), 2007; Bees of Ireland; Bergbaufolgelandschaft am Muldestausee; Bergkamen – Bergehalde Groayes Holz; Biodiv-Camp Sandmagerrasen in Narnberg/Langwasser; Biological and Palaeontological Collection and Observation Data MNHNL; Biologiezentrum Linz; Biologische Station im Kreis Wesel; Biosphare Bliesgau; Biospharenpark Wienerwald – Pfaffstatten; Biospharenpark Wienerwald – Wiener Steinhofgrande; Biotop “Kohlbeke” (Berlin-Marzahn); Biotop Binsenwiesen (Wehrheim/Taunus); Biotope entdecken im Kockmecker Siepen (Sauerland); Biotope in Rheine – Aktion 350; Blumenrather Heide / Virneburg; Blumenwiese und Heckensaum, Kornberg (Gruibingen); Botanischer Garten (Saarbracken); Bristol Regional Environmental Records Centre – BRERC October 2009; BTCV Scotland – BTCV Wildlife Counts Recording Workshops; Bugs (GBIF-SE); Bumblebees, cuckoobees and butterflies in southern Poland; BUND – Dassower See (Labeck/Dassow); Butterberg, Dardesheim; Countryside Council for Wales – Welsh Invertebrate Database (WID); Countryside Council for Wales – Welsh Peatland Invertebrate Survey (WPIS); Dalbekschlucht; Danielsberg (Malltal, Karnten); Danisco-Wiese; Deponie Klausdorf; Die Wuhle; DIPOL; Dorset Environmental Records Centre – Dorset SSSI Species Records 1952 - 2004 (Natural England); EcoRecord – Natural England’s Scientific Files; EcoRecord – Wildlife Trust for Birmingham and the Black Country Surveys; Entdeckertour am Muldestausee 1/05; Entdeckertour am Muldestausee; Environmental Records Information Centre North East – ERIC North East non-sensitive species records; Environmental Records Information Centre

North East – ERIC North East sensitive species records; Eppingen und Umgebung; Faberpark (Narnberg/Stein); Fahrenried (Fronreute und Baidt); Fels-und Weinbergflächen in Hatzenport/Terrassenmosel; Feriendorf des Kreises Groay-Gerau Ober-Seemen/Gedern; Feriendorf des Kreises Groay-Gerau/Ober-Seemen; Feuchtwiese Grane Mitte, Klasse 5a; Feuerlaschteich, Wald und Danen in den Holmer Sandbergen; FFH-Gebiet “Calwer Heckengau”; FFH-Gebiet Ahrbachtal; Fliegenhaupt Marksuhl; Flusswerder in der Weser (Hameln); Freiburger GEO-Tag der Artenvielfalt am Moosweiher in Freiburg und im angrenzenden Mooswald; Freiburger Netzwerk Artenvielfalt; Freiburger Tag der Artenvielfalt; Freigelande Naturschutzscheune Reinheimer Teich (Kreis Darmstadt-Dieburg); Fuldaue (Stadtgebiet Fulda); Garten in Schmalln; GE-Brahl; Gelände des IVL (Zeckern); Gemeinde Sursee; Generalitat Valenciana Banco de Datos de la Biodiversidad de la Comunitat Valenciana; GEO Biodiversity Day; GEO-Hauptveranstaltung (Insel Vilm); GEO-Hauptveranstaltung (NLP Harz / Hochharz); GEO-Hauptveranstaltung im Nationalpark Bayerischer Wald; GEO-Hauptveranstaltung in “Wildtierland”; GEO-Tag in Eberbach; Geo-Tag der Artenvielfalt Saayen Hornwiesen-Grundschule; Goethe-Hauptschule/Projekt I-10; Greater Manchester Ecology Unit – General Records from the City of Manchester; Haarbach Hafe; Hainbachtal in Oelsnitz/V; Hamberger Bracke / Warmtal (Pforzheim); Heidesee / Halle; Herrensee-Gebiet (Fischbachtal im Odenwald); Hessen-GEO-Tag am Schlossberg von Homberg/Efze; Highland Biological Recording Group – HBRG Insects Dataset; Himmelmoor; Hintere Halde; Hoher Stein Kallenhardt; Hymenoptera Collection of the Finnish Museum of Natural History; Hymenoptera specimen database of Kyushu University; Ibaraki Nature Museum, Arthropoda Collection (1); Illinois Natural History Survey; Inatura – Erlebnis Naturschau Dornbirn; Industriegebiet (Kempen); Insects Collection of the Ghent University Zoology Museum; Insekten; Insektenvielfalt Ahe/Weichelsee; Integrierte Gesamtschule Flensburg Wiemoosgraben; Inventaire national du Patrimoine naturel (INPN); Invertebrata Collection of Institute of Systematics and Evolution of Animals; Jahre Naturschutzgebiet Dreienberg; Junge Heide, Radebeul/Dresden; Kahmark bei Wetzlar; Kaste Wismar-Wendorf bis Hoben; Kiesbagger (Mittelhausen); Kiesgruben Wemb; Kinderbauernhof Pinke-Panke; Klasse 3a; Kloster Eberbach; Klutensee; Kochertgraben II; Kohlstattbrunnental; Kuhwiese Beerentaltrift (Hamburg/ Harburg); LaBoOb02; Landschaftspflegehof (Berlin); Landschaftsschutzgebiet “Holmer Sandberge”; Landschaftsschutzgebiet Buchhorst 3; Landschaftsschutzgebiet Eulenkopf (VG Otterbach); Langenberger Forst am Ochsenweg/ Nieball-Leck; Langes Tannen (Uetersen); Lassentiner Moor (Niepars); Laubenheimer Bodenheimer Ried – von Stromtalwiesen und Flutrasen; Laubmischwald bei der Internationalen Grundschule Potsdam; Laubwald Dreilandereck (Aachen/Vaals[NL]); Lebensraum Dorf; Lebensraum Fluay/Zwickauer Mulde in Wolkenburg; Lillachtal mit Kalktuffquelle bei Weiayenohe; Lothian Wildlife Information Centre – Lothian Wildlife Information Centre Secret Garden Survey; Lund Museum of Zoology – Insect Collections (MZLU); Lustadter Wald; Mainufer; Mangfalltal; Merseyside BioBank – Chris Felton’s notebooks; Merseyside BioBank – Merseyside Environmental Advisory Service Dataset; Merseyside BioBank – Steve White’s Dataset; Miaymahlsche Anlage; Museu de Ciencies Naturals, Zoologia, Barcelona; Museum of Zoology, University of Navarra; NABU Naturschutzhof Nettetal (Sassenfeld) e.V.; National System of Protected Areas in Poland – Animals; National Trust – Anglesey Abbey Wildlife Species Data held by The National Trust; National Trust – Hatfield Forest Species Data held by The National Trust; National Trust – Ickworth Species Data held by The National Trust; National Trust – Sutton Hoo Species Data

held by The National Trust; National Trust – Wicken Fen Nature Reserve Species Data held by The National Trust; Natural England – Invertebrate Site Register – England; Natural History Museum Rotterdam; Naturpark Kottenforst-Ville Sammelaktion 15-19.6; Naturschutzgebiet Barstig bei Hallstadt; Naturschutzgebiete um das Christliche-Spalatin-Gymnasium Altenburg; Neanderthal; Neckartalsadhang (Horb); NSG Berschau – Auengebiet (Neustadt / Wied); Olympiapark (Manchen); Ostfriesland; Peabody Entomology DiGIR Service; Philosophenwald und Wieseckau in Geiayen; Pilstingermoos; Plawener Wald; Promberg1; Queen Victoria Museum Art Gallery provider for OZCAM; Rackkehr der Biber in Rheinland-Pfalz – Biber in der Primmerbach; Raus in die Natur; Rechts des Inn Hahe Hofau Rosenheim; Regionalpark(Hattersheim); Reifrocknarzissenwiese Lacknitz; Renaturierter Main (Kemmer bei Bamberg); Riedensee; Rohrmeistereiplateau und angrenzendes Gebiet; Rosarium (LMS), Klasse 6a; Roter Berg Werdau (Leubnitz); Royal Horticultural Society – RHS monitoring of native and naturalised plants and animals at its gardens and surrounding areas; Rund um den Eichwald,Schulhof Friedrich Frabel Gymnasium – Bad Blankenburg; Rund um den Hainbergsee; Rund ums Ä-kohaus (Warzburg); Sadwestlich der Parkwiesen; Sahrachtal Kreis Ahrweiler; Schanzenanlage Bergham; Schieferbrache; Schlichemquelle (Tieringen/ Meaystetten); Schriesheimer Steinbruch; Schule Sulzbach (Oberegg); Schulgarten Am Hafen; Schulgarten der Volksschule; Schulgarten Huttenheim (Philippsburg/Baden); Schulgarten Janusz-Korczak-Realschule; Schulgarten mit Klasse 8a (Essen); Schulgarten Waldorfschule Hassfurt; Schulgarten-St.-Georg-Gymnasium; Schulgelände des Schulzentrums am Himmelsberg; Schulgelände Dientzenhofer-Gymnasium (Bamberg); Schulgelände Gebrader-Grimm-Schuleund Umgebung (Lingen); Schulgelände IGS Kaufungen; Schulgelände Kranich-Gymnasium (Salzgitter); Schulgelände Regelschule Gorndorf/ Umgebung Jugend-und Stadtteilzentrum Gorndorf; Schulgelände Schule auf der Aue, Manster; Schulhof A-Lindgren-Schule (Elmshorn); Schulhof (Bad Waldsee); Schulhof der Astrid-Lindgren-Schule und Umgebung (Elmshorn); Schulhof und Anlagensee in Nellingen; Schulwald Marksuhl; Schulwald Sprendlingen; Schwanseepark (87645 Schwangau); Schwarzes Teich (Waldpark Radebeul); Scottish Wildlife Trust – Commissioned Surveys and Staff Surveys and Reports for SWT Reserves; Shire Group of Internal Drainage Boards – Shire Group IDB species data 2004 to Present; Shropshire Ecological Data Network – Shropshire Ecological Data Network Database; South African Museum Collection; Spieaywoogtal / Kanigsbruch (Fischbach); Stadt Kanigs Wusterhausen; Stadtpark Herzberg (Elster); Stadtpark Sulzbach-Rosenberg; Staffordshire Ecological Record – SER Site-based Surveys and Species-based Surveys; Stausee (Oberdigisheim/ Meaystetten); Steinachtal (Warzburg); Steinberg in Heidelberg-Handschuhsheim/Falgen; Steinbruch Haas Stuttgart-Manster; Steinbruch Mainz-Weisenu; Streuobstwiese Haus Zeitz; Streuobstwiese Kattenhund (Schleswig); Streuobstwiese Kugelberg (Ulm); Streuobstwiese/Naturerlebnisraum Koppelsberg (Plan); Suffolk Biological Records Centre – Suffolk Biological Records Centre (SBRC) dataset; Sukzession Industriebrache; Thames Valley Environmental Records Centre – Local Wildlife Site Surveys Berkshire and Oxfordshire; The Norwegian Species Observation Service – Invertebrates; Trockenrasen Franzigmark (Halle/Saale); Trockenrasen und Buchenwald in der Umgebung der Jugendherberge Bad Blankenburg; Truppenabungsplatz Panzerkaserne Bablingen; Tullie House Museum – Tullie House Museum Natural History Collections; Tullie House Museum – Tullie House Museum Invertebrate Records other than Lepidoptera Pre-2009 for Cumbria; Umgebung der Elsa-Brandstram-Schule (Krackaupark); Umgebung der Gesamtschule

Winterhude (Hamburg); Umgebung von Schorndorf; Unna-Mahlhausen, Wiesen; Unser kleines Rasenstück/ Darer-Gymnasium Narnberg; Unser Schulgelände; Unter hellen Zinnen und finsternen Grotten; Urwald 2 (Bad Waldsee); Verwilderter Hausgarten mit angrenzendem Gelände (Laufenburg-Hochsal); Wald am Schloss Wittgenstein Bad Laasphe; Wald und Wiese am Buchwald; Walder im Hainbachtal; Waldfläche im Natur-Erlebnis-Pfad Pfinztal; Waldstück am Schullandheim Bad Bederkesa; Waldstück Bremerhagen LK Bio Kl. 12; Waldwanderung in Monschau-Matzenich-Boverei; Walldorf-Wiesloch; Wanderweg am Windebyer Noor (bei Eckernförde); Weidenhattendorf an der Warm (Manchen); Weidewirtschaft; Weinberge und angrenzende Felsflächen (Drieschen) in Hatzenport/Terrassenmosel; Werremandung im Schwarzatal; Wiese am Waldrand (Gurtweil); Wiesenbiotop am Wasserturm; Wir erkunden die Hofau, Klasse 5c; Wirbach-Taubental (Bad Blankenburg); Wismar Bucht coast-watching; ZFMK Hymenoptera collection; Zitadelle Berlin-Spandau (7b); Zoo Frankfurt; Zwickau-Schwanenteich.

REFERÊNCIAS

- BEEKMAN, M.; LINGEMAN, R.; KLEIJNE, F. M. & SABELIS, M. W. "Optimal Timing of the Production of Sexualls in Bumblebee Colonies". *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88(2): 147-154, 1998.
- BEYER, H. L. "Hawth's Analysis Tools for ESRI's ArcGIS (v3.26)". 2006. Disponível em: <<http://www.spatial ecology.com/htools>>. Acesso em: 5 jan. 2010.
- BUCHMANN, S. "Buzz Pollination in Angiosperms". In: JONES, C. & LITTLE, R. (Eds.). *Handbook of Experimental Pollination Biology*. New York, Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1983, pp. 1-274.
- CHAPMAN, R. E.; WANG, J. & BOURKE, A. F. G. "Genetic Analysis of Spatial foraging Patterns and Resource Sharing in Bumble Bee Pollinators". *Molecular Ecology*, 12(10): 2801-2808, 2003.
- COELHO, F. F. & DE MARCO, P. "A Time *Bombus* about To Blow: World-Wide *Bombus terrestris* invasion". In: VII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2006, CD-ROM.
- DAFNI, A. "The Threat of *Bombus terrestris* Spread". *Bee World*, 79(3): 113-114, 1998.
- DAFNI, A.; KEVAN, P.; GROSS, C. & GOKA, K. "*Bombus terrestris*, Pollinator, Invasive and Pest: an Assessment of Problems Associated with Its Widespread Introductions for Commercial Purposes". *Applied Entomology and Zoology*, 45(1) 101-113, 2010.
- DAFNI, A.; SHMIDA, A. "The possible Ecological Implications of the Invasion of *Bombus terrestris* (L) (Apidae) at Mt Carmel, Israel". In: MATHESON, A.; BUCHMANN, S. L.; O'TOOLE, C.; WESTRICH, P. & WILLIAMS, I. H. (Eds.). *The Conservation of Bees*. London, Academic Press, 1996.
- DONOVAN, B. "Interactions between Native and Introduced Bees in New Zealand". *New Zealand Journal of Ecology*, 3: 104-116, 1980.
- ELITH, J.; GRAHAM, C. H.; ANDERSON, R. P.; DUDKIN, M.; FERRIER, S.; GUISAN, A.; HIJMANS, R. J.; HUETTSMANN, F.; LEATHWICK, J. R. & LEHMANN, A. "Novel Methods Improve Prediction of Species' Distributions from Occurrence Data". *Ecography*, 29(2): 129-151, 2006.

- ESRI. "ArcMap 9.2". USA, Environmental Systems Research Institute, 2006.
- EVANGELISTA, P.; KUMAR, S.; STOHLGREN, T.; JARNEVICH, C.; CRALL, A.; NORMAN III, J. & BARNETT, D. "Modelling Invasion for a Habitat Generalist and a Specialist Plant Species". *Diversity and Distributions*, 14(5): 808-817, 2008.
- FICETOLA, G.; THUILLER, W. & MIAUD, C. "Prediction and Validation of the Potential Global Distribution of a Problematic Alien Invasive Species – the American Bullfrog". *Diversity and Distributions*, 13(4): 476-485, 2007.
- FREE, J. B. *Insect Pollination of Crops*. 2. ed. London, Academic Press, 1993.
- FREITAS, B. M.; MARTINS, C. F. & SCHLINDWEIN, C. *Bee Management for Pollination Purposes – Bumblebees and Solitary Bees*. Ministry of Environment – São Paulo University, 2003. Disponível em: <<http://webbee.org.br/bpi/breno.htm>>. Acesso em: 2 jul. 2010.
- GAULD, I. D.; COLLINS, M. N. & FITTON, M. G. *The Biological Significance and Conservation of Hymenoptera in Europe*. Strasbourg, Council of Europe, 1990.
- GLC. "The Global Land Cover for the Year 2000". 2003. Disponível em: <<http://www-gvm.jrc.it/glc2000/defaultGLC2000.htm>>. Acesso em: 5 jan. 2009.
- GOKA, K. "The European Bumblebee *Bombus terrestris* and Invasive Alien Species Act". *The Nature and Insects*, 41(12): 22-26, 2006.
- GOULSON, D. "Effects of Introduced Bees on Native Ecosystems". *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 34: 1-26, 2003.
- _____. *Bumblebees – Behaviour and Ecology*. 2. ed. Oxford, Oxford University Press, 2010.
- GOULSON, D. & HANLEY, M. E. "Distribution and Forage Use of Exotic Bumblebees in South Island, New Zealand". *New Zealand Journal of Ecology*, 28(2): 225-232, 2004.
- GOULSON, D.; HUGHES, W. O. H.; DERWENT, L. C. & STOUT, J. C. "Colony Growth of the Bumblebee, *Bombus terrestris*, in Improved and Conventional Agricultural and Suburban Habitats". *Oecologia*, 130(2): 267-273, 2002.
- GOULSON, D.; LYE, G. C. & DARVILL, B. "Decline and Conservation of Bumble Bees". *Annual Review of Entomology*, 53: 191-208, 2008.
- GOULSON, D. & STOUT, J. C. "Homing Ability of the Bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae)". *Apidologie*, 32(1): 105-111, 2001.
- GRIFFITHS, D. "A Critical Study on the Introduction onto Mainland Australia of the Bumblebee *Bombus terrestris* for the Commercial Pollination of Protected Tomato and Other Crops". *Practical Hydroponics and Greenhouses*, 77: 42-59, 2004.
- HASSELROT, T. "Studies on Swedish Bumblebees (genus *Bombus* Latr.): Their Domestication and Biology". *Opuscula Entomologica*, XVII: 1-192, 1960.
- HEINRICH, B. *Bumblebee Economics*. Cambridge, Harvard University Press, 1979.
- HERNANDEZ, P.; GRAHAM, C.; MASTER, L. & ALBERT, D. "The Effect of Sample Size and Species Characteristics on Performance of Different Species Distribution Modeling Methods". *Ecography*, 29(5): 773-785, 2006.
- HIJMANS, R.; CAMERON, S.; PARRA, J.; JONES, P. & JARVIS, A. "Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas". *International Journal of Climatology*, 25(15): 1965-1978, 2005.
- HINGSTON, A. B. "Does the Introduced Bumblebee, *Bombus terrestris* (Apidae),

- Prefer Flowers of Introduced or Native Plants in Australia?”. *Australian Journal of Zoology*, 53(1): 29-34, 2005.
- HINGSTON, A. B. *et al.* “Extent of Invasion of Tasmanian Native Vegetation by the Exotic Bumblebee *Bombus terrestris* (Apoidea: Apidae)”. *Austral Ecology*, 27(2): 162-172, 2002.
- HINGSTON, A. B.; HERRMANN, W. & JORDAN, G. J. “Reproductive Success of a Colony of the Introduced Bumblebee *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) in a Tasmanian National Park”. *Australian Journal of Entomology*, 45: 137-141, 2006.
- HOLM, S. N. “Experiments on the Domestication of Bumblebees (*Bombus* Latr.) in Particular *B. lapidarius* and *B. terrestris* L.”. *K. Vet. Landbhojsk*, n. 1-19, 1960.
- HOWLETT, B. & DONOVAN, B. “A Review of New Zealand’s Deliberately Introduced Bee Fauna: Current Status and Potential Impacts”. *New Zealand Entomologist*, 33(1): 92-101, 2010.
- INARI, N.; NAGAMITSU, T.; KENTA, T.; GOKA, K. & HIURA, T. “Spatial and Temporal Pattern of Introduced *Bombus terrestris* Abundance in Hokkaido, Japan, and Its Potential Impact on Native Bumblebees”. *Population Ecology*, 47(1): 77-82, 2005.
- INOUE, M. N.; YOKOYAMA, J. & WASHITANI, I. “Displacement of Japanese Native Bumblebees by the Recently Introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera : Apidae)”. *Journal of Insect Conservation*, 12(2): 135-146, 2008.
- INOUE, D. “The Terminology of Floral Larceny”. *Ecology*, 61(5): 1251-1253, 1980.
- KADOYA, T.; ISHII, H. S.; KIKUCHI, R.; SUDA, S. & WASHITANI, I. “Using Monitoring Data Gathered by Volunteers To Predict the Potential Distribution of the Invasive Alien Bumblebee *Bombus terrestris*”. *Biological Conservation*, 142(5): 1011-1017, 2009.
- KANBE, Y.; OKADA, I.; YONEDA, M.; GOKA, K. & TSUCHIDA, K. “Interspecific Mating of the Introduced Bumblebee *Bombus terrestris* and the Native Japanese Bumblebee *Bombus hypocrita sapporoensis* Results in Inviabile Hybrids”. *Naturwissenschaften*, 95(10): 1003-1008, 2008.
- KEARNS, C. & THOMSON, J. *The Natural History of Bumblebees: a Sourcebook for Investigations*. Boulder, University Press of Colorado, 2001.
- KONDO, N.; YAMANAKA, D.; KANBE, Y.; KUNITAKE, Y.; YONEDA, M.; TSUCHIDA, K. & GOKA, K. “Reproductive Disturbance of Japanese Bumblebees by the Introduced European Bumblebee *Bombus terrestris*”. *Naturwissenschaften*, 96(4): 467-475, 2009.
- KRAUS, F.; WOLF, S. & MORITZ, R. “Male Flight Distance and Population Substructure in the Bumblebee *Bombus terrestris*”. *Journal of Animal Ecology*, 78(1): 247-252, 2009.
- KUUSIK, A.; MARTIN, A. J.; MAND, M.; HIIESAAR, K.; METSPALU, L. & TARTES, U. “Interrelations of Gas Exchange Cycles, Body Movements and Heartbeats in the Foragers of Bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera : Apidae) at Low Temperatures”. *European Journal of Entomology*, 99(2): 209-214, 2002.
- LUOTO, M.; PÖYRY, J.; HEIKKINEN, R. & SAARINEN, K. “Uncertainty of Bioclimate Envelope Models Based on the Geographical Distribution of Species”. *Global Ecology and Biogeography*, 14(6): 575-584, 2005.
- McCLAY, A. “Climex® Models to Predict the Potential Naturalized Range of the European Bumblebee *Bombus terrestris* (L.) in Mainland Australia”. Report prepared for the Australian Hydroponic and Greenhouse Assoc, 2005.

- MACFARLANE, R. & GURR, L. "Distribution of Bumble Bees in New Zealand". *New Zealand Entomologist*, 18: 29-36, 1995.
- MATSUMURA, C.; YOKOYAMA, J. & WASHITANI, I. "Invasion Status and Potential Ecological Impacts of an Invasive Alien Bumblebee, *Bombus terrestris* L.(Hymenoptera: Apidae) Naturalized in Southern Hokkaido, Japan". *Global Environmental Research*, 8(1): 51-66, 2004.
- MEDLEY, K. "Niche Shifts during the Global Invasion of the Asian Tiger Mosquito, *Aedes albopictus* Skuse (Culicidae), Revealed by Reciprocal Distribution Models". *Global Ecology and Biogeography*, 19(1): 122-133, 2010.
- MORALES, C. "Introducción de Abejorros (*Bombus*) No Nativos: Causas, Consecuencias Ecológicas y Perspectivas". *Ecología Austral*, 17: 51-65, 2007.
- MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M. & KEVAN, P. G. "Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) Activity and Pollination Levels in Commercial Tomato Greenhouses". *Journal of Economic Entomology*, 94(2) 462-467, 2001a.
- MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M.; KEVAN, P. G.; KHOSLA, S. & SHIPP, L. "Bumble Bee (Hymenoptera: Apidae) Activity and Loss in Commercial Tomato Greenhouses". *Canadian Entomologist*, 133(6): 883-893, 2001b.
- PHILLIPS, S.; ANDERSON, R. & SCHAPIRE, R. "Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions". *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231-259, 2006.
- PHILLIPS, S. & DUDÍK, M. "Modeling of Species Distributions with Maxent: New Extensions and a Comprehensive Evaluation". *Ecography*, 31(2): 161-175, 2008.
- PLISCHUK, S. & LANGE, C. "Invasive *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) Parasitized by a Flagellate (Euglenozoa: Kinetoplastea) and a Neogregarine (Apicomplexa: Neogregarinorida)". *Journal of Invertebrate Pathology*, 102(3): 263-265, 2009.
- PROCTOR, M.; YEO, P. & LACK, A. *The Natural History of Pollination*. Oregon, Timber Press, 1996.
- RÖDDER, D.; SCHMIDTLEIN, S.; VEITH, M. & LÖTTERS, S. "Alien Invasive Slider Turtle in Unpredicted Habitat: a Matter of Niche Shift or of Predictors Studied?". *PLoS One*, 4(11): e7843, 2009.
- RUZ, L. "Bee Pollinators Introduced to Chile: a Review". In: KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. (Eds.). *Pollinating Bees – the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, pp. 155-167.
- RUZ, L. & HERRERA, R. "Preliminary Observations on Foraging Activities of *Bombus dahlbomii* and *Bombus terrestris* (Hym: Apidae) on Native and Non-native Vegetation in Chile". *Acta Horticulturae*, 561: 165-169, 2001.
- SCHMID-HEMPEL, P.; SCHMID-HEMPEL, R.; BRUNNER, P. C.; SEEMAN, O. D. & ALLEN, G. R. "Invasion Success of the Bumblebee, *Bombus terrestris*, Despite a Drastic Genetic Bottleneck". *Heredity*, 99: 414-422, 2007.
- SEMMENS, T. D.; TURNER, E. & BUTTERMORE, R. "*Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) Now Established in Tasmania". *Journal of the Australian Entomological Society*, 32: 346, 1993.
- STOUT, J. C.; ALLEN, J. A. & GOULSON, D. "The Influence of Relative Plant Density and Floral Morphological Complexity on the Behaviour of Bumblebees". *Oecologia*, 117(4): 543-550, 1998.
- SWETS, J. "Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems". *Science*, 240(4857): 1285-1293, 1988.

- TORRETTA, J. P.; MEDAN, D. & ARAHAMOVICH, A. H. "First Record of the Invasive Bumblebee *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in Argentina". *Transactions of the American Entomological Society*, 132(3-4): 285-289, 2006.
- VÁCLAVÍK, T. & MEENTEMEYER, R. "Invasive Species Distribution Modeling (iSDM): Are Absence Data and Dispersal Constraints Needed to Predict Actual Distributions?". *Ecological Modelling*, 220(23): 3248-3258, 2009.
- VELTHUIS, H. H. W. & COBB, L. "Pollination of *Primula* in a Greenhouse Using Bumblebees". *Acta Horticulturae*, 288: 199-203, 1991.
- VELTHUIS, H. H. W. & VAN DOORN, A. "A Century of Advances in Bumblebee Domestication and the Economic and Environmental Aspects of Its Commercialization for Pollination". *Apidologie*, 37(4): 421-451, 2006.
- WALTHER-HELLWIG, K. & FRANKL, R. "Foraging Habitats and Foraging Distances of Bumblebees, *Bombus* spp. (Hym., Apidae), in an Agricultural Landscape". *Journal of Applied Entomology*, 124(7-8): 299-306, 2000.
- WESTERKAMP, C. "Honeybees Are Poor Pollinators – Why?". *Plant Systematics and Evolution*, 177(1): 71-75, 1991.
- WILSON, P.; THOMSON, J. D. "Heterogeneity among Floral Visitors Leads to Discordance between Removal and Deposition of Pollen". *Ecology*, 72(4): 1503-1507, 1991.
- WINTER, K.; ADAMS, L.; THORP, R.; INOUE, D.; DAY, L. & ASCHER, J. "Importation of Non-native Bumble Bees into North America: Potential Consequences of using *Bombus terrestris* and Other Non-native Bumble Bees for Greenhouse Crop Pollination in Canada, Mexico, and the United States". *White Paper of the North American Pollinator Protection Campaign (NAPPC)*. pp.1-31, 2006. Disponível em: <http://www.pollinator.org/resources.BEEIMPORTATION_AUG2006.pdf>.
- WOLF, S. & MORITZ, R. F. A. "Foraging Distance in *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae)". *Apidologie*, 39(4): 419-427, 2008.
- ZURBUCHEN, A.; LANDERT, L.; KLAIBER, J.; MÜLLER, A.; HEIN, S. & DORN, S. "Maximum Foraging Ranges in Solitary Bees: Only Few Individuals Have the Capability to Cover Long Foraging Distances". *Biological Conservation*, 143(3): 669-676, 2010.



17. Impacto de Mudanças Climáticas em Abelhas Solitárias: Um Estudo de Caso Envolvendo Duas Espécies de *Centris*

Tereza Cristina Giannini, André Luis Acosta, Antonio Mauro Saraiva, Isabel Alves-dos-Santos, Carlos Alberto Garófalo

INTRODUÇÃO

As abelhas solitárias não vivem em colônias com divisões de castas (operárias e rainha): a fêmea funda seu próprio ninho sozinha e morre antes de sua cria nascer, não havendo contato entre as gerações. A maioria das abelhas é solitária e exhibe esse modo de vida. Elas são consideradas fundamentais para a polinização de muitas espécies vegetais, incluindo culturas agrícolas (Winfrey *et al.*, 2008).

Abelhas do gênero *Centris* Fabricius, 1804 (Hymenoptera, Apidae) possuem hábitos de nidificação bastante variados, com a maioria das espécies nidificando no solo, algumas em termiteiros e muitas outras em cavidades preexistentes (Michener e Lange, 1958; Coville *et al.*, 1983; Rozen e Buchmann, 1990; Camillo *et al.*, 1993, 1995; Morato *et al.*, 1999; Pereira *et al.*, 1999; Vieira-de-Jesus e Garófalo, 2000; Gaglianone, 2001; Silva *et al.*, 2001; Aguiar e Gaglianone, 2003; Rêgo *et al.*, 2006; Drummond *et al.*, 2008). Espécies desse gênero, todas solitárias, ocorrem apenas nas Américas, desde regiões muito áridas até florestas úmidas equatoriais (Zanella, 2002). Elas são especializadas em coleta de óleos florais, utilizam tais recursos na construção dos ninhos, bem como na alimentação das larvas, e são consideradas os principais polinizadores das plantas fornecedoras daqueles recursos (Vogel, 1974; Coville *et al.*, 1983; Simpson, 1989; Vinson *et al.*, 1996, 1997, 2006; Pereira *et al.*, 1999; Vieira-de-Jesus e Garófalo, 2000; Aguiar e Garófalo, 2004; Aguiar *et al.*, 2006). Essas abelhas possuem modificações nas pernas para coletar, manipular e transportar o óleo, que geralmente são relacionadas aos diferentes tipos de glândulas secretoras exibidas pelas plantas (Vogel, 1974; Neff e Simpson, 1981). Estima-se que mais de 1 800 espécies de plantas, de nove famílias, ofereçam óleo floral como recurso, sendo Malpighiaceae a família mais importante (Alves-dos-Santos *et al.*, 2007).

Os objetivos do presente trabalho consistiram em caracterizar as áreas de ocorrência atual de duas espécies de abelhas do gênero *Centris* e analisar o impacto das mudanças climáticas futuras através da modelagem de distribuição geográfica de espécies. Essa técnica tem sido aplicada com sucesso nesse tipo de análise (Franklin, 2009).

METODOLOGIA EMPREGADA

Foram analisadas as características das ocorrências de duas espécies de *Centris*, *analys* e *trigonoides*, que apresentam distribuição neotropical. Para *C. analys* foram utilizados 129 pontos de ocorrência, e para *C. trigonoides*, 123. As fontes dessas ocorrências estão listadas no Anexo 1.

Para a caracterização das áreas de ocorrência atual, foram utilizadas camadas de altitude e de variáveis bioclimáticas com resolução de 2,5 minutos de arco baseadas em dados de temperatura e precipitação dos últimos cinquenta anos (Hijmans *et al.*, 2005). Além disso, foi utilizada também uma base de dados de biomas terrestres (Olson *et al.*, 2001).

Para a modelagem de distribuição, foram utilizadas as mesmas camadas de variáveis bioclimáticas citadas no parágrafo anterior com a mesma resolução. Os cenários futuros foram construídos a partir da projeção dessas variáveis executada pelo *Canadian Center for Climate Modelling and Analysis* (CCCMA-CGCM31) para 2050 e 2080, com um cenário mais moderado (A1B). Esse cenário considera uma série de aspectos econômicos, tecnológicos e sociais, tais como a introdução de outras fontes de energia, de tecnologias mais eficientes, e um declínio gradual da população a partir de 2050 (IPCC-AR3, 2001). Essa base de dados foi obtida no site do *International Centre for Tropical Agriculture* (Ciat) (Ramirez e Jarvis, 2008).

O algoritmo utilizado foi o Maxent (*Maximum Entropy*), que propõe estimar a distribuição dos organismos buscando atingir a distribuição da probabilidade que segue mais próxima a uma distribuição uniforme dos dados (Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2011). Esse algoritmo tem sido especialmente sugerido como um dos melhores para a execução de modelagem de distribuição com poucos pontos de ocorrência (Wisz *et al.*, 2008).

Foi utilizado o valor de *Area Under Curve* (AUC), uma medida frequentemente usada para estimar a qualidade do modelo (Fielding e Bell, 1997). Esse valor varia entre 0,5 e 1,0, sendo que 1,0 é considerado indicativo de uma perfeita previsão das áreas potenciais. Os resultados foram analisados pelo software ArcGIS 9.3 (ESRI Inc.).

RESULTADOS

A) Caracterização climática e ecológica das ocorrências atuais

A frequência das ocorrências de *C. analys* está associada predominantemente com áreas de floresta úmida e, em menor grau, com áreas de floresta seca, cerrado e áreas sazonalmente secas da caatinga no Nordeste do Brasil (Fig. 17.1). Já as ocor-

rências de *C. trigonoides* estão associadas às áreas de floresta úmida e sazonalmente secas em igual proporção, e em menor grau, às áreas de floresta seca.

No que se refere à altitude das ocorrências analisadas, ambas as espécies ocorrem predominantemente em baixas altitudes, sendo que a maioria dos pontos ocorreu entre 100m e 300m (Fig. 17.2).

Os valores extremos de temperatura dizem respeito às temperaturas obtidas no mês mais frio e no mais quente, enquanto os de precipitação estão associados ao mês mais úmido e seco (Fig. 17.3). Para ambas as espécies, as temperaturas resultantes variaram entre 0° e 30°C, sendo que no Hemisfério Norte os valores são ligeiramente mais elevados que no Hemisfério Sul. Em relação à precipitação do mês mais chuvoso, as ocorrências de *C. analis* resultaram em uma variação mais ampla (até 2000 mm) do que *C. trigonoides* (até 1800 mm), porém a variação entre os hemisférios foi mais acentuada para esta última. A variação de precipitação do mês mais seco também foi maior para *C. analis* do que para *C. trigonoides*, exibindo pouca variação em relação aos hemisférios.

A temperatura média anual e a precipitação anual das ocorrências podem ser observadas na Figura 17.4. As áreas de ambas as espécies apresentam médias anuais de temperatura que variam principalmente entre 17° e 28°C. Contudo, as maiores frequências de ocorrências, para ambas as espécies, são para áreas com temperaturas médias anuais de 26° e 27°C. Já em termos da precipitação anual, ambas as espécies ocorrem preponderantemente entre 600 mm e 2200 mm, sendo que *C. trigonoides* pode ocorrer em áreas com precipitação anual mais elevada (acima de 5000 mm por ano).

B) Cenários atual e futuro das áreas de ocorrência potencial

As áreas potenciais de ocorrência de acordo com a modelagem podem ser vistas na Figura 17.5; as cores mais quentes indicam maior probabilidade de ocorrência e as mais frias, menor. Os modelos apresentaram boa qualidade preditiva resultando em valores de AUC acima de 0,98.

Considerando o cenário atual de áreas potenciais de *C. analis* (Fig. 17.5A), observam-se maiores probabilidades de ocorrência associadas a algumas áreas do Brasil, da América Central e do sul do México. No Brasil, essas áreas estendem-se por quase todo o país, exceto áreas do Sul, noroeste e algumas áreas do Centro-oeste. Os cenários futuros apresentam maior fragmentação das áreas de ocorrência no Brasil, exibindo tendência de expansão para o noroeste da Amazônia no cenário de 2050, e fragmentação ainda mais acentuada no Nordeste no cenário de 2080, especialmente nos estados da Bahia, de Alagoas e de Sergipe. Em ambos os cenários, as áreas de maior probabilidade de ocorrência potencial deslocam-se também em direção ao Sul do Brasil, indicando que essas áreas se tornarão provavelmente mais adequadas à presença da espécie.

Em relação à *C. trigonoides*, as áreas potenciais de maior probabilidade de ocorrência no cenário atual (Fig. 17.5B) envolvem principalmente o Brasil, o norte e o noroeste da América do Sul, algumas áreas da América Central e o México (áreas ao sul e costa oeste). No Brasil, essas áreas estendem-se principalmente pela zona costeira e algumas áreas do Centro-oeste (sul do Goiás e Mato Grosso), indo até a Bolívia, e áreas do Sudeste (Minas Gerais e São Paulo). Nos cenários futuros, as áreas ao Norte, Centro-oeste e Sudeste do Brasil ficam crescentemente mais fragmentadas em 2050, e em 2080, a distribuição mais contínua situa-se principalmente no Nordeste.

Em todos os modelos, destaca-se uma área na Bahia com baixa probabilidade de ocorrência (cor azul escuro) que corresponde às áreas mais altas, aproximadamente associadas ao planalto Central. Além disso, essa área na Bahia representa uma transição entre os biomas caatinga e cerrado, com regiões intercaladas de floresta seca. Todos os modelos mostraram que a região que vai dessa área em direção ao oeste, envolve probabilidades médias e baixas de ocorrência. Nessa área, nenhum ponto de ocorrência foi encontrado nos levantamentos analisados, podendo indicar tanto a real ausência das espécies, quanto apenas a falta de informação sobre a região. Assim, uma coleta direcionada para confirmar a não ocorrência dessas espécies seria particularmente interessante.

DISCUSSÃO

Ainda existem lacunas de conhecimento sobre a distribuição geográfica de muitas espécies de abelhas, notadamente nas áreas tropicais (Feeley e Silman, 2011), e as espécies de *Centris* não são uma exceção. Um número maior de pontos de ocorrência, especialmente considerando-se a ampla distribuição das duas espécies de *Centris* analisadas, permitiria uma análise mais acurada dos resultados; principalmente no que diz respeito à região Centro-oeste do Brasil e a alguns países da América do Sul e Central.

Além disso, existem poucos estudos sobre o impacto de mudanças climáticas no Brasil. Um estudo pioneiro realizado com árvores do cerrado demonstrou que muitas espécies apresentaram redução de mais de 50% em suas áreas de distribuição geográfica (Siqueira e Peterson, 2003). Esses autores demonstraram que, dependendo do cenário analisado, entre 18 e 56 espécies de árvores não apresentaram área habitável nas projeções futuras. Já as variações de clima preditas para a Mata Atlântica incluem temperaturas mais quentes e menor variação sazonal, especialmente em relação à precipitação (Loiselle *et al.*, 2010). Os autores sugerem que tais mudanças poderão acarretar novas condições ambientais e conduzir a situações graves, a menos que os organismos possam se adaptar a essas novas condições.

As duas espécies de *Centris* analisadas apresentam distribuições em regiões eco-climáticas ligeiramente diferentes. Enquanto *C. trigonoides* apresentou frequências

semelhantes em áreas de floresta úmida e caatinga, *C. analis* apresentou predominância em áreas tropicais e em menor grau, floresta seca, cerrado e caatinga. O impacto das mudanças sobre os organismos que apresentam distribuições restritas a certos biomas, provavelmente, será diferente, mas ainda faltam outras análises comparativas que conduzam a conclusões mais precisas.

Alguns estudos enfatizam que as mudanças climáticas podem causar diferentes tipos de variações espaciais na distribuição geográfica das espécies e nem sempre essas variações se resumem em perda de áreas habitáveis no futuro. Por exemplo, outro tipo de impacto consiste na perda de correspondência entre as espécies que apresentam interações obrigatórias, como no estudo de Schweiger *et al.* (2008). Segundo os modelos analisados, o impacto das mudanças climáticas conduziria a uma mudança nas áreas de ocorrência de ambas as espécies, o que resultaria em um rompimento da possibilidade de interação entre elas. Outros autores sugeriram que é possível que haja rompimentos na correspondência temporal também, e não só espacial. De acordo com o modelo apresentado por Hegland *et al.* (2009), a relação entre polinizadores e plantas depende de uma regulação temporal, na qual as plantas florescem em épocas determinadas do ano e disponibilizam seus recursos ao longo do dia em associação com os ciclos apresentados por seus polinizadores. As mudanças globais poderiam ocasionar mudanças nesses ritmos, o que acarretaria consequências graves, tanto para as plantas (diminuição de produção de frutos e sementes devido à falta de polinização), quanto para os polinizadores (indisponibilidade e carência de recurso).

No caso de *Centris*, sua dependência de plantas produtoras de óleo poderia trazer consequências imprevisíveis dependendo do impacto que as mudanças globais terão também sobre essas espécies vegetais. Ainda são poucos os registros publicados sobre as interações do gênero *Centris* com plantas no Brasil (Schlindwein, 1998; Aguiar *et al.*, 2003; Gimenes e Lobão, 2006; Milet-Pinheiro e Schlindwein, 2008; Dórea *et al.*, 2009, 2010a, 2010b; Silva *et al.*, 2010), especialmente considerando-se o elevado número de espécies e sua ampla distribuição. A necessidade por mais dados de interação entre esses organismos e a construção de cenários que levem em conta essas interações se tornam fundamentais, como já foi demonstrado por Heikkinen *et al.* (2007) e, mais recentemente, por Pellissier *et al.* (2010).

Em especial, a fragmentação das áreas sugeridas pelos modelos obtidos também pode trazer outras consequências para as espécies analisadas. O tamanho mínimo das populações, que permite um fluxo gênico adequado entre os organismos, é fundamental para a sobrevivência da espécie, uma vez que populações muito pequenas podem apresentar grande perda de variabilidade genética (Gilpin e Soulé, 1986; Nunney e Campbell, 1993). Além disso, essa fragmentação pode ter também consequências graves sobre as plantas que dependem dessas espécies para polinização.

Concluindo, é necessário aumentar o conhecimento sobre as espécies, suas ocorrências e sobre padrões de interação com outros organismos para que seja possível

obter resultados mais robustos que viabilizem a sugestão de áreas para conservação. É fundamental compreender que as espécies não estão isoladas, mas fazem parte de sistemas dinâmicos que precisam ser mais bem compreendidos e, conseqüentemente, protegidos dos impactos das mudanças globais.

Fig. 17.1. Ocorrências de *Centris analis* e *C. trigonoides* em relação aos principais biomas das áreas analisadas.

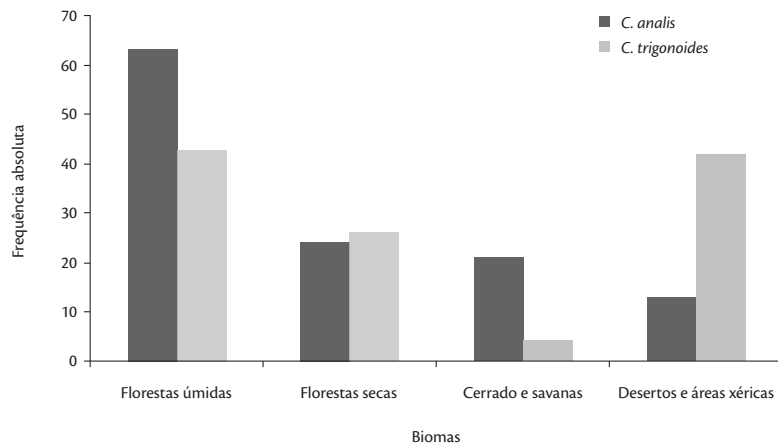


Fig. 17.2. Ocorrências de *C. analis* e *C. trigonoides* em relação à altitude.

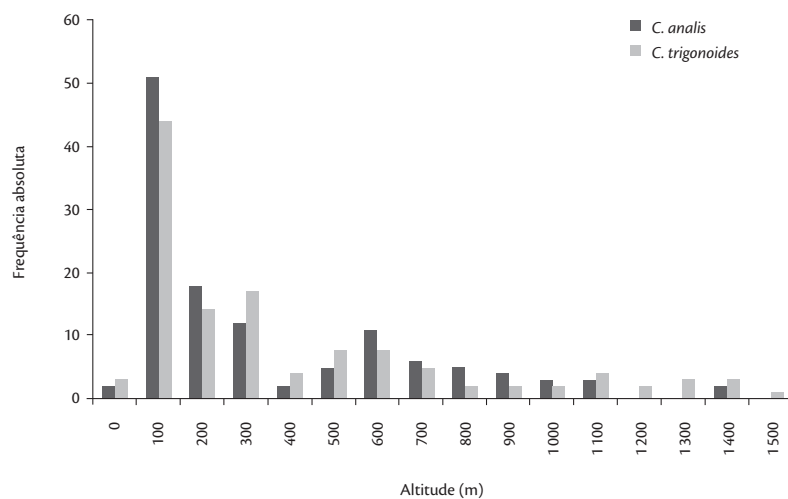


Fig. 17.3. Variação de temperatura dos meses mais quente e mais frio em relação à latitude das áreas de ocorrência de *C. analis* (A) e *C. trigonoides* (C); variação da precipitação dos meses mais seco e mais úmido em relação à latitude das ocorrências de *C. analis* (B) e *C. trigonoides* (D).

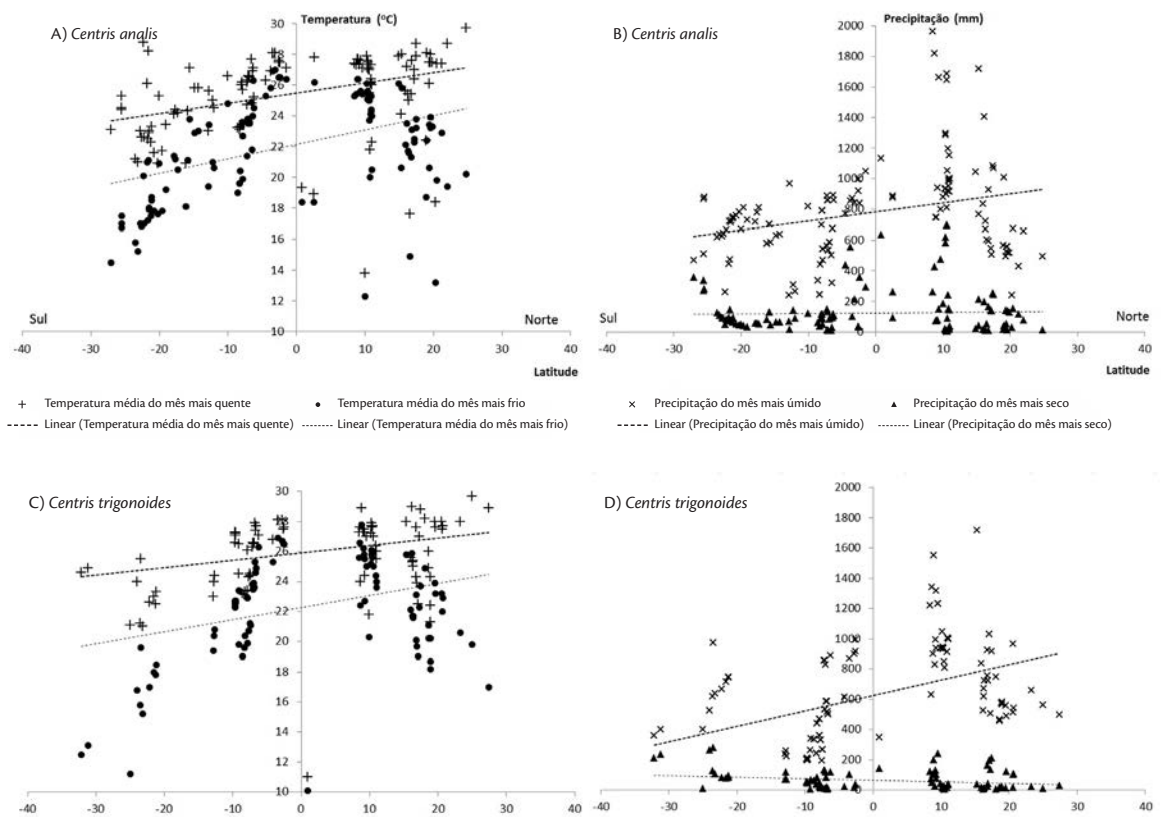


Fig. 17.4. Valores médios de temperatura anual (A) e precipitação anual (B) das ocorrências de *C. analis* e *C. trigonoides*.

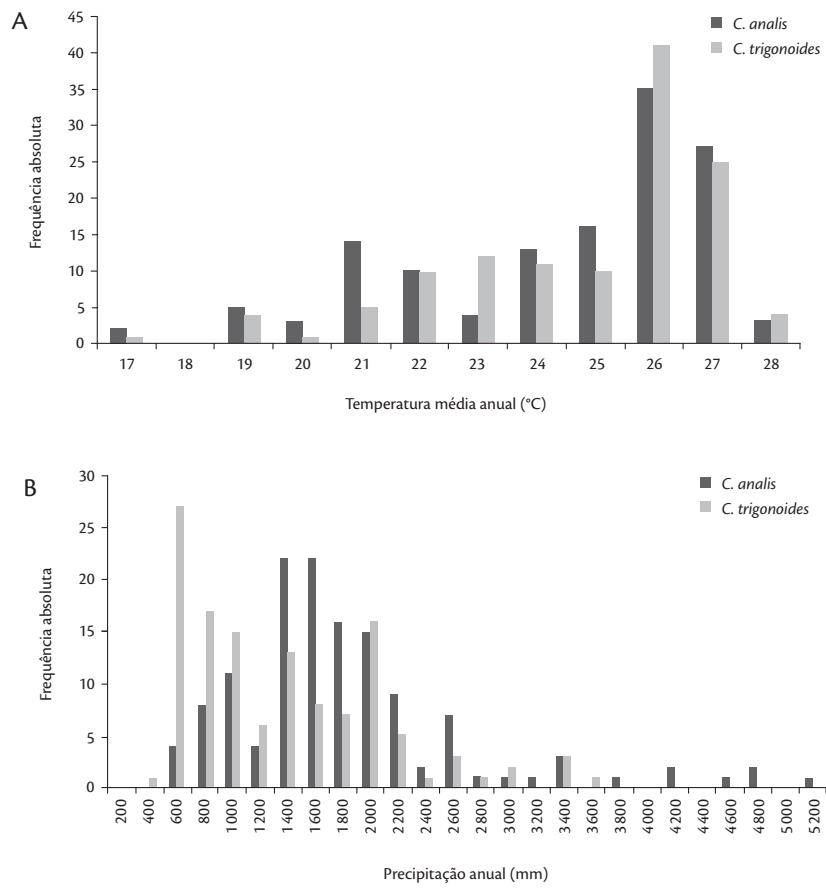
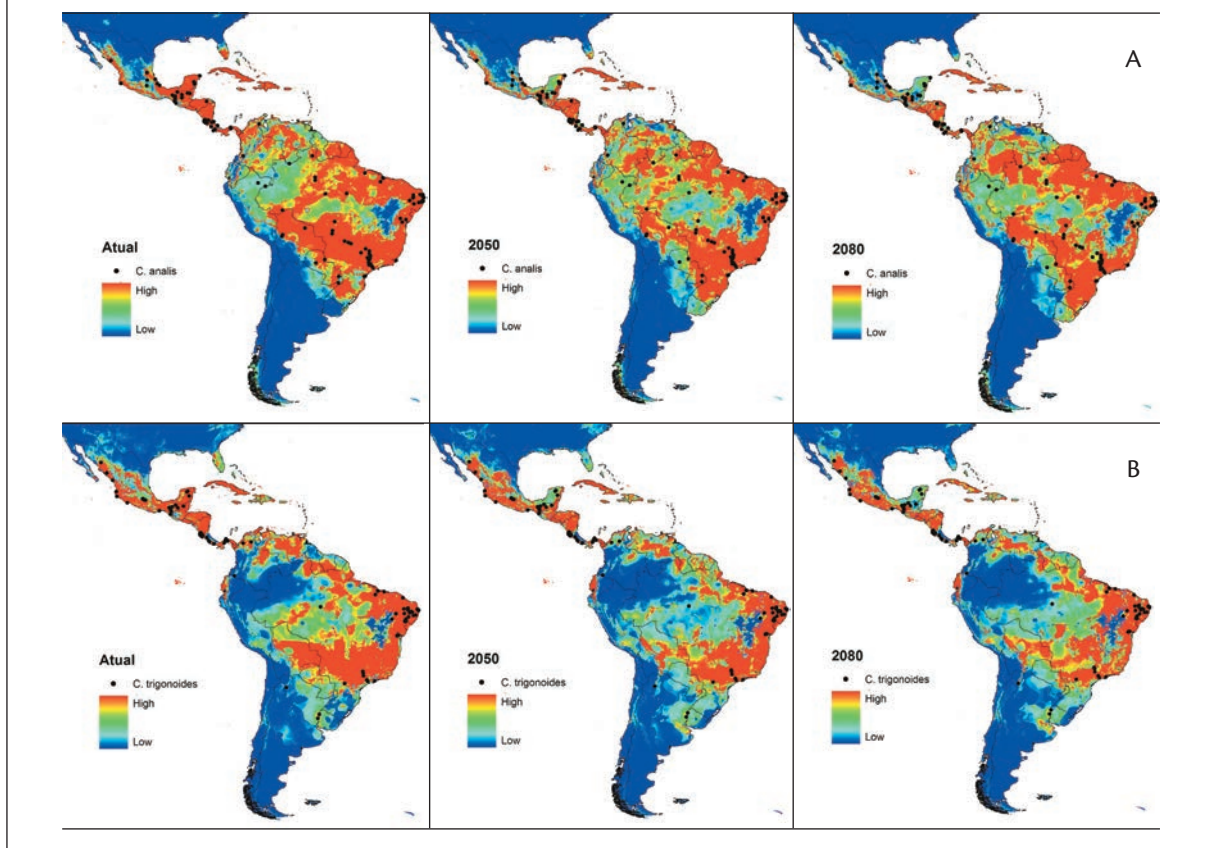


Fig. 17.5. Probabilidade de ocorrências potenciais para *Centris analis* (A) e *C. trigonoides* (B) nos cenários atual, para o ano 2050 e para o ano de 2080 considerando previsão moderada de mudanças climáticas (A1B).



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (proc. 575069/2008-2), à Fapesp (proc. 04/15801-0) e à Capes (proc. 3030-10-5) pelos apoios concedidos.

ANEXO 1

Provedores de dados consultados para obtenção de pontos de ocorrência e instituições onde os espécimes estão depositados

Discover Life: American Museum of Natural History; Rutgers University; University of Kansas. *Global Biodiversity environmental Facility (GBIF)*: Instituto Nacional de Biodiversidad (Costa Rica); University of Kansas Biodiversity Research Center; USDA-ARS Bee Biology and Systematics Laboratory.

speciesLink: Universidade Federal de Campo Grande (Lebic); Universidade Federal de Paraíba (DSEC); Universidade Federal de Pernambuco (Plebeia-UFPE); Universidade Federal de Paraná (DZUP-Hymenoptera); Universidade de São Paulo (Cepann-Ibusp).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. M. L. & GAGLIANONE, M. C. “Nesting Biology of *Centris (Centris) aenea* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20: 601-606, 2003.
- AGUIAR, C. M. L. & GARÓFALO, C. A. “Nesting Biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21: 477-486, 2004.
- AGUIAR, C. M. L.; GARÓFALO, C. A. & ALMEIDA, G. F. “Nesting Biology of *Centris (Hemisiella) trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini)”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(2): 323-330, 2006.
- AGUIAR, C. M. L.; ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F. & CARVALHO, C. “Plantas Visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para Obtenção de Recursos Florais”. *Neotropical Entomology*, 32(2): 247-260, 2003.
- ALVES-DOS-SANTOS, I.; MACHADO, I. C. & GAGLIANONE, M. C. “História Natural das Abelhas Coletoras de Óleo”. *Oecologia Brasiliensis*, 11: 544-557, 2007.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C. A. & SERRANO, J. C. “Hábitos de Nidificação de *Melitoma segmentaria*, *Centris collaris*, *Centris fuscata* e *Paratetrapedia gigantea* (Hymenoptera, Anthophoridae)”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 37: 145-156, 1993.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C. A.; SERRANO, J. C. & MUCCILLO, G. “Diversidade e Abundância Sazonal de Abelhas e Vespas Solitárias em Ninhos-Armadilha (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata)”. *Revista Brasileira de Entomologia*, 39: 459-470, 1995.
- COVILLE, R. E.; FRANKIE, G. W. & VINSON, S. B. “Nests of *Centris segregata* (Hymenoptera: Anthophoridae) with a Review of the Nesting of the Genus”. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 56: 109-122, 1983.
- DÓREA, M. C.; AGUIAR, C. M.; FIGUEROA, L. E. R.; LIMA, L. C. L. E. & SANTOS, F. A. R. “Pollen Residues in Nests of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in a Tropical Semiarid Area in NE Brazil”. *Apidologie*, 41(5): 557-567, 2010a.
- DÓREA, M. C.; AGUIAR, C. M. A.; FIGUEROA, L. E. R.; LIMA, L. C. L. E. & SANTOS, F. A. R. “Residual Pollen in Nests of *Centris analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in an Area of Caatinga Vegetation from Brazil”. *Oecologia australis*, 14: 232-237, 2010b.
- DÓREA, M. C.; SANTOS, F. A. R.; LIMA, L. C. L. E. & FIGUEROA, L. E. R. “Pollen Analysis of the Post-emergence Residue of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) Nests”. *Neotropical Entomology*, 38(2): 197-202, 2009.
- DRUMMONT, P.; SILVA, F. O. & VIANA, B. F. “Ninhos de *Centris (Heterocentris) terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em Fragmentos de Mata Atlântica Secundária, Salvador, BA”. *Neotropical Entomology*, 37(3): 239-246, 2008.

- ELITH, J.; PHILLIPS, S.; HASTIE, T.; DUDÍK, M.; CHEE, Y. & YATES, C. "A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists". *Diversity and Distributions*, 17: 43-57, 2011.
- FEELEY, K. J. & SILMAN, M. R. "The Data Void in Modeling Current and Future Distributions of Tropical Species". *Global Change Biology*, 17: 626-630, 2011.
- FIELDING, A. & BELL, J. "A Review of Methods for the Assessment of Prediction Errors in Conservation Presence/Absence Models". *Environmental Conservation*, 24(1): 38-49, 1997.
- FRANKLIN, J. *Mapping Species Distribution. Spatial Inference and Prediction*. New York, Cambridge Press, 2009.
- GAGLIANONE, M. C. "Nidificação e Forrageamento de *Centris (Ptilotopus) scopipes* Friese (Hymenoptera, Apidae)". *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(1): 107-117, 2001.
- GILPIN, M. E. & SOULÉ, M. E. "Minimum Viable Populations: Processes of Species Extinction. In: SOULÉ, M. (Ed.). *Conservation Biology: the Science of Scarcity and Diversity*. Massachusetts, Sinauer, 1986, pp. 19-34.
- GIMENES, M. & LOBÃO, C. "A Polinização de *Krameria bahiana* B.B. Simpson (Krameriaceae) por Abelhas (Apidae) na Restinga, BA". *Neotropical Entomology*, 35: 440-445, 2006.
- HEGLAND, S. J.; NIELSEN, A.; LAZARO, A.; BJERKNES, A. L. & TOTLAND, O. "How Does Climate Warming Affect Plant-pollinator Interactions?". *Ecology Letters*, 12(2): 184-195, 2009.
- HEIKKINEN, R. K.; LUOTO, M.; VIRKKALA, R.; PEARSON, R. G. & KÖRBER, J. H. "Biotic Interactions Improve Prediction of Boreal Bird Distributions at Macro-scales". *Global Ecology and Biogeography*, 16(6): 754-763, 2007.
- HIJMANS, R.; CAMERON, S.; PARRA, J.; JONES, P. & JARVIS, A. "Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas". *International Journal of Climatology*, 25(15): 1965-1978, 2005.
- IPCC-AR3. *Climate Change 2001: the Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.
- LOISELLE, B.; GRAHAM, C.; GOERCK, J. & RIBEIRO, M. "Assessing the Impact of Deforestation and Climate Change on the Range Size and Environmental Niche of Bird Species in the Atlantic Forests, Brazil". *Journal of Biogeography*, 37(7): 1288-1301, 2010.
- MICHENER, C. D. & LANGE, R. B. "Observations on the Ethology of Neotropical Anthophorines Bees (Hym. Apoidea)". *University of Kansas Science Bulletin*, 39: 69-96, 1958.
- MILET-PINHEIRO, P. & SCHLINDWEIN, C. "Comunidade de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e Plantas em uma Área do Agreste Pernambucano, Brasil". *Revista Brasileira de Entomologia*, 52: 625-636, 2008.
- MORATO, E. F.; GARCIA, M. V. B. & CAMPOS, L. A. O. "Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em Matas Contínuas e Fragmentos na Amazônia Central". *Revista Brasileira de Zoologia*, 16: 1213-1222, 1999.
- NEFF, J.L. & SIMPSON, B.B. "Oil-collecting Structures in the Anthophoridae: Morphology, Function and Use in Systematics". *Journal of the Kansas Entomological Society*, 54: 95-123, 1981.

- NUNNEY, L.; CAMPBELL, K. "Assessing Minimum Viable Population Size: Demography Meets Population Genetics". *Trends in Ecology & Evolution*, 8(7): 234-239, 1993.
- OLSON, D. *et al.* "Terrestrial Ecoregions of the World: a New Map of Life on Earth". *Bioscience*, 51(11): 933-938, 2001.
- PELLISSIER, L. *et al.* "Species Distribution Models Reveal Apparent Competitive and Facilitative Effects of a Dominant Species on the Distribution of Tundra Plants". *Ecography*, 33: 1004-1014, 2010.
- PEREIRA, M.; GARÓFALO, C. A.; CAMILLO, E. & SERRANO, J. C. "Nesting Biology of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier in Southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini)". *Apidologie*, 30(4): 327-338, 1999.
- PHILLIPS, S.; ANDERSON, R. & SCHAPIRE, R. "Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions". *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231-259, 2006.
- RAMIREZ, J. & JARVIS, A. "High Resolution Statistically Downscaled Future Climate Surfaces". *International Centre for Tropical Agriculture*, 2008. Disponível em: <<http://gisweb.ciat.cgiar.org/>>.
- RÊGO, M.; ALBUQUERQUE, P.; RAMOS, M. & CARREIRA, L. "Nesting Biology of *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera : Apidae, Centridini), One of the Main Pollinators of *Byrsonima crassifolia* L. kunth in maranhão, Brazil". *Neotropical Entomology*, 35(5): 579-587, 2006.
- ROZEN, J. G. & BUCHMANN, S. L. "Nesting Biology and Immature Stages of the Bees *Centris caesalpiniae*, *C. pallida*, and the Cleptoparasite *Ericrocis lata* (Hymenoptera: Apoidea: Anthophoridae)". *American Museum Novitates*, 2985: 1-30, 1990.
- SCHLINDWEIN, C. "Frequent Oligolecty Characterizing a Diverse Bee-plant Community in a Xerophytic Bushland of Subtropical Brazil". *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33(1): 46-59, 1998.
- SCHWEIGER, O.; SETTELE, J.; KUDRNA, O.; KLOTZ, S. & KÜHN, I. "Climate Change Can Cause Spatial Mismatch of Trophically Interacting Species". *Ecology*, 89: 3472-3479, 2008.
- SILVA, C. I.; MELLO, A. R. & OLIVEIRA, P. E. "A Palinologia como uma Ferramenta Importante nos Estudos das Interações entre *Xylocopa* spp. e Plantas no Cerrado". In: XIX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010, CD-ROM.
- SILVA, F. O.; VIANA, B. F. & NEVES, E. L. "Biologia e Arquitetura de Ninhos de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini)". *Neotropical Entomology*, 30(4): 541-545, 2001.
- SIMPSON, B. B. "Krameriaceae". *Flora Neotropica*, 49: 1-109, 1989.
- SIQUEIRA, M. & PETERSON, A. "Consequences of Global Climate Change for Geographic Distributions of Cerrado Tree Species". *Biota Neotropica*, 3(2): 1-14, 2003.
- VIEIRA-DE-JESUS, B. M. & GARÓFALO, C. A. "Nesting Behaviour of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) in Southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini)". *Apidologie*, 31(4): 503-515, 2000.
- VINSON, S.; FRANKIE, G. & WILLIAMS, H. "Nest Liquid Resources of Several Cavity Nesting Bees in the Genus *Centris* and the Identification of a Preservative, Levulinic Acid". *Journal of Chemical Ecology*, 32(9): 2013-2021, 2006.
- VINSON, S. B.; FRANKIE, G. W. & WILLIAMS, H. J. "Chemical Ecology of Bees of the Genus *Centris* (Hymenoptera, Apidae)". *Florida Entomologist*, 79: 109-129, 1996.

- VINSON, S. B.; WILLIAMS, H. J.; FRANKIE, G. W. & SHRUM, G. "Floral Lipid Chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a Use of Floral Lipids by *Centris* bees (Hymenoptera: Apidae)". *Biotropica*, 29: 76-83, 1997.
- VOGEL, S. "Ölblumen und ölsammelnde Bienen". *Tropische und Subtropische Pflanzenwelt*, 7: 285-547, 1974.
- WINFREE, R.; WILLIAMS, N. M.; GAINES, H.; ASCHER, J. S. & KREMEN, C. "Wild Bee Pollinators Provide the Majority of Crop Visitation across Land-use Gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA". *Journal of Applied Ecology*, 45(3): 793-802, 2008.
- WISZ, M.; HIJMANS, R.; LI, J.; PETERSON, A.; GRAHAM, C. & GUISAN, A. "Effects of Sample Size on the Performance of Species Distribution Models". *Diversity and Distributions*, 14(5): 763-773, 2008.
- ZANELLA, F. C. V. "Sistemática, Filogenia e Distribuição Geográfica das Espécies Sul-americanas de *Centris* (*Paracentris*) Cameron, 1903 e de *Centris* (*Penthemisia*) Moure, 1950, Incluindo uma Análise Filogenética do 'grupo *Centris*' sensu Ayala, 1998 (Hymenoptera, Apoidea, Centridini)". *Revista Brasileira de Entomologia*, 46: 435-488, 2002.



18. Influência das Alterações Climáticas sobre a Distribuição de Algumas Espécies de *Melipona* no Brasil

Antonio Mauro Saraiva, André Luis Acosta, Tereza Cristina Giannini, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, Rogério Marcos de Oliveira Alves, Murilo Sérgio Drummond, Betina Blochtein, Sídia Witter, Isabel Alves-dos-Santos, Vera Lucia Imperatriz-Fonseca

INTRODUÇÃO

Objetivos e justificativa do estudo de caso

Para ilustrar o impacto de mudanças globais em polinizadores, foi elaborado um estudo de caso com a aplicação de modelagem. O objetivo consistiu em analisar as características das áreas de ocorrência atual e projetar cenários futuros de mudança climática para a distribuição de algumas espécies de abelhas do gênero *Melipona* (Hymenoptera, Apidae), consideradas importantes polinizadores.

As abelhas sem ferrão do gênero *Melipona* (tribo Meliponini) são visitantes importantes em flores das espécies vegetais nos trópicos e participam do equilíbrio e da manutenção das vegetações naturais através de serviços de polinização (Ramalho *et al.*, 1990; Ramalho, 2004; Harter *et al.*, 2002). Especialmente na Mata Atlântica, têm sido consideradas espécies fundamentais (Ramalho *et al.*, 1989, 1990; Wilms *et al.*, 1996; Bezerra e Machado, 2003; Ramalho, 2004).

Estas abelhas apresentam também papel importante como polinizadores de culturas agrícolas (Heard, 1999; Castro, 2002; Castro *et al.*, 2006; Slaa *et al.*, 2006; Nunes-Silva *et al.*, 2010a, 2010b). *M. fasciculata* tem uma grande capacidade de executar polinização por vibração (Nunes-Silva *et al.*, 2010a, 2010b), assim como outras espécies de *Melipona* (Cruz *et al.*, 2005; Del Sarto *et al.*, 2005; Bispo-dos-Santos *et al.*, 2009) e, além disso, têm sido utilizadas para a promoção de desenvolvimento sustentado (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006).

METODOLOGIA EMPREGADA

Para este estudo escolhemos as seguintes espécies: *M. bicolor bicolor* Lepelletier 1836, *M. bicolor schencki* Gribodo 1893, *M. fasciculata* Smith 1854 e *M. scutellaris* Latreille 1811. No caso de *M. b. bicolor* e *M. b. schencki*, analisamos duas subespécies com distribuição distinta e maior variação em relação ao gradiente de altitude;

estudos em andamento indicam que podem ser duas espécies diferentes. Os pontos de ocorrência (25 pontos para cada subespécie) foram obtidos no sítio *speciesLink* do Centro de Referência em Informação Ambiental (Cria)¹ (espécimes da Universidade de São Paulo e da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul) e também na literatura (Moure, 1960; Nogueira-Neto, 1970; Silveira e Cure, 1993; Rocha *et al.*, 2002; Knoll *et al.*, 2004; Freitas e Sazima, 2006; Azevedo *et al.*, 2008). As áreas analisadas incluem as regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Para *M. scutellaris*, foram obtidos 131 pontos de ocorrência. Essa espécie apresenta distribuição original no Nordeste brasileiro, conhecida como espécie criada por meliponicultores e produtora de excelente mel. Esse estudo foi realizado por C. A. L. Carvalho e R. M. O. Alves, e focou a distribuição no estado da Bahia.

Finalmente, *M. fasciculata*, espécie importante na meliponicultura do Pará e do Maranhão, polinizadora eficiente, teve sua distribuição no Maranhão estudada por meio de 106 ocorrências de ninhos naturais inventariados por M. S. Drummond (Georreferenciamento em Larga Escala de Populações de Abelhas Meliponina – Geopam – e Instituto de Abelhas Nativas – IAN).

Foram utilizadas dezenove camadas de variáveis bioclimáticas com resolução de 2,5 minutos de arco baseadas em dados de temperatura e precipitação dos últimos cinquenta anos. Para os cenários futuros foram utilizadas as mesmas variáveis projetadas pelo CCCMA-CGCM31 para 2050 e 2080, com um cenário mais equilibrado (A1B). Esse cenário considera uma série de aspectos econômicos, tecnológicos e sociais, tais como a introdução de outras fontes de energia, tecnologias mais eficientes e um declínio gradual da população a partir de 2050 (IPCC-AR3, 2001). Essas bases de dados foram obtidas respectivamente no site do *Worldclim* (Hijmans *et al.*, 2005) e do *Ciat* (Ramirez e Jarvis, 2008).

O algoritmo utilizado foi o Maxent (*Maximum Entropy*), que propõe estimar a distribuição dos organismos buscando atingir a distribuição da probabilidade que segue mais próxima a uma distribuição uniforme dos dados (Phillips *et al.*, 2006). Esse algoritmo tem sido utilizado com sucesso em diferentes espécies e com propósitos variados (Václavík e Meentemeyer, 2009; Smith e Donoghue, 2010; Taubmann *et al.*, 2011). É particularmente adequado para casos que apresentam apenas dados de presença (Phillips *et al.*, 2006) e baixo número de pontos de ocorrência (Wisz *et al.*, 2008).

O valor de AUC foi utilizado para estimar a acurácia do modelo (Fielding e Bell, 1997). Os valores variam entre 0,5 e 1,0, sendo que 1,0 é considerado indicativo de uma perfeita previsão das áreas potenciais. Os valores de AUC foram estimados por um teste externo realizado com 30% dos pontos de ocorrência, escolhidos aleatoriamente e sem reposição (Godsoe *et al.*, 2009). Os resultados foram analisados pelo software ArcGIS 9.3 (Esri Inc.).

1. <www.cria.org.br>

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ATUAIS DE OCORRÊNCIA

Para uma caracterização geral das áreas ocupadas pelas espécies, foram elaborados histogramas (Fig. 18.1) a partir dos resultados de quatro das variáveis analisadas que representam extremos de precipitação (Fig. 18.1A) e temperatura (Fig. 18.1B). Para esse procedimento foram utilizadas as ferramentas do programa ArcGIS (Esri Inc.).

Em relação às precipitações dos trimestres mais úmidos e secos (Fig. 18.A), observa-se que as áreas de ocorrência de *M. fasciculata* e *M. b. bicolor* apresentaram os valores mais elevados nos trimestres mais úmidos e valores bem baixos no trimestre mais quente, sinalizando grande amplitude de variação. A espécie *M. fasciculata* foi a que apresentou valores mais baixos de precipitação no trimestre mais seco. Observa-se também grande variação de valores máximos e mínimos de precipitação (linhas verticais) nas áreas de ocorrência de *M. scutellaris*.

Na Figura 18.1B pode ser observado que a espécie *M. b. schencki*, característica de áreas de maior altitude, foi a que apresentou ocorrências em áreas de temperaturas mais baixas. As temperaturas mais elevadas e com menor amplitude de variação entre o trimestre mais quente e mais frio foram encontradas para a espécie *M. fasciculata*. Essa foi a espécie que apresentou a menor variação nos valores máximos e mínimos (linhas verticais), provavelmente devido ao fato de os pontos de ocorrência analisados terem sido obtidos em áreas muito próximas e, provavelmente, com características climáticas homogêneas.

Em relação à análise de cobertura do solo (Fig. 18.2), destacam-se, para *M. b. bicolor*, as áreas de florestas especialmente no Rio de Janeiro e em São Paulo e para *M. b. schencki*, no Paraná e em Santa Catarina (Fig. 18.2A). Os pontos obtidos para a espécie *M. fasciculata* estão associados a áreas de floresta e de campos arbustivos (Fig. 18.2B). Para *M. scutellaris*, áreas de ocorrência apresentam-se cobertas por áreas de floresta próximas ao litoral e também por áreas de campos arbustivos no interior do estado da Bahia (Fig. 18.2C).

PROJEÇÕES EM CENÁRIOS ATUAIS E FUTUROS

Todos os modelos obtidos apresentaram excelente qualidade de acordo com os valores de AUC (acima de 0,9). Na Figura 18.3, as áreas com cores mais quentes sugerem regiões de maior probabilidade de ocorrência, sendo a cor vermelha indicativa de alta probabilidade. Os resultados mostram que praticamente todas as espécies analisadas apresentam redução em suas áreas de ocorrência potencial nos cenários futuros quando comparadas com as projeções atuais, especialmente para 2080.

Em relação às áreas remanescentes para *M. b. bicolor* (Fig. 18.3A), destacam-se em 2080 as regiões da Serra do Mar e da serra de Itatiaia, nas divisas dos estados

de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro como prováveis áreas de importância para a manutenção da espécie. Destaca-se também o parcial isolamento de um fragmento com alta probabilidade de ocorrência no Rio de Janeiro, associado às serras de Teresópolis, Petrópolis e Nova Friburgo, onde atualmente a espécie ocorre. Ao contrário, áreas mais ao norte (tais como regiões próximas a Rio Vermelho, Caeté e Ponte Nova em Minas Gerais) apresentam baixa probabilidade de ocorrência futura.

Para *M. b. schencki* (Fig. 18.3B), destacam-se as áreas de ocorrência futura na Serra do Mar no estado de São Paulo, bem como áreas importantes especialmente associadas às regiões mais altas e interioranas da Serra Geral no Paraná, e do Planalto Central e serras catarinenses em Santa Catarina. As áreas de ocorrência atual mais ao norte, em Minas Gerais e Rio de Janeiro, apresentam sensível redução na probabilidade de ocorrência no cenário de 2080.

Os resultados de *M. fasciculata* precisam ser analisados com mais cautela devido à uniformidade das áreas dos pontos de ocorrência observados (Fig. 18.3C). Como os pontos são muito próximos, o algoritmo de modelagem tem mais dificuldade em projetar as características das áreas examinadas para outras extensões. No entanto, os resultados do cenário atual indicam outra área de ocorrência no norte do Maranhão (ao noroeste do conjunto de dados analisados) isolada da atual. Isso poderia justificar tanto um trabalho em campo para levantamento visando confirmar a presença da espécie, quanto uma análise genética para caracterizar se são duas populações com alta variabilidade. Nos cenários futuros, a distribuição estende-se para o nordeste e centro-leste do Piauí, fragmentando-se ainda mais no cenário projetado para 2080.

Os resultados obtidos para *M. scutellaris* (Fig. 18.3D) são, talvez, os mais alarmantes, pois indicam sensível diminuição da área de ocorrência no interior da Bahia, reduzindo-se a pequenos fragmentos esparsos em 2080. O maior fragmento restante no interior da Bahia localiza-se próximo aos municípios de Mucugê e Ibicoara. As demais áreas remanescentes estão localizadas principalmente próximas ao litoral, e observa-se também uma pequena área com alta probabilidade de ocorrência na microrregião de Alagoinhas.

De forma geral, os modelos foram consensuais quanto à redução da área potencial para todas as espécies estudadas, embora *M. fasciculata* se destaque mais pelo deslocamento de sua área potencial mais para sudeste do que pela sua efetiva redução. As duas subespécies de *M. bicolor* terão suas áreas de maior probabilidade deslocadas mais para o Sul do país; todavia *M. b. schencki* terá também uma compressão de sua área potencial na mesma direção. Já *M. b. bicolor* terá uma compressão de sua área potencial em direção às zonas de maiores altitudes no Sudeste brasileiro. *M. scutellaris* apresenta uma particularidade especial, a fragmentação e o subsequente isolamento de dois aglomerados populacionais em sua área de distribuição potencial (modelo) e efetiva (pontos) desde o presen-

te até 2080. É possível que no futuro duas metapopulações sejam formadas pelo isolamento geográfico desses dois grupos, um mais litorâneo e outro em zonas de altitude mais para o interior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de caso aqui apresentados deverão ser ampliados e aprofundados com um maior número de pontos de ocorrência das espécies nas suas áreas de ação. Quanto maior a heterogeneidade dos pontos analisados, maior a qualidade do modelo resultante. Por isso tem sido enfatizada a importância de levantamento em campo e do depósito dos espécimes em coleções e museus.

Um dos problemas para a obtenção desses pontos de ocorrência está relacionado à meliponicultura e ao intenso intercâmbio e venda de colônias para áreas além daquelas em que as espécies se distribuem naturalmente. Outro ponto é a falta da cultura de depósito de exemplares de colônias estudadas em coleções fiéis depositárias. São especialmente úteis as instituições que se dedicam a digitalizar as informações a respeito dos exemplares de seu acervo para disponibilizá-las para análises que poderão envolver a caracterização e preservação das espécies e de suas áreas de ocorrência.

As alterações climáticas previstas pelos especialistas para os próximos anos, cujo impacto sobre a distribuição das espécies de *Melipona* ficou bem evidente nos modelos aqui apresentados, colocam-nos alguns problemas e desafios a serem vencidos com urgência. Um deles é que fica claro que temos uma necessidade premente de escolher áreas para a proteção destas abelhas. As alterações dos modelos são previstas para ocorrência em curto espaço de tempo, de modo que outras soluções para preservar os polinizadores são necessárias. Entre elas, merecem estudos urgentes os programas de melhoramento destas espécies para resistência a alterações climáticas e também o deslocamento assistido de polinizadores. O estudo de pequenas populações de polinizadores passa a ser de muita importância, por causa da produção de machos diploides prevista para as pequenas populações de abelhas (Alves *et. al.*, 2011).

Outra recomendação importante seria o desenvolvimento urgente de estudos genéticos para a caracterização de adaptações regionais, que podem ser evidenciadas por estudos moleculares, como foi feito para *Apis mellifera* (De La Rúa *et al.*, 2007). Esse resultado poderia auxiliar na indicação de áreas mais apropriadas para preservar as comunidades com maior variabilidade de alelos, para promover uma proteção mais efetiva à espécie.

Finalmente, seria interessante que fossem feitos outros estudos envolvendo projeções para cenários futuros, tanto da flora quanto da fauna brasileira. Um exemplo importante dessa abordagem, voltado para a análise de impacto de mudança

climática em árvores do cerrado, pode ser encontrado em Siqueira e Peterson (2003). Outro estudo dedicado ao impacto sobre aves do cerrado é o de Marini *et al.* (2009) e, na Mata Atlântica, o de Loiselle *et al.* (2010). Já Hirota *et al.* (2010) pesquisaram as prováveis alterações nas composições das florestas e cerrado em cenários futuros. Porém, ainda se sabe muito pouco sobre o impacto das mudanças em espécies presentes em áreas tão diferentes quanto, por exemplo, as florestas úmidas e áreas mais secas da caatinga ou do cerrado. A partir de um número maior de estudos detalhados, medidas mais adequadas de proteção poderiam ser viabilizadas, para que se preserve a diversidade de espécies e os serviços ecossistêmicos por elas realizados.

Fig. 18.1. Caracterização climática considerando-se quatro das variáveis climáticas utilizadas para construir os modelos das espécies *M. b. bicolor*, *M. b. schencki*, *M. fasciculata* e *M. scutellaris*. A) Precipitações no trimestre mais úmido e no mais seco. B) Temperaturas médias nos trimestres mais quentes e no mais frio. As linhas verticais indicam valores máximos e mínimos obtidos para a variável em questão.

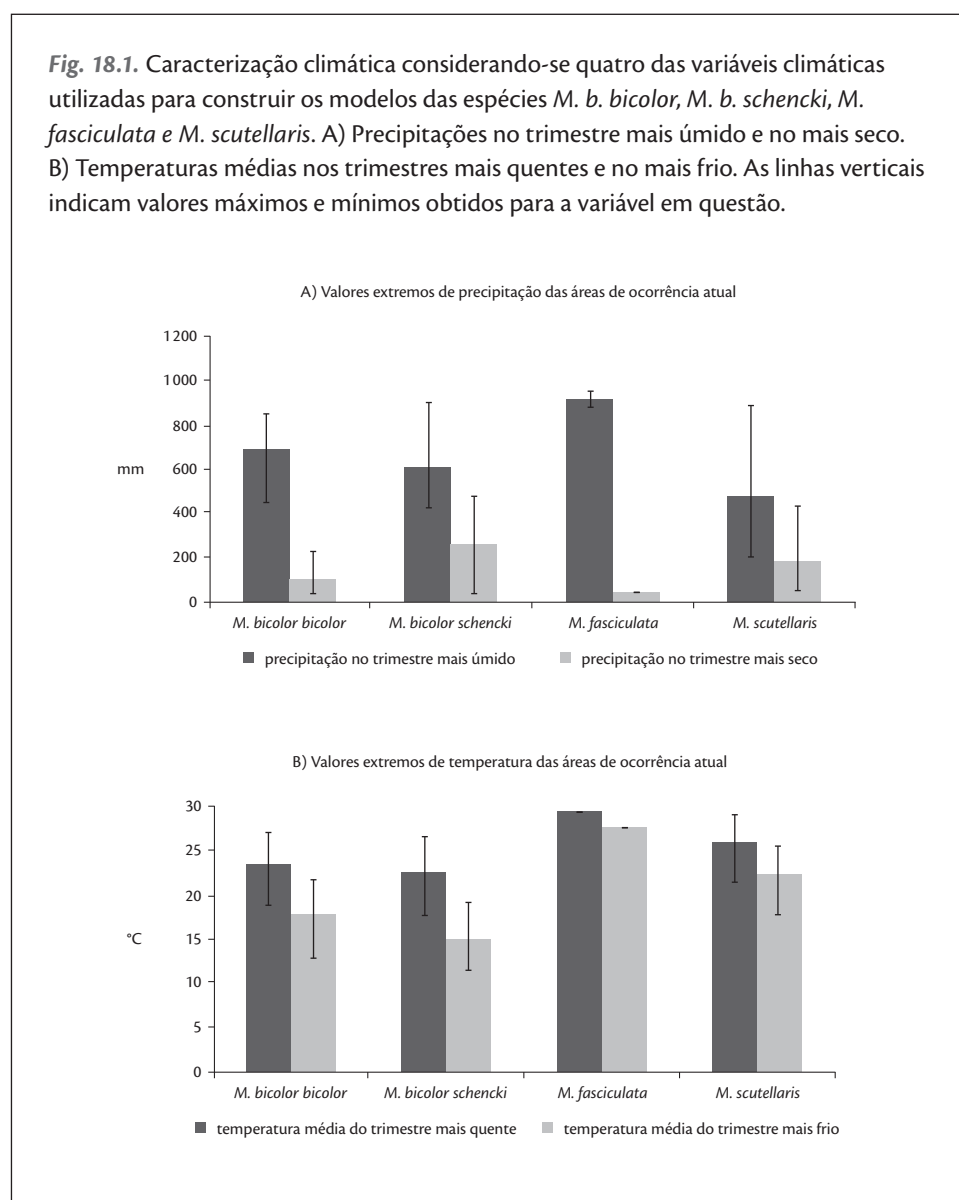


Fig. 18.2. Caracterização dos pontos de ocorrência das espécies de *Melipona* em relação à cobertura de solo atual (ano de 2005) (Bicheron *et al.*, 2008). A) *M. b. bicolor* e *M. b. schencki* no Sudeste; B) *M. fasciculata* no Maranhão e Piauí; C) *M. scutellaris* na Bahia.

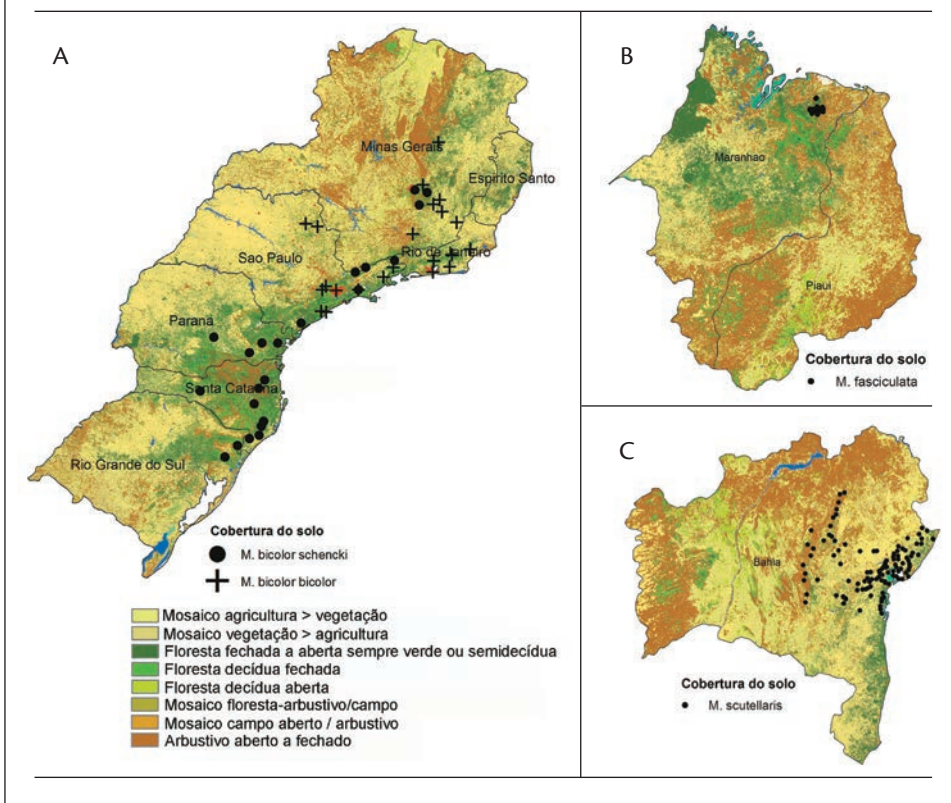
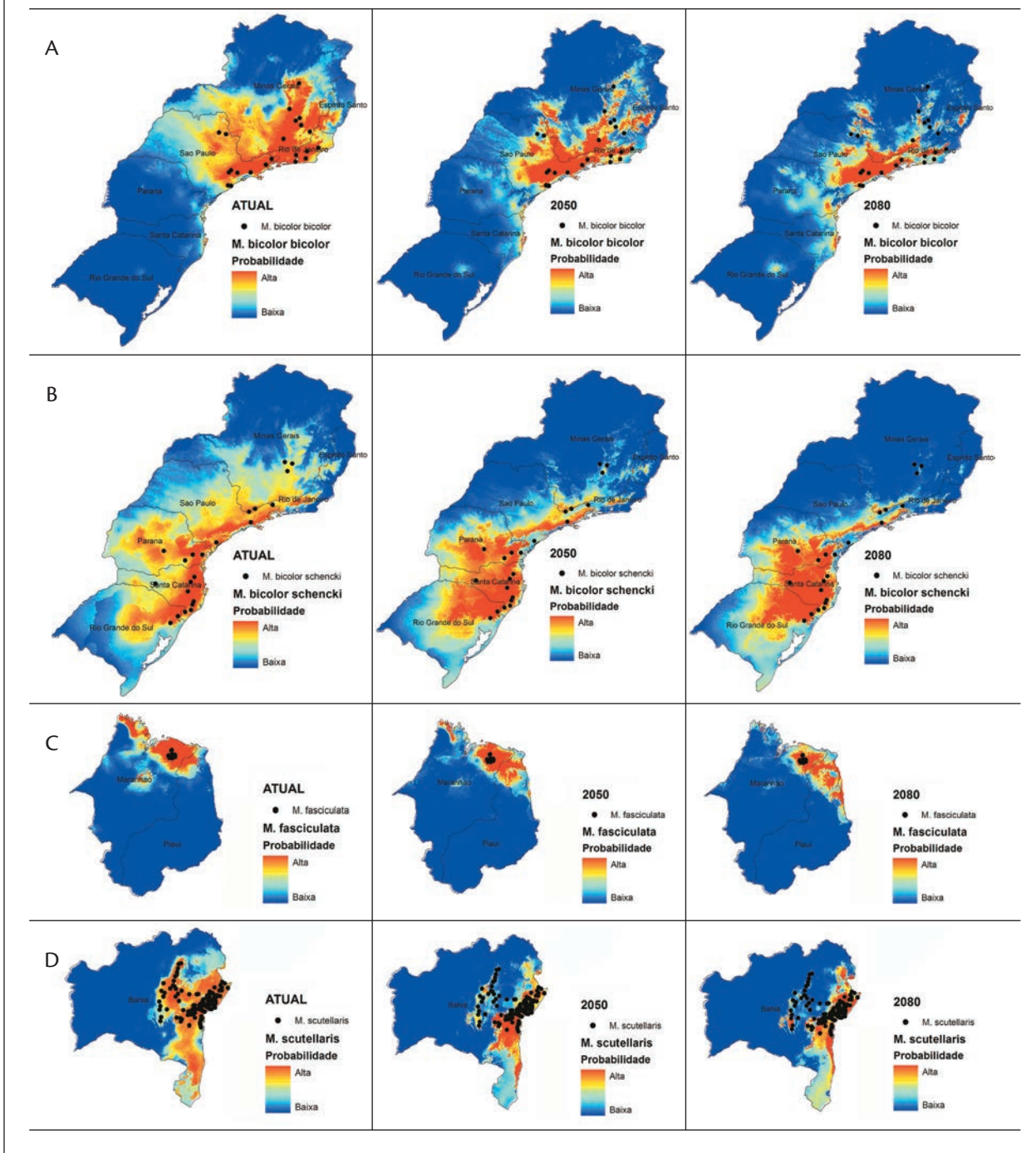


Fig. 18.3. Áreas potenciais de ocorrência atuais e futuras das espécies. A) *M. bicolor bicolor*; B) *M. b. schencki*; C) *M. fasciculata*; e D) *M. scutellaris*.



AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Geopam, banco de dados vinculado ao Departamento de Biologia da UFMA, e ao IAN, que forneceram os dados de ocorrência de *M. fasciculata* que possibilitaram o estudo da espécie. Os autores também agradecem ao CNPq (proc. 575069/2008-2), à Fapesp (proc. 04/15801-0) e à Capes (proc. 3030-10-5) pelos apoios concedidos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; FRANCOY, T. M.; SANTOS-FILHO, P. S.; BILLEN, J. & WENSELEERS, T. "Successful Maintenance of a Stingless Bee Population Despite a Severe Genetic Bottleneck". *Conservation Genetics*, v. 12, p. 647-658, 2011.
- AZEVEDO, A. A.; SILVEIRA, F. A.; AGUIAR, C. M. L. & PEREIRA, V. S. "Fauna de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nos Campos Rupestres da Cadeia do Espinhaço (MG e BA)". *Megadiversidade*, 4(1-2): 126-159, 2008.
- BEZERRA, E. & MACHADO, I. "Biologia Floral e Sistema de Polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq.(Solanaceae) em Remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco". *Acta Botanica Brasilica*, 17(2): 247-257, 2003.
- BICHERON, P.; DEFURNY, P.; BROCKMANN, C.; SCHOUTEN, L.; VANCUTSEM, C.; HUC, M.; BONTEMPS, S.; LEROY, M. & JRC, A. *GLOBCOVER – Products Description and Validation Report*. Paris, 2008.
- BISPO-DOS-SANTOS, S.; ROSELINO, A. C.; HRNCIR, M. & BEGO, L. R. "Pollination of Tomatoes by the Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* and the Honey Bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae)". *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 751-757, 2009.
- CASTRO, M. S. "Bee Fauna of Some Tropical and Exotic Fruits: Potencial Pollinators and Their Conservation". In: KEVAN, P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). *Pollinating Bees – the Conservation Link between Agriculture and Nature*. Brasília, Ministry of Environment, 2002, pp. 275-288.
- CASTRO, M. S. *et al.* "Stingless Bees". In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. & DE JONG, D. (Eds.). *Bees as Pollinators in Brazil: Assessing the Status and Suggesting Best Practices*. Ribeirão Preto, Holos, 2006.
- CORTOPASSI-LAURINO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ROUBIK, D. W.; DOLLIN, A.; HEARD, T.; AGUILAR, I.; VENTURIERI, G. C.; EARDLEY, C. & NOGUEIRA-NETO, P. "Global Meliponiculture: Challenges and Opportunities". *Apidologie*, 37(2): 275-292, 2006.
- CRUZ, D.; FREITAS, B.; SILVA, L.; SILVA, E. & BOMFIM, I. "Pollination Efficiency of the Stingless Bee *Melipona subnitida* on Greenhouse Sweet Pepper". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 1197-1201, 2005.
- DE LA RÚA, P.; FUCHS, S. & SERRANO, J. "A Scientific Note on the ITS-1 Region of *Apis mellifera* Subspecies". *Apidologie*, 38(4): 378-379, 2007.

- DEL SARTO, M. C. L.; PERUQUETTI, R. C. & CAMPOS, L. A. "Evaluation of the Neotropical Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as Pollinator of Greenhouse Tomatoes". *Journal of Economic Entomology*, 98(2): 260-266, 2005.
- FIELDING, A. & BELL, J. "A Review of Methods for the Assessment of Prediction Errors in Conservation Presence/Absence Models". *Environmental Conservation*, 24(1): 38-49, 1997.
- FREITAS, L. & SAZIMA, M. "Pollination Biology in a Tropical High-altitude Grassland in Brazil: Interactions at the Community Level". *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93(3): 465-516, 2006.
- GODSOE, W.; STRAND, E.; SMITH, C.; YODER, J.; ESQUE, T. & PELLMYR, O. "Divergence in an Obligate Mutualism Is Not Explained by Divergent Climatic Factors". *New Phytologist*, 183(3): 589-599, 2009.
- HARTER, B.; LEISTIKOW, C.; WILMS, W.; TRUYLIO, B. & ENGELS, W. "Bees Collecting Pollen from Flowers with Poricidal Anthers in a South Brazilian Araucaria forest: a Community Study". *Journal of Apicultural Research*, 41(1-2): 9-16, 2002.
- HEARD, T. A. "The Role of Stingless Bees in Crop Pollination". *Annual Review of Entomology*, 44: 183-206, 1999.
- HIJMANS, R.; CAMERON, S.; PARRA, J.; JONES, P. & JARVIS, A. "Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas". *International Journal of Climatology*, 25(15): 1965-1978, 2005.
- HIROTA, M.; NOBREC, C.; OYAMA, M. D. & BUSTAMANTE, M. M. C. "The Climatic Sensitivity of the Forest, Savanna and Forest-Savanna Transition in Tropical South America". *New Phytologist*, 187(3): 707-719, 2010.
- IPCC-AR3. *Climate Change 2001: the Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.
- KNOLL, F. R. N.; BEGO, L. R. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. "Abelhas da Jureia". In: MARQUES, O. A. V. & DULEBA, W. (Eds.). *Estação Ecológica Jureia-Itatins. Ambiente Físico, Flora e Fauna*. Ribeirão Preto, Editora Holos, 2004, pp. 222-229.
- LOISELLE, B. A.; GRAHAM, C. H.; GOERCK, J. M. & RIBEIRO, M. C. "Assessing the impact of deforestation and climate change on the range size and environmental niche of bird species in the Atlantic forests, Brazil". *Journal of Biogeography* 37: 1288-1301, 2010.
- MARINI, M. A.; BARBET-MASSIN, M.; LOPES, L. E. & JIGUET, F. "Major current and future gaps of Brazilian reserves to protect Neotropical savanna birds more options". *Biological Conservation* 142(12): 3039-3050, 2009.
- MOURE, J. "Abelhas da Região Neotropical Descritas por G. Gribodo (Hymenoptera-Apoidea)". *Boletim da Universidade do Paraná*, 1(1): 1-18, 1960.
- NOGUEIRA-NETO, P. *A Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão (Meliponinae)*. São Paulo, Chácaras e Quintais, 1970.
- NUNES-SILVA, P.; HNRCIR, M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. "A Polinização por Vibração". *Oecologia Australis*, 14(1): 140-151, 2010a.
- NUNES-SILVA, P.; HNRCIR, M.; VENTURIERI, G. C. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. "O Potencial das Abelhas *Melipona* na Polinização por Vibração, Considerando as Características Físicas da Vibração". In: IX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010b, pp. 76-84.

- PHILLIPS, S.; ANDERSON, R. & SCHAPIRE, R. “Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions”. *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231-259, 2006.
- RAMALHO, M. “Stingless Bees and Mass Flowering Trees in the Canopy of Atlantic Forest: a Tight Relationship”. *Acta Botânica Brasileira*, 18(1): 37-47, 2004.
- RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Utilization of Floral Resources by Species of *Melipona* (Apidae, Meliponinae) – Floral Preferences”. *Apidologie*, 20(3): 185-195, 1989.
- _____. “Important Bee Plants for Stingless Bees (*Melipona* and Trigonini) and Africanized Honeybees (*Apis mellifera*) in Neotropical Habitats – a Review”. *Apidologie*, 21(5): 469-488, 1990.
- RAMIREZ, J. & JARVIS, A. “High Resolution Statistically Downscaled Future Climate Surfaces”. *International Centre for Tropical Agriculture*. 2008. Disponível em: <<http://gisweb.ciat.cgiar.org/>>.
- ROCHA, M. P.; POMPOLO, S. D.; DERGAM, J. A.; FERNANDES, A. & CAMPOS, L. A. D. “DNA Characterization and Karyotypic Evolution in the Bee Genus *Melipona* (Hymenoptera, Meliponini)”. *Hereditas*, 136(1): 19-27, 2002.
- SIQUEIRA, M. F. & PETERSON, A. T. “Consequences of Global Climate Change for Geographic Distributions of Cerrado Tree Species”. *Biota Neotropica*, 3(2): 1-14, 2003.
- SILVEIRA, F. & CURE, J. “High-altitude Bee Fauna of Southeastern Brazil: Implications for Biogeographic Patterns (Hymenoptera: Apoidea)”. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 28(1): 47-55, 1993.
- SLAA, E. J.; SANCHEZ CHAVES, L. A.; MALAGODI-BRAGA, K. S. & HOFSTEDE, F. E. “Stingless Bees in Applied Pollination: Practice and Perspectives”. *Apidologie*, 37(2): 293-315, 2006.
- SMITH, S. & DONOGHUE, M. “Combining Historical Biogeography with Niche Modeling in the *Caprifolium* Clade of *Lonicera* (Caprifoliaceae, Dipsacales)”. *Systematic Biology*, 59(3): 322-341, 2010.
- TAUBMANN, J.; THEISSINGER, K.; FELDHEIM, K.; LAUBE, I.; GRAF, W.; HAASE, P.; JOHANNESSEN, J. & PAULS, S. “Modelling Range Shifts and Assessing Genetic Diversity Distribution of the Montane Aquatic Mayfly *Ameletus inopinatus* in Europe under Climate Change Scenarios”. *Conservation Genetics*, 112(2): 503-515, 2011.
- VÁCLAVÍK, T. & MEENTEMEYER, R. “Invasive Species Distribution Modeling (iSDM): Are Absence Data and Dispersal Constraints Needed to Predict Actual Distributions?” *Ecological Modelling*, 220(23): 3248-3258, 2009.
- WILMS, W.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & ENGELS, W. “Resource Partitioning between Highly Eusocial Bees and Possible Impact of the Introduced Africanized Honey Bee on Native Stingless Bees in the Brazilian Atlantic Rainforest”. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31(3-4): 137-151, 1996.
- WISZ, M.; HIJMANS, R.; LI, J.; PETERSON, A.; GRAHAM, C. & GUISAN, A. “Effects of Sample Size on the Performance of Species Distribution Models”. *Diversity and Distributions*, 14(5): 763-773, 2008.



19. Monitorando a Fauna de Abelhas Polinizadoras

Isabel Alves-dos-Santos, Mardiore Pinheiro, Guaraci Duran Cordeiro,
Cristiane Krug, Maria Cristina Gaglianone

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Vários trabalhos indicam que a simples presença de abelhas nativas na vizinhança de uma área cultivada pode beneficiar as culturas com o serviço da polinização promovido pelos visitantes florais. O café é um exemplo bastante ilustrativo. Na Costa Rica, foi constatado aumento de 20% na produção em áreas próximas às florestas (cerca de 1 km), além do aumento da qualidade dos grãos com o serviço dos visitantes polinizadores (Ricketts, 2004). Esse aumento da produtividade foi calculado em aproximadamente 60 mil dólares por ano (46-111 ha). Comparando plantações de café da Indonésia e do Equador, Olschewski *et al.* (2006) verificaram que o aumento do número e peso de grãos teve uma relação direta com a proximidade entre os cultivos e a floresta (hábitat das abelhas polinizadoras), bem como com o estado de conservação desta. Os resultados foram traduzidos diretamente em rendimento econômico para o produtor.

Reforçando esses dados de importância dos polinizadores, tem sido demonstrado que a ausência de visitantes nativos implica a necessidade de polinização manual. Os custos dessa atividade nem sempre são baratos. Um bom exemplo é a cultura do maracujá, na qual até 15% do custo podem ser destinados à polinização manual (Planos de manejo Probio/Polinizadores, Funbio; Oliveira e Gaglianone, no prelo). Devido à arquitetura da flor do maracujá, os órgãos reprodutivos estão em tal disposição que necessitam do auxílio de agente externo para que a transferência polínica ocorra (Sazima e Sazima, 1989). Abelhas de grande porte, principalmente as do gênero *Xylocopa*, fazem isso naturalmente e sem custo. Essas abelhas vivem preferencialmente em ambientes com vegetação natural. Exemplos no aumento da riqueza e diversidade de polinizadores em áreas de cultura de maracujá mais próximas de fragmentos florestais também são conhecidos (Benevides *et al.*, 2009).

Assim, manter áreas com vegetação natural na vizinhança dos cultivos pode trazer lucros reais para seus proprietários. A vegetação florestal e as plantas ruderais que crescem no entorno do cultivo são fontes de alimento para a fauna de abelhas nativas e formam o ambiente de sua moradia (Campos *et al.*, 2006). As

plantas cultivadas, muitas vezes, suprem somente parte dos recursos necessários para as abelhas, sendo necessária a utilização de outras plantas como fontes de néctar, pólen, resina ou óleos. Esse é o caso, por exemplo, do maracujá e do feijão, que são fontes de néctar, ou do tomate e da berinjela, que são fontes somente de pólen. Além disso, substratos ou locais para a construção dos ninhos muitas vezes não estão disponíveis nas áreas agrícolas e as abelhas dependem das áreas de vegetação nativa para sua reprodução.

A distância da área de vegetação nativa até a área de cultivo também deve ser considerada. Segundo Chacoff e Aizen (2006), a frequência de visita em flores de *grapefruit* na Argentina diminui mais do que o dobro com o aumento da distância da borda do fragmento. O declínio foi detectado para vários grupos de insetos, até mesmo para *Apis mellifera*, sendo esse “efeito de borda” na área de cultivo percebido de maneira mais grave para as abelhas de pequeno porte, como as abelhas sem ferrão, que não avançam mais do que algumas centenas de metros no interior da plantação.

A intensificação da agricultura, a destruição de habitats e a fragmentação dos ambientes naturais podem causar extensas mudanças nas populações de polinizadores, colocando em risco os serviços de polinização (Westphal *et al.*, 2008). Segundo a Declaração de São Paulo para os Polinizadores de 1999 e o Comitê Norte-Americano dos Polinizadores, para quantificar e controlar o declínio da diversidade e a abundância de polinizadores, recomenda-se o monitoramento padronizado (Williams *et al.*, 2001; Ghazoul, 2005). Segundo Melo *et al.* (2006), o monitoramento de assembleias de abelhas através de estudos de longo prazo é fundamental para documentar a perda local de espécies e para o desenvolvimento de estratégias de conservação.

No Brasil, o conhecimento sobre a fauna de abelhas provém, principalmente, de levantamentos que adotam a metodologia de coleta de abelhas em flores com rede entomológica. Assim, na maioria das vezes, a lista das espécies de abelhas vem acompanhada de dados das plantas melíferas associadas. Isso diferencia substancialmente a coleta de dados e a lista das espécies daquelas apresentadas para outros grupos de polinizadores. Por exemplo, vespas, moscas, besouros e borboletas muitas vezes são coletados com armadilhas ou com métodos de varredura, sem necessariamente conter notas sobre as plantas visitadas, hospedeiras ou associadas. O papel desses insetos como polinizadores, na maioria das vezes, é detectado apenas em estudos de casos específicos sobre a polinização de determinadas plantas. Dessa maneira, os *checklist* de abelhas possuem maior serventia e aplicabilidade para programas de polinizadores (Alves-dos-Santos, 2005).

Apesar do acúmulo de dados sobre as abelhas nativas, nas diferentes regiões e ecossistemas brasileiros, ainda não é possível avaliar o declínio dessa fauna devido à falta de trabalhos direcionados ao monitoramento. A recente iniciativa do Probio/Polinizadores – CNPq/MMA ampliou essa perspectiva (Plano de Manejo

Probio-Polinizadores; Oliveira e Gaglianone, no prelo), proporcionando avaliações rápidas sobre polinizadores nativos de algumas culturas por todo o Brasil, na maioria dos casos tratando-se de abelhas. Porém, estamos distantes de poder elaborar uma síntese sobre o declínio de polinizadores no Brasil, pois faltam estudos de longo prazo, com repetições e análises comparativas entre os anos que permitam detecção de tendências ou alteração na composição da fauna.

Além disso, temos grandes lacunas de amostragem em algumas regiões do país, como a região Norte e a Centro-oeste, principalmente no que diz respeito a inventários básicos da fauna de polinizadores e de estudos em plantas específicas. Essas lacunas, em parte, têm sido atenuadas por estudos sobre as abelhas sem ferrão e suas fontes florais (Camargo e Pedro, 2007).

DIAGNÓSTICO SOBRE O MONITORAMENTO DE APIFAUNA

Recentemente, o Ministério do Meio Ambiente aprovou, junto ao Fundo Mundial para o Meio Ambiente (Global Environment Facilities – GEF), o programa da Iniciativa Brasileira de Polinizadores. Um dos temas do programa trata do monitoramento de polinizadores. O objetivo é desenvolver um protocolo para avaliar e monitorar espacialmente e temporalmente a presença da fauna de abelhas nativas em áreas cultivadas e no entorno do cultivo.

O método de captura selecionado para o monitoramento foi o de armadilha do tipo pratos (ou bandejas) coloridos (pintados com tinta *spray* UV nas cores branco, azul e amarelo) contendo solução de água e detergente. As abelhas são atraídas pelas cores (Fig. 19.1A). O uso de pratos-armadilha é um método considerado restrito, pois a amostragem é seletiva (Cane *et al.*, 2000; Pinheiro-Machado e Silveira, 2006) e apenas parte da fauna é capturada. Krug e Alves-dos-Santos (2008) capturaram, com esse método, 72 espécies de abelhas, que corresponderam a 44% da fauna registrada para a região de Porto União, Santa Catarina. Esse trabalho também evidenciou o predomínio de alguns grupos na amostra, principalmente abelhas da família Halictidae (somente o gênero *Dialictus* compõe entre um terço e metade dos indivíduos amostrados).

Mesmo com essas restrições, o uso de pratos-armadilha é recomendado, pois padroniza o esforço amostral das coletas e evita os vícios de amostragem do coletor, bem como facilita a captura de algumas espécies ou grupos de abelhas (Tuell e Isaacs, 2009). Ou seja, o método é bastante padronizado e permite comparações diretas dos índices de diversidade, riqueza e abundância relativa entre áreas, entre amostras e entre os anos. Além disso, é eficiente mesmo para períodos com poucas flores no entorno (Roulston *et al.*, 2007).

Segundo Westphal *et al.* (2008) e Le Buhn (comunicação pessoal), um bom programa de monitoramento precisa ser passível de repetições, ter pouca varia-

ção, baixo custo e ser capaz de detectar mudanças precisas nas comunidades de polinizadores. Armadilhas como os pratos atendem a todos esses quesitos, pois são baratas, fáceis de utilizar e evitam o viés do observador ou coletor, o que permite padronização e análises comparativas entre amostras, entre anos, entre áreas e entre diferentes tipos de cultivos.

Dentro do programa da Iniciativa Brasileira de Polinizadores, o monitoramento da apifauna está sendo feito em sete culturas em diferentes regiões e fitofisionomias do Brasil (Fig. 19.1B-F). As culturas investigadas são: *Anacardium occidentale* L. (caju), *Bertholletia excelsa* Bonpl. (castanha-do-pará), *Brassica napus* L. (canola), *Cucumis melo* L. (melão), *Gossypium hirsutum* L. (algodão), *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate) e *Malus domestica* Borkh (maçã).

Visando a fins comparativos, optou-se pela padronização da metodologia no maior número de aspectos possíveis em todas as culturas. Assim, as coletas estão sendo realizadas dentro da área do cultivo e no seu entorno (Fig. 19.1B-F). Os pratos-armadilha são expostos durante 24 horas, sendo as coletas mensais durante os três anos consecutivos de duração do programa. Tem sido utilizado o mesmo modelo de prato em três cores: branco, amarelo e azul, sendo as duas últimas obtidas pela pintura de pratos brancos com tinta UV spray. Devido às várias realidades e cenários, foram realizadas adequações no desenho amostral do monitoramento nas sete culturas, relativas principalmente ao número e à disposição dos pratos-armadilha e, ainda, à altura de sua instalação, sendo suspensos no caso da castanha-do-pará, canola e algodão, por exemplo (Fig. 19.1B-D).

Todas as informações sobre as abelhas coletadas estão sendo armazenadas em banco de dados. As análises irão avaliar a diversidade de espécies, o efeito da paisagem sobre a riqueza e diversidade e a similaridade na composição de espécies. Na questão temporal, as análises poderão indicar mudanças no decréscimo da riqueza ou aumento da dominância das espécies mais comuns, além de possíveis variações na composição de espécies, entre outros.

PERSPECTIVAS

Com os resultados desse trabalho de monitoramento espera-se:

- conhecer o estado de conservação do entorno da cultura através da avaliação da diversidade da apifauna ocorrente;
- detectar diferenças na composição das espécies e na diversidade nos diferentes cenários;
- detectar flutuações nas populações de abelhas através de comparações entre áreas, entre anos e entre culturas, associando as mudanças ao histórico da área, quando possível.

Fig. 19.1. A) Prato-armadilha amarelo UV com uma abelha capturada; B) Prato-armadilha suspenso próximo à copa de *Bertholletia excelsa* (castanha-do-pará); C) Prato-armadilha suspenso na altura das flores de *Brassica napus* (canola); D) Pratos-armadilha suspensos em um cultivo de *Gossypium hirsutum* (algodão); E) Prato-armadilha em um ambiente de caatinga adjacente a um cultivo de algodão; F) Prato-armadilha azul UV disposto diretamente no solo de um cultivo de *Lycopersicon esculentum* (tomate).



Ao final desse trabalho, será possível propor um protocolo padronizado para o monitoramento das populações de abelhas no Brasil. O protocolo desenvolvido será divulgado visando a um esforço conjunto para controlar a perda de polinizadores e manter os serviços de polinização.

Há interesse acerca desse conhecimento (monitoramento) devido à sua aplicação na agricultura e em políticas de conservação. Nesse sentido, destaca-se o ganho real de produção com o serviço de abelhas nativas nas culturas, exemplos comprovados no café (De Marco e Coelho, 2004; Olschewski *et al.*, 2006) e no maracujá (Sazima e Sazima, 1989; Benevides *et al.*, 2009), bem como o aumento da produtividade com a preservação de áreas naturais no entorno dos cultivos. A maior conscientização sobre os serviços ecossistêmicos, incluindo a polinização, favorece e incentiva programas de monitoramento da fauna, especialmente a apifauna. Com a detecção de declínio de determinadas espécies comprovadamente benéficas e lucrativas, uma força-tarefa pode ser iniciada para recuperar a população de tais organismos e vencer as deficiências e carências neste tema.

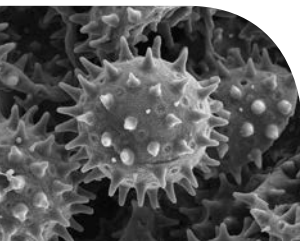
AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à dra. Vera L. Imperatriz-Fonseca pelo convite para publicar este trabalho. Isabel Alves-dos-Santos é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

REFERÊNCIAS

- ALVES-DOS-SANTOS, I. "A Importância das Coleções de Abelhas para a Iniciativa Internacional dos Polinizadores". In: MARINONI, L. (Ed.). *Coleções Zoológicas*. Brasília, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2005.
- BENEVIDES, C. R.; GAGLIANONE, M. C. & HOFFMANN, M. "Visitantes Florais do Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* cf. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em Áreas de Cultivo Próximas a Fragmentos Florestais na Região Norte Fluminense, RJ". *Revista Brasileira de Entomologia*, 53: 415-421, 2009.
- CAMARGO, J. M. F. & PEDRO, S. R. M. "Meliponini Lepeletier, 1836". In: MOURE, J. S.; URBAN, D. & MELO, G. A. R. (Eds.). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007, pp. 272-578.
- CAMPOS, M. J. O. *et al.* "Manejo Agrícola e Riqueza de Polinizadores". In: VII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2006, pp. 1-8.
- CANE, J.; MINCKLEY, R. & KERVIN, L. "Sampling Bees (Hymenoptera: Apiformes) for Pollinator Community Studies: Pitfalls of Pan-trapping". *Journal of the Kansas Entomological Society*, 73(4): 225-231, 2000.

- CHACOFF, N. P. & AIZEN, M. A. "Edge Effects on Flower-visiting Insects in Grapefruit Plantations Bordering Premontane Subtropical Forest". *Journal of Applied Ecology*, 43(1): 18-27, 2006.
- DE MARCO, P. & COELHO, F. M. "Services Performed by the Ecosystem: Forest Remnants Influence Agricultural Cultures' Pollination and Production". *Biodiversity and Conservation*, 13(7): 1245-1255, 2004.
- GHAZOU, J. "Pollen and Seed Dispersal among Dispersed Plants". *Biological Reviews*, 80(03): 413-443, 2005.
- KRUG, C. & ALVES-DOS-SANTOS, I. "O Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina". *Neotropical Entomology*, 37(3): 265-278, 2008.
- MELO, G. A. R.; MARTINS, A. C. & GONÇALVES, R. B. "Alterações de Longo Prazo na Estrutura de Assembleias de Abelhas: Conhecimento Atual e Perspectivas". In: VII Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2006, pp. 150-155.
- OLIVEIRA, P. E. & GAGLIANONE, M. C. *Planos de Manejo dos Subprojetos "Uso Sustentável e Restauração da Diversidade de Polinizadores Autóctones na Agricultura e nos Ecossistemas Relacionados"*, *Probio/Polinizadores*. Rio de Janeiro, Funbio, no prelo.
- OLSCHEWSKI, R.; TSCHARNTKE, T.; BENÍTEZ, P.; SCHWARZE, S. & KLEIN, A. "Economic Evaluation of Pollination Services Comparing Coffee Landscapes in Ecuador and Indonesia". *Ecology and Society*, 11(1): 7, 2006.
- PINHEIRO-MACHADO, C. & SILVEIRA, F. A. "Surveying and Monitoring of Pollinators in Natural Landscapes and in Cultivated Fields". In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. & DE JONG, D. (Eds.). *Bees as Pollinators in Brazil: Assessing the Status and Suggesting Best Practices*. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2006, pp. 112.
- RICKETTS, T. H. "Tropical Forest Fragments Enhance Pollinator Activity in Nearby Coffee Crops". *Conservation Biology*, 18(5): 1262-1271, 2004.
- ROULSTON, T. H.; SMITH, S. A. & BREWSTER, A. L. "A Comparison of Pan Trap and Intensive Net Sampling Techniques for Documenting a Bee (Hymenoptera: Apiformes) Fauna". *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(2): 179-181, 2007.
- SAZIMA, I. & SAZIMA, M. "Mamangavas e Irapuás (Hymenoptera, Apoidea): Visitas, Interações e Consequências para Polinização do Maracujá (Passifloraceae)". *Revista Brasileira de Entomologia*, 33(1): 109-118, 1989.
- TUELL, J. & ISAACS, R. "Elevated Pan Traps to Monitor Bees in Flowering Crop Canopies". *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 131(1): 93-98, 2009.
- WESTPHAL, C. *et al.* "Measuring Bee Diversity in Different European Habitats and Biogeographical Regions". *Ecological Monographs*, 78(4): 653-671, 2008.
- WILLIAMS, N.; MINCKLEY, R. & SILVEIRA, F. "Variation in Native Bee Faunas and Its Implications for Detecting Community Changes". *Conservation Ecology*, 5(1): 7, 2001.



20. O Uso da Palinologia como Ferramenta em Estudos sobre Ecologia e Conservação de Polinizadores no Brasil

Cláudia Inês da Silva, Camila Maia-Silva, Francisco de Assis Ribeiro dos Santos, Soraia Girardi Bauermann

A palinologia foi reconhecida como ciência no século XX e desde então vem sendo utilizada em várias áreas. Um dos primeiros trabalhos com palinologia foi apresentado por Hyde e Williams (1945), os quais definiram essa ciência como o estudo morfológico do pólen e do esporo, bem como sua dispersão e aplicação. Posteriormente, a palinologia foi apresentada como uma ciência que trata principalmente da exina dos grãos de pólen e do esporo (Erdtman, 1952). A exina apresenta na sua constituição a esporopolenina (Zetsche, 1932), que confere grande resistência e proteção, principalmente contra a dessecação (Moore e Webb, 1978). Por ser extraordinariamente resistente, a exina pode suportar temperaturas de até 300°C e tratamentos com ácidos concentrados. O método de acetólise dos grãos de pólen proposto por Erdtman (1960) foi um avanço nos estudos palinológicos, o que permitiu uma melhor descrição da exina quanto a sua ornamentação, seu número e sua posição das aberturas. O conjunto de tais características faz com que cada espécie de planta apresente morfologia própria do grão de pólen e da exina, o que favorece o reconhecimento taxonômico das espécies vegetais pelos palinólogos.

Desde o seu reconhecimento como ciência, a palinologia tem sido empregada em estudos sobre *palinotaxonomia* (Erdtman, 1952; Santos, 1961a; Barth, 1965; Salgado-Labouriau, 1973; Melhem, 1978; Moore e Webb, 1978; Barth e Melhem, 1988; Valdés *et al.*, 1987; Melhem *et al.*, 2003; Punt *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2010a), nos quais os caracteres polínicos são verdadeiramente reveladores do parentesco e procedência dos diversos grupos taxonômicos. A palinologia também contribui para estudos como:

- a *copropalinologia*, que trata da identificação do pólen nas fezes de animais, permitindo o conhecimento dos hábitos alimentares e de suas preferências por determinadas fontes de recursos, ou ainda determinando períodos de carência de recursos nas áreas ocupadas (Moe, 1983; Silva *et al.*, 2010c);
- a *palinologia forense*, que permite a identificação do pólen conservado na roupa, no aparelho respiratório, na lama de sapatos, em automóveis, objetos roubados,

com isso tornando possível descobrir onde um crime foi cometido (Bryant e Mildenhall, 1998);

- a *geopalinologia* e a *paleopalinologia*, estudos dos grãos de pólen nas camadas do solo que permitem a caracterização de regiões petrolíferas e a reconstituição de antigas vegetações, esta última de grande importância para a compreensão da origem e do estabelecimento da vegetação atual (Absy, 1979; Cruz, 2001; Bauermann *et al.*, 2008; Ferrazzo *et al.*, 2008);
- a palinologia como ferramenta no *diagnóstico e monitoramento ambiental*, que tem possibilitado reconhecer as mudanças e impactos em ecossistemas (Barth, 2003);
- a *melissopalinologia*, que consiste na identificação do pólen nos produtos apícolas para caracterização geográfica e floral, com aplicação no controle de qualidade e reconhecimento da flora apícola e estudo da ecologia alimentar das abelhas (Absy e Kerr, 1977; Iwama e Melhem, 1979; Engel e Dingemansbakels, 1980; Sommeijer *et al.*, 1983; Kleinert-Giovannini e Imperatriz-Fonseca, 1987; Cortopassi-Laurino e Ramalho, 1988; Ramalho *et al.*, 1990; Ortiz, 1991, 1994; Ortiz e Pólo, 1992; Vanderhuck, 1995; Malagodi-Braga e Kleinert, 2009);
- *estudos de redes de interação e conservação de abelhas*, que possibilitam compreender melhor as interações estabelecidas entre abelhas e plantas e fornecem subsídios para a elaboração de planos de manejo e conservação, tanto para as abelhas, como também para as espécies de plantas (Silva, 2009; Silva *et al.*, 2010c; Olesen *et al.*, no prelo).

O pólen é, sem dúvida, um marcador natural e a palinologia uma ferramenta importante também em estudos ecológicos (Silva, 2009). Embora ela tenha muitas aplicações, ainda temos pouco material de referência disponível para auxiliar na identificação dos grãos de pólen.

IMPORTÂNCIA E APLICAÇÃO DA PALINOTAXONOMIA

A beleza que os grãos de pólen exibem em sua estrutura fascina e encanta o homem. Recentemente dois livros foram publicados com foco na exibição da beleza escondida nesses representantes microscópicos da biodiversidade vegetal (Kessler e Harley, 2009; Stuppy *et al.*, 2009). Não somente pela sua beleza ou atratividade, a palinologia tem sido aplicada na botânica, sobretudo na sistemática ou taxonomia vegetal. Essa parte da botânica se ocupa dos princípios, regras e caracteres que são utilizados para classificar as espécies e organizá-las dentro de um sistema. A espécie é considerada a unidade básica da sistemática botânica e, segundo Saenz de Rivas (1978), na sistemática o que se compara são indivíduos completos; contudo, tanto os grãos de pólen quanto os esporos, por sua constância taxonômica,

representam excelentes caracteres que podem ser utilizados na classificação das espécies. Por esse atributo, a palinologia tem sido empregada na palinotaxonomia.

A palinotaxonomia parte do princípio de que cada forma polínica tem especificidade com um grupo taxonômico, mas também há grupos taxonômicos diferentes que têm formas polínicas similares. A estes, chamamos de grupos estenopolínicos – grupos taxonômicos (espécies ou gêneros, por exemplo) nos quais os grãos de pólen são tão parecidos que não podem ser separados apenas por uma análise palinológica regular. A flora brasileira tem muitos exemplos de táxons estenopolínicos, como os representantes das famílias Myrtaceae e Poaceae.

Os grupos euripolínicos mais frequentes são aqueles nos quais a morfologia muitas vezes é decisiva para a sua identificação taxonômica. Cada táxon tem uma morfologia polínica específica. Nesse grupo encontra-se, por exemplo, a maioria de gêneros das famílias Acanthaceae e Asteraceae.

O uso da morfologia polínica para delimitação de táxons começou cedo, mas somente nos séculos XIX e XX foi disseminado no meio acadêmico. Wodehouse (1935) já havia citado que Francis Bauer, no início do século XIX, fazia menção à importância da morfologia polínica para separar grupos dentro da família Proteaceae. Contudo, o primeiro a utilizar formalmente a palinotaxonomia foi John Lindley, para estabelecer tribos da família Orchidaceae. Seus trabalhos são da primeira metade do século XIX. Outros pesquisadores os seguiram com importantes estudos; destacamos o trabalho de Hugo von Mohl, que apresentou uma classificação de mais duas centenas de angiospermas e gimnospermas com base nos grãos de pólen.

Um estudo de maior proporção só surgiria em 1890, quando Carl Albert Hugo Fischer defendeu sua tese de doutoramento, cujo tema foi o estudo palinológico de 2 200 espécies de plantas. Depois dele, dois outros pesquisadores se sucederam publicando duas obras essenciais para o estudo palinológico de angiospermas: *Pollen grains*, de Wodehouse (1935), e *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*, de Erdtman (1952).

Estudos mais recentes têm sido produzidos, mas de forma mais focal, tratando de um gênero ou uma família especificamente. Esses são estudos mais completos, pois utilizam toda a tecnologia disponível das microscopias fotônica e eletrônica (de varredura e de transmissão) para caracterizar melhor os grãos de pólen. Um amplo estudo no qual essa tecnologia foi utilizada é o de Saba (2007), que fez um importante estudo palinotaxonomico das Malvaceae.

No Brasil, a palinotaxonomia só tomou impulso no final do século XX, com a caracterização da flora do cerrado brasileiro que levou à publicação da principal obra brasileira nesse escopo: *Contribuição à Palinologia dos Cerrados*, de Salgado-Labouriau (1973). Posteriormente, há uma série de estudos de outros pesquisadores que contribuíram com as plantas da flora brasileira: *Palinoflora do Parque Estadual das Fontes do Rio Ipiranga (São Paulo)*, de Therezinha S. Melhem (Insti-

tuto de Botânica, São Paulo – SP e colaboradores; *Estudo Palinológico das Plantas Arbóreas do Brasil Meridional*, de Ortrud M. Barth (Fiocruz e UFRJ, Rio de Janeiro – RJ) e colaboradores; *Palinoflora das Restingas do Estado do Rio de Janeiro*, de Vânia L.G. Esteves (Museu Nacional/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ) e colaboradores; *Estudo Palinológico das Plantas da Amazônia, Especialmente as Leguminosae*, de Léa Maria M. Carreira (Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém – PA) e colaboradores; *Estudos Palinológicos das Plantas do Semiárido*, de Francisco de Assis R. Santos (Uefs, Feira de Santana/BA) e colaboradores. Mais recentemente, outros pesquisadores, Maria Luisa Lorscheitter (UFRGS, Porto Alegre/RS) e colaboradores, iniciaram um estudo palinotaxonômico tendo como foco a descrição dos esporos das peridófitas da flora do estado do Rio Grande do Sul.

A contribuição dos pesquisadores brasileiros para o estudo palinotaxonômico de nossa flora é grande, mas muito isolada. Há a necessidade de uma compilação para concatenação de todos os dados já publicados numa obra de referência. Um exemplo de obra assim é a de Melhem *et al.* (2003), na qual dados palinológicos de espécies que ocorrem em Campos do Jordão – SP foram concatenados num único fascículo. Esse tipo de obra dá maior poder de uso àqueles que precisam do subsídio palinológico em suas pesquisas para a identificação da afinidade taxonômica dos grãos de pólen observados.

A partir dos estudos com a palinotaxonomia, foram elaborados Glossários (Melhem *et al.*, 2003; Punt *et al.*, 2007), e a cada dia os avanços tecnológicos têm permitido estudos ainda mais detalhados dos grãos de pólen, possibilitando a separação entre espécies. Essa descrição mais detalhada do pólen favoreceu a elaboração de Atlas Polínico (Valdés *et al.*, 1987; Moreti *et al.*, 2000) e Catálogo Polínico, como o desenvolvido por Silva *et al.* (2010a) para espécies de plantas do cerrado sentido restrito. Esses materiais de referência têm sido importantes em estudos sobre a reconstrução dos cenários pela paleopalinologia, na identificação da origem botânica de produtos apícolas pela melissopalinologia e também em estudos sobre conservação e elaboração de planos de manejo para plantas e seus polinizadores, como apresentado por Silva (2009) para espécies de abelhas do gênero *Xylocopa*.

Além dos materiais didáticos elaborados a partir das descrições dos grãos de pólen, não devemos deixar de mencionar que, para a obtenção de tais informações, é imprescindível a construção de coleções com os grãos de pólen, também denominadas de palinotecas.

IMPORTÂNCIA DAS COLEÇÕES DE PÓLEN (PALINOTECAS)

O Brasil é contemplado com a ocorrência de cerca de 10% a 20% do número total de espécies do planeta, sendo por isso considerado o país com maior megadiversidade. Estima-se a ocorrência, em solo brasileiro, de 45,3 mil a 49,5 mil plantas

conhecidas (Peixoto e Morim, 2003). Muito embora tenha essa exuberante flora, existem no Brasil atualmente 125 herbários que abrigam em torno de seis milhões de espécies (Peixoto *et al.*, 2009), o que resulta em uma densidade média de 0,62 espécime coletado por km² de território brasileiro.

As coleções botânicas depositadas nesses herbários são preciosos testemunhos da biodiversidade, fonte inestimável de conhecimento da história de um local ou região, além de referência para inúmeros estudos botânicos, zoológicos e de tecnologia aplicada. Os herbários e suas coleções associadas como palinoteca, espermoteca, carpoteca, xiloteca são, portanto, matéria-prima indispensável para o desenvolvimento de inúmeros trabalhos.

Mas, se pouco ainda é conhecido e incorporado em coleções da flora brasileira, menos ainda se sabe da biodiversidade polínica. Vários fatores contribuem para esse pouco conhecimento, dentre estes podemos mencionar a megadiversidade encontrada no Brasil e os poucos palinotaxonomistas. Esses são dois pontos importantes para justificar o número reduzido de coleções de pólen vinculadas aos herbários. A maioria das palinotecas é particular, fruto de estudos de caso e não segue um protocolo que permita fazer estudos comparativos. Da mesma forma, a maioria dessas coleções não está acessível para pesquisa. Esses fatores precisam ser mais bem compreendidos e novas gerações de palinotaxonomistas precisam ser formadas para acelerar os estudos da palinologia como ferramenta ecológica, da mesma forma que é necessária a aquisição de tecnologia moderna que permita uma melhor descrição dos grãos de pólen e identificação no nível específico.

É notável a importância da palinologia como suporte para o desenvolvimento de estudos em fisiologia, filogenia, ecologia e evolução. Do ponto de vista científico, a palinologia brasileira está mais bem representada nas áreas de palinotaxonomia e palinologia de Quaternário, nas quais se concentram as palinotecas.

IMPORTÂNCIA DA PALEOPALINOLOGIA NA RECONSTRUÇÃO DOS AMBIENTES: IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS E CONSERVACIONISTAS

A palinologia de Quaternário tem seu foco em estudos que visam reconstruir ambientes pretéritos baseados em dados de grãos de pólen fósseis recuperados de sedimentos de origem quaternária. Para isso, estudos ecológicos realizados em ambientes modernos podem ser valiosos aliados como prognóstico sobre como reagem os biomas recentes quando expostos a processos análogos ocorridos no passado (Gornitz, 2009). Nesse sentido, descrições polínicas detalhadas, unidas a atributos fitofisionômicos, abrem novas fronteiras para estudos de reconstituição paleovegetacional. Graças a essa constatação, é cada vez mais frequente o estudo detalhado e o uso das assembleias de palinomorfos recentes no estabelecimento de ambientes e climas pretéritos análogos, desde que compostos por conjuntos políni-

cos similares, pela possibilidade que oferecem de observação *in loco* dos processos e dos fatores que favorecem ou limitam sua diversidade.

O aprimoramento das identificações taxonômicas dos grãos de pólen permite uma aproximação mais real entre o número de táxons atuais existentes na área fonte e a riqueza dos grãos de pólen fósseis registrados nos sedimentos ao longo dos anos e milênios. Ao mesmo tempo em que foram constatadas essas aplicações do estudo de palinomorfos modernos, percebeu-se a carência de dados sobre a morfologia polínica atual capazes de subsidiar fidedignamente esses estudos.

Descrições polínicas inéditas e mesmo o refinamento das já existentes fornecem suporte básico para a identificação taxonômica dos grãos de pólen em categorias hierárquicas inferiores. Ao mesmo tempo, a precisa denominação e circunscrição de morfotipos polínicos permitem, por comparação com as espécies viventes, o estabelecimento de relações ecológicas mais fidedignas. Estudos morfopolínicos podem contribuir, ainda, com valiosas informações sobre a filogenia, uma vez que certas características morfológicas como diâmetro e aberturas dos grãos de pólen podem indicar a ocorrência de características homoplásticas. Além disso, essas descrições reunidas em um banco de dados poderiam servir como incentivo para a implementação de coleções de grãos de pólen, primeiro passo para a elaboração de inventários da biodiversidade e subsídio para estudos paleoecológicos.

Tanto a palinotaxonomia quanto a paleopalinologia têm sido importantes para a compreensão das interações estabelecidas entre as plantas e as abelhas. A palinotaxonomia auxilia na identificação dos grãos de pólen no corpo, de ninhos e de fezes das abelhas e a paleopalinologia auxilia na compreensão dos estabelecimentos das comunidades de plantas que atraem e que são utilizadas pelas abelhas como fontes de recursos alimentares; dessa forma, facilita o entendimento do surgimento, estabelecimento e/ou desaparecimento de comunidades de abelhas em determinados ecossistemas. Em virtude da devastação ambiental e da necessidade de se recompor áreas degradadas e de se conservar a vida e suas interações, a utilização de ferramentas que auxiliam nesses processos é fundamental. Nesse contexto, os estudos em palinologia de Quaternário e os de palinotaxonomia encontram-se intimamente relacionados com a conservação dos polinizadores, em especial das abelhas que mantêm uma relação mutualística com a maioria das espécies de plantas em todo o mundo.

MELISSOPALINOLOGIA: IMPLICAÇÕES NA CONSERVAÇÃO DAS ABELHAS

Um dos primeiros estudos sobre morfologia e valor taxonômico do pólen das principais plantas apícolas foi desenvolvido por Santos (1961a). Nesse mesmo estudo, o autor apresenta um histórico importante sobre a palinologia e os seus avanços

durante o século XIX até meados do século XX, destacando as primeiras obras, ensaios e publicações sobre o uso da palinologia como ferramenta importante em estudos sobre taxonomia de plantas. Quase uma década depois, Louveaux *et al.* (1970) implementaram o estudo sobre a identificação da origem floral dos méis produzidos por abelhas, utilizando a técnica da acetólise dos grãos de pólen proposta por Erdtman (1960).

No Brasil, as primeiras análises polínicas em produtos apícolas foram feitas a partir de amostras de méis de abelhas *Apis mellifera* por Santos (1961b) na cidade de Piracicaba – SP. Logo mais, amostras de méis foram estudadas por Barth (1970a, 1970b) nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro e posteriormente nos estados da Bahia e do Ceará (Barth, 1971). Os primeiros estudos com méis de Meliponini foram feitos por Maurizio (1964), e posteriormente por Absy *et al.* (1984) e Carreira *et al.* (1986), que analisaram amostras de méis da região Norte do país. Subseqüentemente, outros estudos foram feitos a partir de amostras de méis ou de pólen coletado por *Apis mellifera* e Meliponini (Barth, 1989, 1990, 1996; Barth e Luz, 1998; Barth e Coré-Guedes, 1999; Carvalho e Marchini, 1999; Barth e Dutra, 2000; Marchini *et al.*, 2000), e em 2004 foi apresentado por Barth uma importante revisão regional brasileira sobre tipos polínicos em amostras de mel, própolis e cargas de pólen depositado nas corbículas de abelhas *Apis mellifera* e Meliponini.

A aplicação da palinologia em estudo sobre a origem floral do alimento coletado pelas abelhas, através da identificação botânica dos grãos de pólen, mostrou-se fundamental também do ponto de vista da ecologia de abelhas (Absy e Kerr, 1977; Iwama e Melhem, 1979; Engel e Dingemansbakels, 1980; Sommeijer *et al.*, 1983; Kleinert-Giovannini e Imperatriz-Fonseca, 1987; Cortopassi-Laurino e Ramalho, 1988; Ramalho *et al.*, 1990; Silva *et al.*, 2008). Vários métodos foram testados para a obtenção de amostras de grãos de pólen coletados e/ou provisionados pelas abelhas. Malagodi-Braga e Kleinert (2009) compararam os métodos de análises de amostras de pólen coletados nas corbículas e nas colônias, apresentando as correções volumétricas dos grãos de pólen necessárias para essas análises ecológicas. Outro método para estudos de fontes florais utilizadas na alimentação da cria foi proposto por Eltz (2001), através da análise polínica do lixo resultante das células de cria desmanchadas após sua utilização, mas ainda não foi utilizado no Brasil. Um estudo recente usando a copropalinologia permitiu a identificação das espécies de plantas usadas pelos adultos de abelhas do gênero *Xylocopa* (Silva, 2009). Estudos com resíduos dos ninhos de abelhas solitárias do gênero *Centris* também têm possibilitado a identificação do alimento utilizado por imaturos durante o seu desenvolvimento (Dórea *et al.*, 2009; 2010; Silva *et al.*, 2010b).

A maioria dos trabalhos que usou a técnica de análise polínica para identificar as fontes alimentares das abelhas foi feita principalmente com espécies sociais (Cortopassi-Laurino e Ramalho, 1988; Wilms e Wiechers, 1997; Alves *et al.*, 2006;

Ramalho *et al.*, 2007; Kleinert *et al.*, 2009), sendo raros os que apresentam dados sobre as espécies solitárias (Bosch *et al.*, 2009; Cortopassi-Laurino *et al.*, 2009; Dórea *et al.*, 2009) e parassociais (Silva, 2009).

A carência de estudos com abelhas solitárias ou parassociais deve-se em parte à dificuldade de se encontrar essas abelhas nas flores; muitas dessas espécies representam menos de 3% dos indivíduos amostrados em flores no campo, como, por exemplo, espécies do gênero *Xylocopa* (Silva, 2009). Outro argumento é que muitas das espécies solitárias nidificam no solo ou em cavidades preexistentes, o que dificulta a sua localização, manejo dos ninhos e coleta de material polínico. O problema de se encontrarem os ninhos na natureza tem sido solucionado nas últimas décadas pelo uso de ninhos artificiais, também conhecidos como ninhos-armadilha. Esse método consiste em disponibilizar cavidades artificiais para atração e manutenção das abelhas (Camillo e Garófalo, 1982; Camillo *et al.*, 1995; Pereira e Garófalo, 2010). No Brasil, os ninhos-armadilha já permitiram estudos com as espécies solitárias, *Centris analis* (Dórea *et al.*, 2010; Silva *et al.*, no prelo) e *C. tarsata* (Dórea *et al.*, 2009). Esse método também permitiu o desenvolvimento de estudos com as espécies parassociais *Xylocopa grisescens*, *X. frontalis*, *X. hirsutissima* e *X. suspecta* (Silva, 2009). A análise do pólen amostrado a partir dos ninhos-armadilha tem possibilitado não somente identificar as plantas que mantêm as abelhas, como também avaliar a amplitude do nicho alimentar, determinar os padrões de escolha de espécies chave e compreender as redes de interações que se estabelecem entre as espécies de abelhas e espécies de plantas em um determinado ecossistema (Silva *et al.*, 2010c; Olesen *et al.*, 2011).

ESTUDO DE CASO

A palinologia como ferramenta importante na investigação das fontes de recursos florais que mantêm as populações de abelhas do gênero *Xylocopa*: subsídios para planos de manejo e conservação

A análise polínica é feita com base no conhecimento prévio das características morfológicas dos grãos de pólen e realiza-se por comparação do pólen presente nas abelhas, nas fezes, nos ninhos e/ou nos produtos apícolas com aqueles obtidos a partir de um laminário de referência da flora da região, previamente catalogados (palinoteca) (Iwama e Melhem, 1979; Kleinert-Giovannini e Imperatriz-Fonseca, 1987; Cortopassi-Laurino e Ramalho, 1988; Silva, 2009). Apesar de existirem grupos de pesquisa e estudos publicados sobre a palinologia de plantas brasileiras, o uso dos grãos de pólen como indicador no nível comunitário e sua aplicação em estudos de conservação dos polinizadores é ainda limitada, não somente no Brasil, mas também em outras partes do mundo.

A identificação das plantas que mantêm as abelhas tornou-se de grande importância para a elaboração de planos de manejo e conservação tanto em ecossistemas naturais, como também em agroecossistemas, o que pode minimizar os impactos gerados pelas ações antrópicas (Silva, 2009). Contudo, para a elaboração de planos de manejo e conservação é necessária mais do que simplesmente a elaboração de listas de espécies visitadas e/ou polinizadas, é preciso também analisar os aspectos ecológicos envolvidos na dieta das abelhas em uma escala espaço-temporal. Nesse sentido, a palinologia como uma ferramenta complementar é de fundamental importância na identificação das fontes de recursos florais que mantêm as populações de abelhas. A palinologia permite fazer análises, qualitativas e quantitativas, dos grãos de pólen, favorece a identificação de espécies preferencialmente utilizadas e auxilia na identificação de constância floral e na avaliação das categorias do comportamento alimentar das abelhas (especialistas: monolética e oligolética; ou generalistas: polilética).

Em um estudo apresentado por Silva (2009) para quatro espécies de abelhas do gênero *Xylocopa* em áreas naturais de cerrado sentido restrito, localizadas próximas aos cultivos de maracujá-amarelo, foi possível, por meio da análise polínica, identificar as espécies chave de plantas utilizadas na manutenção das espécies de abelhas estudadas. Durante o desenvolvimento deste estudo de caso, foi elaborado um protocolo para coleta, processamento, identificação e análises mais precisas dos grãos de pólen encontrados no corpo, nas células de cria e nas fezes de *Xylocopa* spp. Foram incluídos nesse protocolo estudos da flora local, fenologia de floração e análise da distribuição espaço-temporal dos recursos florais ao longo de toda a estratificação vertical. Ficou evidente a importância de se incluírem nesse protocolo as espécies distribuídas em toda a estratificação vertical (flora arbórea, arbustiva, herbácea e lianas), uma vez que as abelhas coletam recursos alimentares em todos os estratos. Para o cerrado sentido restrito, o estrato arbustivo foi de fundamental importância para a manutenção das abelhas durante o ano todo. A partir da lista de plantas obtida por meio dos estudos de florística e fenologia de floração, foi elaborada a Palinoteca do Laboratório de Imagem e Microscopia da Universidade Federal de Uberlândia – MG (Lamovi) com os grãos de pólen das espécies amostradas em toda a estratificação vertical.

No protocolo proposto, a coleção de pólen deve estar vinculada ao herbário e em cada exsiccata deve constar na etiqueta o código da lâmina da referida espécie acondicionada na palinoteca. O mesmo deve ser feito com as lâminas, que devem ter o número de registro do herbário referente à espécie de planta da qual foram retiradas as anteras para o procedimento de acetólise dos grãos de pólen (método proposto por Erdtman, 1960). Dessa forma, torna-se possível consultar as plantas no herbário e saber quais são as características da espécie, detalhes da morfologia floral, os recursos disponibilizados para a atração do visitante e período de floração. Tais informações cruzadas entre herbários e palinotecas são importantes para a

identificação mais precisa dos grãos de pólen encontrados nas lâminas elaboradas a partir dos grãos de pólen das abelhas. Recentemente, esse protocolo está sendo aplicado na implementação da palinoteca da FFCLRP-USP, onde estão sendo realizados estudos com espécies de abelhas sociais e solitárias.

O método de preparação do material polínico também deve ser o mesmo, tanto para o pólen proveniente das plantas, como também para aqueles obtidos das abelhas, sejam no corpo, em fezes, nas células de cria ou nos produtos apícolas. Não se pode fazer uma identificação precisa, comparando os grãos de pólen acetolisados com aqueles que foram utilizados para elaborar uma lâmina com o pólen fresco.

Seguindo o protocolo descrito, foi possível avaliar a qualidade das áreas do entorno dos cultivos do maracujá-amarelo e identificar os períodos de maior carência de recursos alimentares que sustentam as populações e as redes de interações estabelecidas entre as *Xylocopa* spp. e as plantas do cerrado sentido restrito. Nesse mesmo estudo, foi demonstrado o quanto a palinologia foi importante na identificação e distinção das fontes de alimento utilizadas por adultos e imaturos de *Xylocopa* spp. Desde o início das investigações feitas por Silva *et al.* (2006, 2008, 2009, 2010a, 2010c), os resultados apresentados têm fornecido subsídios para a elaboração de planos de manejo e conservação dessas abelhas em ambientes naturais e de cultivos do maracujá-amarelo (Silva *et al.*, 2010a; Silva *et al.*, no prelo). A partir dos dados obtidos foi possível produzir o catálogo polínico que se tornou um material de referência importante, trazendo informações sobre as espécies de plantas, características florais e descrição dos grãos de pólen (Silva *et al.*, 2010a). Catálogos polínicos são raros ainda no Brasil e são utilizados por pesquisadores nas áreas de botânica, palinotaxonomia, paleopalinologia, palinologia atual, melissopalinologia e copropalinologia. Esse material tem auxiliado também produtores de maracujá-amarelo e outras frutíferas que dependem das abelhas para a sua polinização.

AGRADECIMENTOS

À Fapemig pela bolsa de estudos no doutorado; à Capes pela bolsa de estudo no exterior (Universidad de Sevilla, ES) (proc. 3998/06-1) e pela atual bolsa de pós-doutorado pela FFCLRP-USP (proc. 02958/09-0); ao CNPq pela bolsa de apoio técnico (proc. 575069/2008-2); à Fapesp pelo auxílio financeiro (proc. 2010/10285-4).

REFERÊNCIAS

- ABSY, M. L. *Palynological Study of Holocene Sediments in the Amazon Basin*. 1979. Thesis (PhD), University of Amsterdam, Amsterdam. 1979.

- ABSY, M. L.; CAMARGO, J. M. F.; KERR, W. E. & MIRANDA, I. P. D. A. "Espécies de Plantas Visitadas por Meliponinae (Hymenoptera: Apoidea), para Coleta de Pólen na Região do Médio Amazonas". *Revista Brasileira de Biologia*, 44(2): 227-238, 1984.
- ABSY, M. L. & KERR, W. E. "Algumas Plantas Visitadas para a Obtenção de Pólen por Operárias de *Melipona seminigra merrillae* em Manaus". *Acta Amazonica*, 7: 309-315, 1977.
- ALVES, R. M. O.; CARVALHO, C. A. L. & SOUZA, B. A. "Espectro Polínico de Amostras de Mel de *Melipona mandacaia* Smith, 1863 (Hymenoptera: Apidae). *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 28: 65-70, 2006.
- BARTH, O. M. "Glossário Palinológico". *Memorial do Instituto Oswaldo Cruz*, 63: 133-162, 1965.
- _____. "Análise Microscópica de Algumas Amostras de Mel. 1. Pólen Dominante". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 42: 351-366, 1970a.
- _____. "Análise Microscópica de Algumas Amostras de Mel. 4. Espectro Polínico de Algumas Amostras de Mel do Estado do Rio de Janeiro". *Revista Brasileira de Biologia*, 30: 575-582, 1970b.
- _____. "Análise Microscópica de Algumas Amostras de Mel. 6. Espectro Polínico de Algumas Amostras de Mel dos Estados da Bahia e do Ceará". *Revista Brasileira de Biologia*, 31: 431-434, 1971.
- _____. *O Pólen no Mel Brasileiro*. Rio de Janeiro, Editora Luxor, 1989.
- _____. "Pollen in Monofloral Honeys from Brazil". *Journal of Apicultural Research*, 29(2): 89-94, 1990.
- _____. "Monofloral and Wild Flower Honey Pollen Spectra at Brazil". *Ciência e Cultura*, 48: 163-165, 1996.
- _____. "A Palinologia como Ferramenta do Diagnóstico e Monitoramento Ambiental da Baía de Guanabara e Regiões Adjacentes, Rio de Janeiro, Brasil". *Anuário do Instituto de Geociências*, 26: 52-59, 2003.
- _____. "Melissopalynology in Brazil: a Review of Pollen Analysis of Honeys, Propolis and Pollen Loads of Bees." *Scientia Agricola*, 61(3): 342-350, 2004.
- BARTH, O. M. & CORÉ-GUEDES, J. "Caracterização de Méis de Laranjeiras Procedentes dos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, Brasil, por meio da Análise Polínica". *LECTA*, 17: 27-35, 1999.
- BARTH, O. M.; DUTRA, V. M. L. "Concentração de Pólen em Amostras de Mel de Abelhas Monofloral do Brasil". *Geociências*, v. nr. esp., p. 173-176, 2000.
- BARTH, O. M. & LUZ, C. F. P. "Melissopalynological Data Obtained from a Mangrove Area Near to Rio de Janeiro, Brazil". *Journal of Apicultural Research*, 37(3): 155-163, 1998.
- BARTH, O. M. & MELHEM, T. S. *Glossário Ilustrado de Palinologia*. Campinas, Editora Unicamp, 1988.
- BAUERMANN, S. G.; MACEDO, R. B.; BEHLING, H.; PILLAR, V. & NEVES, P. C. P. "Dinâmicas Vegetacionais, Climáticas e do Fogo com Base em Palinologia e Análise Multivariada no Quaternário Tardio do Sul do Brasil". *Revista Brasileira de Paleontologia*, 11(2): 87-96, 2008.
- BOSCH, J.; GONZALEZ, A. M. M.; RODRIGO, A. & NAVARRO, D. "Plant-Pollinator Networks: Adding the Pollinator's Perspective". *Ecology Letters*, 12(5): 409-419, 2009.

- BRYANT, V. M. & MILDENHALL, D. C. "Forensic Palynology: a New Way to Catch Crooks". In: BRYANT, V. M. & WRENN, J. W. (Eds.). *New Developments in Palynomorph Sampling, Extraction, and Analysis*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1998, pp. 145-155.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C. A. "On the Bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa griseescens* (Lepelletier) in Southern Brazil: Nest Construction and Biological Cycle". *Revista Brasileira de Biologia*, 42: 571-582, 1982.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C. A.; SERRANO, J. C. & MUCCILLO, G. "Diversidade e Abundância Sazonal de Abelhas e Vespas Solitárias em Ninhos-armadilha (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata)". *Revista Brasileira de Entomologia*, 39: 459-470, 1995.
- CARREIRA, L. M. M.; JARDIM, M. A. G.; MOURA, C. O.; PONTES, M. A. O. & MARQUES, R. V. "Análise Polínica de Méis de Alguns Municípios do Estado do Pará – I. In: I Simpósio do Trópico Úmido, Belém. 1986, pp. 79-84.
- CARVALHO, C. A. L. & MARCHINI, L. C. "Tipos Polínicos Coletados por *Nannotrigona testaceicornis* e *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae)". *Scientia Agricola*, 56: 717-722, 1999.
- CORTOPASSI-LAURINO, M. & RAMALHO, M. "Pollen Harvest by Africanized *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* in Sao Paulo – Botanical and Ecological Views". *Apidologie*, 19(1): 1-24, 1988.
- CORTOPASSI-LAURINO, M.; ZILLIKENS, A. & STEINER, J. "Pollen Sources of the Orchid Bee *Euglossa annectans* Dressler 1982 (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) Analyzed from Larval Provisions". *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 546-556, 2009.
- CRUZ, N. M. C. "Paleopalinologia". In: CARVALHO, I. S. (Ed.). *Paleontologia*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2001, pp. 381-392.
- DÓREA, M. C.; SANTOS, F. A. R.; LIMA, L. C. L. E. & FIGUEROA, L. E. R. "Pollen Analysis of the Post-emergence Residue of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) Nests. *Neotropical Entomology*, 38(2): 197-202, 2009.
- DÓREA, M. C.; AGUIAR, C. M. A.; FIGUEROA, L. E. R.; LIMA, L. C. L. E. & SANTOS, F. A. R. "Residual Pollen in Nests of *Centris analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in an Area of Caatinga Vegetation from Brazil". *Oecologia australis*, 14: 232-237, 2010.
- ELTZ, T.; BRUHL, C. A.; VAN DER KAARS, S. & LINSSENMAIR, K. E. "Assessing Stingless Bee Pollen Diet by Analysis of Garbage Pellets: a New Method". *Apidologie*, 32(4): 341-353, 2001.
- ENGEL, M. S. & DINGEMANSBAKELS, F. "Nectar and Pollen Resources for Stingless Bees (Meliponinae, Hymenoptera) in Surinam (South America)". *Apidologie*, 11(4): 341-350, 1980.
- ERDTMAN, G. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*. Waltham, Chronica Botânica Co., 1952.
- _____. "The Acetolized Method. A Revised Description". *Svensk Botanisk Tidskrift*, 54: 561-564, 1960.
- FERRAZZO, M.; BAUERMANN, S. & LEIPNITZ, I. "Palinómorfos Não Polínicos Provenientes de Depósitos Quaternários do Delta do Rio Doce, Espírito Santo, Brasil. Parte I". *Gaea*, 4: 78-87, 2008.

- GORNITZ, V. "Paleoclimate proxies, an Introduction". In: GORNITZ, V. (Ed.). *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Amsterdam, Springer, 2009, pp. 716-720.
- HYDE, H. & WILLIAM, D. "Palynology". *Nature*, 155: 265, 1945.
- IWAMA, S. & MELHEM, T. S. "The Pollen Spectrum of the Honey of *Tetragonisca angustula angustula* Latreille (Apidae, Meliponinae)". *Apidologie*, 10(3): 275-295, 1979.
- KESSELER, R. & HARLEY, M. *Pollen – the Hidden Sexuality of Flowers*. London, Papadakis, 2009.
- KLEINERT, A. M. P.; RAMALHO, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. "Abelhas Sociais (Bombini, Apini, Meliponini)". In: PANIZZI, A. R. & PARRA, J. R. P. (Eds.). *Bioecologia e Nutrição de Insetos*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009, pp. 371-424.
- KLEINERT-GIOVANNINI, A. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. "Aspects of Trophic Niche of *Melipona marginata marginata* Lepeletier (Apidae, Meliponinae)". *Apidologie*, 18(1): 69-100, 1987.
- LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A. & VORWOHL, G. "Methods of Melissopalynology". *Bee World*, 51: 25-138, 1970.
- MALAGODI-BRAGA, K. S. & KLEINERT, A. M. P. "Comparative Analysis of Two Sampling Techniques for Pollen Gathered by *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier (Apidae, Meliponini)". *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 596-606, 2009.
- MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; TEIXEIRA, E. W. & OLIVEIRA, P. C. F. "Identificação das Cargas de Pólen Transportadas por Abelhas Africanizadas (*Apis mellifera* L.) de Diferentes Colônias Situadas num Mesmo Ambiente". *Ecossistema*, 25: 48-51, 2000.
- MAURIZIO, A. "Mikroskopische und Papierchromatographische Untersuchungen an Honig von Hummeln, Meliponinen und anderen zuckerhaltige Saefte sammelnde Insekten". *Z. f. Bienenf.*, 7(4): 98-110, 1964.
- MELHEM, T. S. "Palinologia: Suas Aplicações e Perspectivas no Brasil". *Coleção do Museu Paulista Série Ensaio*, 2: 325-368, 1978.
- MELHEM, T. S.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; CORRÊA, A. M. S.; MAKINO-WATANABE, H.; SILVESTRE-CAPELATO, M. S. F. & ESTEVES, V. L. G. "Variabilidade Polínica em Plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil)". *Boletim do Instituto de Botânica*, 16: 1-114, 2003.
- MOE, D. "Palynology of Sheep's Faeces: Relationship between Pollen Content, Diet and Local Pollen Rain". *Grana*, 22(2): 105-113, 1983.
- MOORE, P. D. & WEBB, J. A. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. London, Hodder and Stoughton, 1978.
- MORETI, A.; CARVALHO, C.; MARCHINI, L. & OLIVEIRA, P. "Espectro Polínico de Amostras de Mel de *Apis mellifera* L., Coletadas na Bahia". *Bragantia*, 59(1): 1-6, 2000.
- OLESEN, J. M.; BASCOMPTE, J.; DUPONT, Y. L.; ELBERLING, H.; RASMUSSEN, C. & JORDANO, P. "Missing and Forbidden Links in Mutualistic Networks". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1706): 725-732, 2011.
- ORTIZ, P. L. *Melitolpalinología en Andalucía Occidental*. 1991. Tesis (doctorado) – Ecología Vegetal, Universidad de Sevilla, Sevilla. 1991.

- _____. “The Cistaceae as Food Resources for Honey Bees in SW Spain”. *Journal of Apicultural Research*, 33(3): 136-144, 1994.
- ORTIZ, P. L. & PÓLO, J. M. “El Polen Recogido por *Apis mellifera* L. durante un Día”. *Boletim da Sociedade Broteriana*, 54: 43-60, 1992.
- PEIXOTO, A. L.; BARBOSA, M. R. V.; CANHOS, D. A. L. & MAIA, L. C. “Coleções Botânicas: Objetos e Dados para a Ciência”. In: GRANATO, M. & RANGEL, M. (Eds.). *Cultura Material e Patrimônio da Ciência e Tecnologia*. Rio de Janeiro, Museu da Astronomia e Ciências Afins, 2009.
- PEIXOTO, A. L. & MORIM, M. P. “Coleções Botânicas: Documentação da Biodiversidade Brasileira”. *Ciência e Cultura*, 55: 21-24, 2003.
- PEREIRA, M. & GARÓFALO, C. A. “Biologia da Nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisea* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Ninhos-armadilha”. *Oecologia Australis*, 14: 193-209, 2010.
- PUNT, W.; HOEN, P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S. & LE THOMAS, A. “Glossary of Pollen and Spore Terminology”. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 143(1-2): 1-81, 2007.
- RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “Important Bee Plants for Stingless Bees (*Melipona* and Trigonini) and Africanized Honeybees (*Apis mellifera*) in Neotropical Habitats – a Review”. *Apidologie*, 21(5): 469-488, 1990.
- RAMALHO, M.; SILVA, M. D. E. & CARVALHO, C. L. “Dinâmica de Uso de Fontes de Pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma Análise Comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no Domínio Tropical Atlântico”. *Neotropical Entomology*, 36: 38-45, 2007.
- SABA, M. D. *Morfologia Polínica de Malvaceae s.l.: Implicações Taxonômicas e Filogenéticas*. Tese (Doutorado) – Botânica, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. 2007.
- SAENZ DE RIVAS, C. *Polen y Esporas. (Introducción a la Palinología y Vocabulario Palinológico)*. Madrid, H. Blume Ediciones, 1978.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. *Contribuição à Palinologia dos Cerrados*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 1973.
- SANTOS, C. F. O. *Morfologia e Valor Taxonômico do Pólen das Principais Plantas Apícolas*. Tese (Livre-docência) – Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1961a.
- _____. “Principais Tipos de Pólen Encontrados em Algumas Amostras de Mel: Nota Prévia”. *Revista de Agricultura*, 36: 93-96, 1961b.
- SILVA, C. I. *Distribuição Espaço-temporal de Recursos Florais Utilizados por *Xylocopa* spp. e Interação com Plantas de Cerrado Sentido Restrito no Triângulo Mineiro*. Tese (Doutorado) – Ecologia e Conservação de Recursos Naturais Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2009.
- SILVA, C. I.; ARISTA, M.; ORTIZ, P. L.; BAUERMANN, S. G.; EVALDT, A. C. P. & OLIVEIRA, P. E. *Catálogo Polínico: Palinologia Aplicada em Estudos de Conservação de Abelhas do Gênero *Xylocopa* no Triângulo Mineiro*. Uberlândia, Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2010a.
- SILVA, C. I.; AUGUSTO, S. C.; BASTOS, E. M. & OLIVEIRA, P. E. A. M. “Análise do Pólen Encontrado no Corpo de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Apidae) e Interação com

- Plantas do Cerrado”. In: 57ª Congresso Nacional de Botânica, Gramado. *Anais*. 2006, CD-ROM.
- SILVA, C. I.; BALLESTEROS, P. L. O.; PALMERO, M. A. & OLIVEIRA, P. E. A. M. “La Palinología Aplicada a los Estudios Sobre la Conservación de las Abejas del Género *Xylocopa* spp. (Hymenoptera; Apidae) en la Región del Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brasil”. In: VII Simpósio Brasileiro De Paleobotânica e Palinologia, Florianópolis. *Anais*. 2008, CD-ROM.
- SILVA, C. I.; CASTRO, M. M. N.; FARIA, L. B.; ALEIXO, K. P. & GARÓFALO, A. B. “Identificação dos Recursos Florais Utilizados por *Centris (Heterocentris) analis* a Partir do Resíduo Pós-emergência de Ninhos”. In: IX Encontro Sobre Abelhas. *Anais*. 2010b, CD-ROM.
- SILVA, C. I.; MELLO, A. R. & OLIVEIRA, P. E. A. M. “A Palinologia como uma Ferramenta Importante nos Estudos das Interações entre *Xylocopa* spp. e Plantas no Cerrado”. In: XIX Encontro sobre Abelhas. *Anais*. 2010c, CD-ROM.
- SILVA, C. I.; OLIVEIRA, P. E. A. M. & GARÓFALO, C. A. “Conservação dos Polinizadores do Maracujazeiro: Proposta de Manejo para as Mamangavas-de-toco, *Xylocopa* spp. (Hymenoptera, Apidae) nos Cultivos de Maracujá-amarelo, *Passiflora edulis f. flavicarpa* Deneger (Passifloraceae)”. In: 3ª Semana dos Polinizadores, Juazeiro. *Anais*. no prelo.
- SOMMEIJER, M. J.; DEROOY, G. A.; PUNT, W. & DE BRUIJN, L. L. M. “A Comparative Study of Foraging Behaviour and Pollen Resources of Various Stingless Bees (Hym., Meliponinae) and Honey Bees (Hym., Apinae) in Trinidad, West-Indies”. *Apidologie*, 14(3): 205-224, 1983.
- STUPPY, W.; KESSELER, R. & HARLEY, M. *The Bizarre and Incredible World of Plants*. London, Papadakis, 2009.
- VALDÉS, B.; DIEZ, M. J. & FERNÁNDEZ, I. *Atlas Polínico de Andalucía Occidental*. Sevilla, Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Sevilla, 1987.
- VANDERHUCK, M. G. “Análisis Palinológico de la Miel y la Carga de Pólen Colectada por *Apis mellifera* en el Suroeste de Antioquia, Colombia”. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 3: 35-54, 1995.
- WILMS, W. & WIECHERS, B. “Floral Resource Partitioning between Native *Melipona* Bees and the Introduced Africanized Honey Bee in the Brazilian Atlantic Rain Forest”. *Apidologie*, 28(6): 339-355, 1997.
- WODEHOUSE, R. P. *Pollen Grains – Their Use Structure, Identification and Significance in Science and Medicine*. New York, McGraw-Hill, 1935.
- ZETSCHKE, F. “Sporopollenine”. In: KLEIN, G. (Ed.). *Handbuch der Pflanzenanalyse*. Wien, Verlag von Julius Springer, 1932, pp. 205-239.



21. Sistemas de Informação e Ferramentas Computacionais para Pesquisa, Educação e Disseminação do Conhecimento sobre Polinizadores

Antonio Mauro Saraiva, Dora Ann Lange Canhos

INTRODUÇÃO

A complexidade e a abrangência da Ciência da Biodiversidade, que lhe conferem a denominação de megaciência, exigem o suporte da Tecnologia da Informação (TI) no apoio às diversas atividades de pesquisa, disseminação do conhecimento, bem como no apoio à tomada de decisão sobre as ações de conservação e uso sustentável. Esse papel é cumprido por um conjunto de ferramentas computacionais que podem atender a necessidades que incluem a coleta dos dados, seu registro e armazenamento, acesso e divulgação mais fáceis e controlados, integração de dados distribuídos e análise (Saraiva, 2003).

Os polinizadores e a polinização são tópicos de especial importância no contexto da biodiversidade, pois são elos críticos e evidentes tanto na preservação de áreas naturais como na produção agrícola, com impacto direto na segurança alimentar e na produção de outras matérias-primas essenciais.

A Convenção da Diversidade Biológica (CDB) aprovou, em 2000, a Iniciativa Internacional para a Conservação e Uso Sustentável de Polinizadores, cujo propósito é promover ações mundiais coordenadas para:

- monitorar o declínio de polinizadores, suas causas e seu impacto nos serviços de polinização;
- diminuir a falta de informações taxonômicas sobre polinizadores;
- medir o valor econômico da polinização e o impacto econômico do declínio dos serviços de polinização;
- promover a conservação, a restauração e o uso sustentável da diversidade de polinizadores na agricultura e em ecossistemas relacionados.

Em todas essas ações há espaço e necessidade do suporte de ferramentas computacionais. O Brasil, por meio de seus pesquisadores, tem participado ativamente do desenvolvimento de várias ferramentas e de iniciativas internacionais da informática para biodiversidade em sentido amplo, e, em particular, para os polinizadores e a polinização.

Este artigo apresenta uma revisão de algumas dessas contribuições, procurando contextualizá-las no âmbito internacional.

ESTADO DA ARTE

Qualquer estratégia deve partir de iniciativas já existentes, apoiando e aprimorando desenvolvimentos bem-sucedidos e aprendendo com possíveis insucessos. A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) no âmbito das discussões do Fórum de Megaciência (grupo de informática em biologia) indicou que “é a necessidade de conectar esses recursos em informática (e as pessoas que os utilizam) em um conjunto sinérgico e interoperável que torna a informática biológica um esforço de megaciência”¹ (OECD, 1999).

As experiências existentes são divididas em três grupos: (i) Redes distribuídas de dados de ocorrência de espécies; (ii) informações sobre espécies e (iii) ferramentas de apoio à pesquisa.

Redes distribuídas de dados de ocorrência de espécies

Uma infraestrutura de dados e informações de acesso livre e aberto, disponível *online* em formato útil e utilizável para os diferentes públicos-alvo é base para o desenvolvimento de pesquisa, para a educação, para a definição de políticas públicas e para os processos de tomada de decisão.

As principais iniciativas que estão disseminando dados sobre a ocorrência de espécies de forma integrada são a rede global Global Biodiversity Information Facility (GBIF), a rede regional IABIN (Rede Interamericana de Informação em Biodiversidade), que possui uma rede temática específica de polinizadores, e a rede *speciesLink*, que integra dados de acervos biológicos do Brasil.

GBIF²

A criação do GBIF foi discutida e planejada no Fórum de Megaciência da OCDE e tinha por objetivo desenvolver um mecanismo internacional que teria como missão tornar dados e informações sobre biodiversidade mundialmente acessíveis. A ideia básica seria implementar uma infraestrutura distribuída, construída a partir de iniciativas existentes, visando contribuir para os avanços

1. ... It is the need to link these informatics resources (and the people who use them) into a synergistic, interoperable whole that makes biological informatics a megascience endeavor.

2. A URL da rede GBIF é <<http://www.gbif.org>>

em áreas de pesquisa científica. O foco do GBIF concentra-se nos dados de ocorrência de espécies.

O GBIF tem como estrutura um secretariado, responsável pela articulação e pelo desenvolvimento e manutenção do sistema de informação, e países e instituições associadas, responsáveis pela disponibilização dos dados. Conta com 55 países membros (14 da África, 6 da Ásia, 22 da Europa, 2 da América do Norte, 1 do Caribe, 2 da Oceania e 8 da América Latina), além de 46 participantes associados. O Brasil não é membro.

O GBIF disponibiliza de forma livre e aberta cerca de 270 milhões de registros (dados de janeiro de 2011), sendo cerca de 1,4 milhão do Brasil. De acordo com seu relatório de atividades (GBIF, 2009), 84% dos seus dados são providos por instituições da Europa e da América do Norte e somente 2% da América do Sul. Com relação à ocorrência geográfica dos dados, 75% deles são de observações ou coletas realizadas na Europa e na América do Norte e somente 6% na América do Sul.

O relatório não apresenta as estatísticas de maneira clara, mas a maioria dos dados disponíveis são dados de observação e não de coleta, mais especificamente, dados de observação de pássaros. Somente a *Avian Knowledge Network* tem cerca de 90 milhões de registros de observação de aves acessíveis através do GBIF.

O fato de os dados serem, na sua grande maioria, dados de observação dos continentes europeu e norte-americano demonstra a grande lacuna geográfica que o Brasil, país megadiverso, representa na rede GBIF. Também evidencia a necessidade do Brasil de investir em coleta, registro, organização, manutenção e disponibilização de dados sobre a ocorrência de espécies em seu território.

Com relação aos padrões e protocolos utilizados para a integração dos dados da rede distribuída, o GBIF trabalha com os modelos de dados DarwinCore³ e ABCD⁴ e com os protocolos Digir⁵, Tapir⁶ e Biocase⁷, os quais são desenvolvidos por meio de um processo aberto sob a coordenação do Biodiversity Information Standards (ou TDWG, *Taxonomic Database Working Group*)⁸.

REDE TEMÁTICA DE POLINIZADORES DA Iabin (PTN-Iabin)

A Iabin é uma iniciativa da Organização dos Estados Americanos (OEA) estabelecida em 1996 na Cúpula das Américas de Santa Cruz de la Sierra, Bolívia.

3. <<http://rs.tdwg.org/dwc/index.htm>>

4. <<http://wiki.tdwg.org/twiki/bin/view/ABCD/WebHome>>

5. <<http://digir.sourceforge.net>>

6. <<http://wiki.tdwg.org/twiki/bin/view/TAPIR/TapirLink>>

7. <<http://www.biocase.org>>

8. <<http://www.tdwg.org>>

Entre seus objetivos está o estabelecimento de uma rede para promover a digitalização, integração e troca de informações relevantes para a tomada de decisão e a educação sobre biodiversidade nas Américas. Adicionalmente a Iabin visa: fortalecer a capacidade técnica local e as cooperações para troca de informação sobre biodiversidade, superando fronteiras políticas, institucionais e de língua; incrementar a capacidade para armazenar, usar e distribuir informação sobre biodiversidade atualizada e cientificamente confiável; produzir ou adaptar ferramentas para tomadores de decisão de forma que eles possam formular políticas efetivas de manejo ambiental e promovam o desenvolvimento sustentável na região⁹.

Nesse contexto, e apoiada por recursos do Global Environmental Facility (GEF), foram criadas cinco redes temáticas, uma das quais é a Rede Temática de Polinizadores, PTN (Pollinators Thematic Network). Iniciada em 2006, a PTN tem por objetivos estabelecer uma rede de informações sobre polinizadores das Américas, englobando dados de espécimes em coleções, dados de interações entre polinizadores e plantas, dados de especialistas em polinizadores e polinização, literatura em polinizadores e listas de espécies polinizadoras. Um consórcio de instituições é responsável pelo projeto: Pollinator Partnership (EUA), Universidade de São Paulo – Escola Politécnica, Smithsonian Institution (EUA), National Biological Information Infrastructure, NBII (EUA) (Ruggiero e Saraiva, 2007; pollinators.iabin.net).

A PTN tem uma arquitetura distribuída segundo a qual os dados de polinizadores provêm de uma série de instituições participantes e são integrados em um portal da PTN para permitir acesso unificado ao conjunto de dados da rede. A Figura 21.1 mostra esse caráter distribuído da rede. Cada instituição mantém controle sobre seus dados, sendo responsável pela sua digitalização e tendo liberdade de usar para isso o *software* que lhe convier. Para garantir a interoperabilidade entre os diversos *softwares* e o portal PTN, uma interface padroniza a comunicação utilizando o padrão Darwin Core (DwC) para dados de ocorrências e o protocolo de comunicação Tapir, ambos definidos pelo TDWG.

Para apoiar a digitalização de dados de polinizadores a Iabin-PTN concedeu pequenos *grants* às instituições que se candidataram. Entre elas, incluem-se instituições de onze países das Américas, envolvendo cerca de 244 mil registros:

- Asociación Guyra Paraguay, Paraguai
- Consejo Nacional de Areas Protegidas (Conap), Guatemala
- Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá
- Pontificia Universidade Católica de Valparaiso, Chile
- Red de Acción de Agricultura Alternativa, RAAA, Peru

9. <www.iabin.net>

- Salva Natura, El Salvador
- Universidad Central del Ecuador, Equador
- Universidad de Chile, Instituto de Ecología y Biodiversidad, Chile
- Universidad de las Américas, Puebla, México
- Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
- Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Colômbia
- Universidad Nacional de Misiones, Argentina
- Universidade de São Paulo, Coleção Entomológica Paulo Nogueira-Neto, Brasil
- Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
- Universidade Federal do Maranhão, Brasil

O portal também exibe cerca de 196 mil registros provenientes da rede *speciesLink* do Brasil, desenvolvida e mantida pelo Cria com apoio da Fapesp e que inclui as coleções:

- Laboratório de Ecologia e Biogeografia de Insetos da Caatinga (Lebic) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG
- Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure (DZUP – Hymenoptera) – Universidade Federal do Paraná, UFPR
- Coleção Entomológica Paulo Nogueira-Neto (Cepann) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, IB-USP, Laboratório de Abelhas
- Coleção Entomológica do Depto. de Sistemática e Ecologia (DSEC), Universidade Federal da Paraíba, UFPB
- Coleção Entomológica Moure e Costa (Cemec), Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola, EBDA
- Coleção Entomológica da Universidade Federal de Pernambuco (CE-UFPE, Grupo Plebeia)
- Coleção de Abelhas do Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica, PUC-RS (MCP)
- Coleção Camargo do Departamento de Biologia – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, FFCLRP-USP (RPSP)

Inclui ainda cerca de 818 mil registros de polinizadores das Américas obtidos da base de dados do portal GBIF, para o qual contribuem diversas coleções do mundo todo.

Com o crescimento da rede Iabin-PTN, outros grupos e coleções têm demonstrado interesse em participar da rede e, embora não tenham recebido auxílio financeiro para a digitalização, têm recebido apoio técnico da rede, seja participando dos treinamentos, seja utilizando as ferramentas gratuitas com suporte da equipe. Nessa categoria incluem-se o Centro Universitário da Fundação Educacional de

Barretos e a Universidade Federal de Uberlândia (Instituto de Biologia), que estão em processo de digitalização e publicação de seus dados.

O portal de dados da Iabin-PTN, desenvolvido com base na mesma plataforma do portal do GBIF, permite diversos tipos de consultas e saídas de dados. A Figura 21.2 exibe o resultado de uma busca por dados de Apidae no portal¹⁰.

Uma importante característica adicional da rede PTN se refere a sua capacidade de trabalhar com dados de interação entre polinizadores e plantas, o que não existe no portal GBIF, por exemplo. Como esse tipo de informação é muito importante não só do ponto de vista da biologia das plantas e polinizadores, mas também do ponto de vista agrícola, esse foi um aspecto enfatizado na PTN.

Para tornar isso possível, foi necessário definir um padrão de dados de interação. Como o DwC não oferece suporte a esse tipo de dados, foi proposta uma extensão do padrão. Essa atividade, desenvolvida numa parceria da Iabin-PTN com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) envolvendo tecnicamente os grupos da Escola Politécnica-USP e do Cria, resultou numa primeira proposta de extensão que foi publicada no site do TDWG¹¹ (Cartolano Júnior *et al.*, 2007a) e que depois evoluiu para o padrão atualmente em uso na Iabin-PTN (Saraiva *et al.*, 2009). Graças a essa iniciativa iniciou-se um processo de digitalização de dados de interação polinizador-planta que, por seguirem um padrão, podem ser compartilhados, integrados e consolidados e, assim, ser utilizados em análises mais abrangentes. Gradualmente esse novo tipo de dados vai sendo adicionado ao portal Iabin-PTN; cerca de 75 mil desses registros estão em processo de digitalização na Rede de Polinizadores, mas há um grande interesse de diversos outros grupos e coleções em disponibilizar seus dados. A Figura 21.3 mostra um exemplo de tela do portal Iabin-PTN exibindo o resultado de uma consulta em que há dados de interação disponíveis para a espécie pesquisada. Para o inseto visitado são apresentadas: a planta com a qual houve a interação, o tipo de interação documentada (variando dentro de um vocabulário controlado: visita, polinização, coleta de pólen, de néctar, entre outros termos) e, se disponível, uma referência bibliográfica para aquela informação.

Como o passo inicial para disponibilização dos dados envolve a sua informatização, foi desenvolvida uma ferramenta para apoio à digitalização dos dados de polinizadores, denominada Pollinator Data Digitizer. Ela destaca-se por levar em conta três características importantes. Do ponto de vista da usabilidade, considera que as planilhas eletrônicas são a forma preferida pelos usuários para a entrada de dados em grande quantidade, pela facilidade de uso e portabilidade que as planilhas oferecem; por isso permite que os usuários continuem a usar as planilhas, mas oferece um mecanismo para carregar os dados num banco de dados mais adequa-

10. <<http://pollinators.iabin.net/portal>>

11. <<http://wiki.tdwg.org/twiki/bin/view/DarwinCore/InteractionExtension>>

do para outros fins, como consultas e integração a um portal. Do ponto de vista da integração dos dados em redes e portais, ela considera o padrão DwC para a definição dos campos a serem digitalizados, sua denominação e significado. Uma terceira característica refere-se a sua capacidade de abrigar dados de interação entre polinizadores e plantas, seguindo a proposta de extensão do DwC mencionada, no que é única. Em resumo, trata-se de um banco que permite a entrada de dados e a consulta a eles via internet, facilitando o acesso e dando total controle aos responsáveis pelo processo de digitalização, ao mesmo tempo em que permite que os dados sejam integrados e publicados em portais. A Pollinator Data Digitizer (PDD) é uma ferramenta de uso aberto que pode ser obtida na internet (no portal da Iabin-PTN) e instalada pelos interessados. Para aqueles grupos e instituições que não querem ou não podem manter a infraestrutura computacional necessária para ter o banco de dados *online*, a Iabin-PTN oferece a alternativa de se utilizar a ferramenta diretamente nos servidores da PTN na USP. É o que fazem atualmente os grupos das instituições Universidad de las Americas-Puebla (México), Pontificia Universidad Católica de Valparaiso (Chile), Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Red de Acción de Agricultura Alternativa (Peru), Universidad de Chile, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barreto e Universidade Federal do Maranhão (Laboratório de Estudo de Abelhas). Pode ser acessada em <<http://pollinators.iabin.net/digitizer>>.

A PTN procurou desde o início dar ênfase à criação de uma rede de pessoas envolvidas com o tema “polinizadores e polinização” como forma de fortalecer a rede de dados. Além de diversos treinamentos e suporte dados aos participantes e outros interessados, desenvolveu-se uma ferramenta para catalogar as pessoas envolvidas no tema. O banco de dados de contatos da PTN contém dados de cerca de duzentas pessoas das Américas, em sua maioria pesquisadores. Esses dados referem-se a campo de atuação ou especialidade do ponto de vista de grupo taxonômico, região, país, instituição, entre outros que permitem a um interessado identificar possíveis contatos. O objetivo é divulgar essas competências dentro da comunidade de pesquisa e, principalmente, para a sociedade em geral. O banco de dados de contatos tem diversos recursos para facilitar o acesso e a busca; aos especialistas, permite que seus dados estejam disponíveis apenas aos demais especialistas. Pode ser acessado em <<http://pollinators.iabin.net/contacts>> e é aberto ao ingresso de outros interessados.

Digitalizando uma gama maior de dados: *Biodiversity Data Digitizer*

Para fazer frente às crescentes demandas por digitalização de outros tipos de dados, tanto no âmbito da Iabin-PTN, como em outros projetos sobre biodiversidade nos quais está envolvido o Laboratório de Automação Agrícola da Poli-USP, foi desenvolvida uma nova ferramenta de digitalização com diversos outros recursos.

Denominada Biodiversity Data Digitizer (BDD), permite a digitalização de dados de espécimes e interações (como a PDD), de referências bibliográficas e de recursos multimídia. É baseada em padrões de metadados amplamente aceitos, como o DarwinCore (dados de ocorrências), Dublin Core (referências bibliográficas) e MRTG (para recursos multimídia, como imagens, áudio e vídeo).

Possui recursos para melhorar a qualidade dos dados taxonômicos e geoespaciais no processo de inserção dos dados. Permite completar automaticamente a hierarquia taxonômica com base em autoridades como Integrated Taxonomic Information System (Itis) ou no banco de dados local. Permite buscar e inserir automaticamente dados de localidade e geoespaciais com base em uma interface do *Google Earth* (Cartolano Júnior *et al.*, 2009).

Abriga, no início de 2011, módulos para a digitalização de dados de *déficit* de polinização e de monitoramento de polinizadores com base em protocolos definidos no projeto global “Conservation and Management of Pollinators for Sustainable Agriculture, through an Ecosystem Approach”, com apoio e coordenação global da Unep/FAO/GEF sob a coordenação no Brasil do Ministério do Meio Ambiente e Funbio. Contou com apoio adicional da Fapesp (projeto Bioabelha) para seu desenvolvimento.

REDE SPECIESLINK¹²

A rede *speciesLink* teve o seu início em 2001 graças ao apoio da Fapesp ao Cria, no escopo de seu programa Biota. A rede tem por objetivo integrar dados e informações sobre biodiversidade que estão disponíveis em museus, herbários e coleções microbiológicas, tornando-os disponíveis, de forma livre e aberta na internet. Tem como foco coletas realizadas no Brasil, depositadas em coleções do país ou do exterior.

Em 2001, a equipe do Cria, em vez de desenvolver padrões e protocolos próprios, optou por participar de uma iniciativa liderada pelas universidades de Kansas e da Califórnia (Berkeley) para desenvolver um modelo de dados e protocolo de comunicação a ser utilizado por redes distribuídas para integrar dados de coleções biológicas. Esse grupo também contou com a participação de técnicos do GBIF e, em 2002, foram lançados o modelo de dados DwC e o protocolo de comunicação Digir. Em outubro de 2002 foi lançada a rede *speciesLink* com oito coleções, sendo a primeira rede a ser lançada *online* utilizando o protocolo Digir. Várias coleções europeias não participaram dessa iniciativa e adotaram o modelo de dados ABCD associado ao protocolo de comunicação Biocase. Por esse motivo, o GBIF

12. <<http://splink.cria.org.br>>

teve que desenvolver um sistema capaz de trabalhar com os dois modelos de dados e os dois protocolos de comunicação. Na tentativa de otimizar o seu sistema, o GBIF contratou os estudos de alguns técnicos (um do Cria) para desenvolver um novo protocolo que pudesse ser utilizado pelos dois modelos de dados, resultando no protocolo Tapir.

A rede *speciesLink* utiliza como modelo de dados o DarwinCore e como protocolo de comunicação o Tapir, mas também integra dados de provedores Digir do exterior (repatriamento de dados). Essa estratégia provou ter sido acertada, uma vez que o repatriamento de dados de amostras coletadas no Brasil que estão depositadas em coleções que participam da rede GBIF é, do ponto de vista técnico, relativamente simples. O mesmo se aplica a uma eventual decisão política do governo brasileiro favorável à sua participação da rede GBIF. A rede *speciesLink* está tecnicamente apta e estruturada para compartilhar seus dados com a rede global.


Além de indexação, armazenamento, busca, recuperação e visualização dos dados, ao longo dos mais de nove anos de desenvolvimento, várias ferramentas foram desenvolvidas e incorporadas à rede (Fig. 21.4).

Conceitualmente, para participar de uma rede distribuída, cada provedor precisa ter um servidor dedicado, uma conectividade rápida e estável com a internet e equipe para manter o sistema 24 horas por dia, todo dia, *online*. Infelizmente, esta não é a realidade da grande maioria das coleções biológicas do Brasil. Para poder integrar os dados dos acervos dessas coleções sem que elas perdessem o controle sobre os seus dados, foram desenvolvidos alguns aplicativos e incorporados alguns elementos na arquitetura. As ferramentas permitem que cada coleção envie seus dados a um servidor regional ou *cache node*, atualizando-os sempre que necessário e retendo, se for o caso, qualquer registro ou campo considerado sensível. Permite também que cada coleção tenha sua própria política de dados, indicando se existe ou não alguma restrição quanto ao seu uso.

Foram também desenvolvidos um indexador e um banco de dados centralizado. Toda noite o sistema busca e indexa as atualizações realizadas nos servidores regionais e nas coleções dinamicamente integradas à rede. O desenvolvimento do sistema centralizado foi necessário para otimizar o tempo de resposta do sistema e para viabilizar o uso dos dados pelos diversos aplicativos de análise como o *data cleaning* e os *indicadores*.

Assim, além das análises possíveis graças à integração dos dados de várias coleções biológicas, existem ganhos concretos que cada coleção tem ao participar da rede. Ao enviar seus dados, cada coleção passa a ter acesso a dois relatórios de grande interesse a ela: *data cleaning* e *perfil do acervo*. O relatório *data cleaning* apresenta o resultado de várias análises dos dados realizadas por aplicativos que procuram mostrar dados *suspeitos*, como inconsistências geográficas e possíveis erros de digitação.

No exemplo da Figura 21.5, o sistema indica 168 registros com nomes suspeitos para espécies. O sistema compara os nomes ao banco de dados fonético (nomes foneticamente iguais com grafias diferentes são mostrados) e com os nomes listados no Catálogo da Vida. Ao clicar no link de nomes suspeitos para espécies, o sistema apresenta a lista que considerou suspeita.

São apresentados possíveis erros de digitação como as grafias “bradley” e “bradleyi” e “illustris” e “ilustris”. No primeiro caso, o sistema mostra que a grafia “bradley” tem apenas um registro na coleção e é o único registro de toda a rede, não tendo referência no Catálogo da Vida e que a segunda grafia “bradleyi” tem onze registros, também todas da coleção sob análise (Fig. 21.6). O ícone  leva o usuário ao sistema integrado de busca onde poderá encontrar informações sobre a espécie e a grafia correta “bradleyi” no Catálogo de Abelhas Moure¹³.

Dados cuja coordenada geográfica não cai na área do município indicado são mostrados juntamente com mapas indicando a localização do ponto e dos municípios. São também listadas as coordenadas geográficas e erros associados para os dados sem coordenada geográfica mas que indicam o município da coleta. Essas ferramentas procuram auxiliar o trabalho dos responsáveis pelas coleções na correção de possíveis erros e na completude de seus dados.

O relatório *perfil do acervo* apresenta uma série de gráficos gerados a partir dos dados disponíveis *online*. A seguir, para ilustrar essa ferramenta, é apresentado o gráfico de registros por Estado da Cepann, coleção que motivou a criação desse perfil e dos indicadores de rede (Fig. 21.5). A data de atualização dos gráficos é a data de atualização dos acervos.

Graças à arquitetura adotada que procura não alterar a rotina da coleção, adequar-se ao *software* que cada coleção está utilizando e que mantém o controle dos dados nas mãos de cada provedor, e graças aos aplicativos desenvolvidos, que representam verdadeiros incentivos para a participação das coleções, está havendo uma mudança cultural importante com respeito ao compartilhamento de dados de maneira livre, aberta e em rede. Tem-se como resultado uma rede que, mesmo sem um apoio devido, vem crescendo de forma substancial. A rede hoje integra os dados de mais de duzentas coleções zoológicas, botânicas e microbiológicas, que juntas possuem um acervo de cerca de 10 milhões de registros, dos quais cerca de 40%, ou seja, mais de 4 milhões, estão disponíveis *online* de forma livre e aberta a todos os interessados. Desses, 46% estão georreferenciados na origem e mais 30% por aplicativo. Assim, dependendo da precisão requerida pela análise, a rede disponibiliza 77% de seus dados georreferenciados. Como resultado, mesmo sem um apoio específico para a manutenção da rede, temos um crescimento significativo ao longo do tempo (Fig. 21.8).

13. Ver <<http://moure.cria.org.br>>

Catálogo de Abelhas Moure

O Catálogo de Abelhas Moure¹⁴ foi desenvolvido com recursos da Finep com a coordenação do prof. Gabriel A. R. de Melo da Universidade Federal do Paraná, sendo que o sistema de informação *online* foi desenvolvido pelo Cria. O catálogo partiu dos dados organizados pelo padre Jesus S. Moure sobre publicações acerca de abelhas presentes na região neotropical entre 1938 e 1975.

Além de informações sobre os gêneros, para cada espécie é apresentada a referência da descrição original, localidade tipo, distribuição geográfica, depositório do exemplar tipo, sinonímia completa e demais referências bibliográficas com o tratamento da espécie.

Para a maior parte dos grupos taxonômicos, a informação catalogada no período entre 1975 e 2006 está defasada. Para o catálogo foram incluídos apenas os táxons novos propostos no período e catalogados os trabalhos tratando da taxonomia dos grupos envolvidos. Os seguintes grupos foram catalogados de maneira mais completa: Colletini, Exomalopsini, Meliponini, Tapinotaspidini e Teratognathini. A última atualização do catálogo foi realizada no dia 4 de julho de 2008. Esse trabalho deveria ser retomado de forma que permitisse contribuições *online* via uma rede social especializada. A arquitetura do sistema está representada no diagrama a seguir.

O trabalho de digitação das fichas do prof. Moure foi realizado por técnicos contratados pelo projeto e alocados na Universidade Federal do Paraná. O trabalho de validação e atualização dos dados foi realizado pela equipe da UFPR e especialistas de outras instituições, mas não foi desenvolvido um sistema para entrada de dados e validação *online*. Um esquema do processo de produção é apresentado na Figura 21.9.

O catálogo possui mais de 2500 nomes de abelhas validados por especialistas com os respectivos autores, dados sobre os tipos, distribuição geográfica e referências. O mapa de distribuição é gerado dinamicamente usando o serviço web mapcria¹⁵.

O sistema deveria ser redesenhado de modo que permita a atualização e modificação *online* por especialistas.

Um estudo comparativo dos gêneros das espécies da família Apidae com os acervos disponíveis na rede *speciesLink* mostrou uma forte correlação. Do total de 147 nomes de gêneros encontrados na rede *speciesLink* pertencentes à família Apidae, somente treze não foram encontrados no catálogo Moure; desse, um não pertencia à família Apidae, dois não ocorrem no Brasil e quatro não foram publicados ou descritos. Trata-se, portanto, de uma referência importante e significativa para ser utilizada como ferramenta para limpeza e validação de dados.

14. <<http://moure.cria.org.br>>

15. <<http://www.cria.org.br/mapcria/doc>>

Outro resultado interessante é que dos 141 nomes válidos de gêneros encontrados nos registros da rede *speciesLink* classificados como Apidae, apenas dezesseis gêneros representam 82% dos dados; 125 gêneros respondem por cerca de 18% dos dados.

Lista de espécies da flora do Brasil

Em 2010, com a coordenação de Rafaela C. Forzza do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, foi elaborada a Lista de Espécies da Flora do Brasil¹⁶. O sistema contém mais de 94 mil taxa, incluindo nomes válidos e sinônimos, sendo que mais de 78 mil foram checados por especialistas. Do total de 40 982 nomes válidos, 31 156 são de angiospermas. Essa lista foi estruturada como um sistema *online*, sendo organizada por meio de uma rede social com mais de quatrocentos especialistas responsáveis por sua atualização. A existência de uma lista atualizada e validada de nomes das espécies da flora brasileira é certamente uma referência importante para a rede de polinizadores.

Webbee – informações sobre abelhas nativas para um público mais amplo

O grande desenvolvimento da informática para biodiversidade se deu, nas últimas décadas, graças ao interesse acadêmico em integrar dados primários de ocorrências de espécies: observações e espécimes coletados. Outras categorias de dados e informações, mais recentemente, passaram a ser alvo de desenvolvimento de sistemas, redes e de iniciativas de padronização. Um exemplo importante é o das informações sobre espécies. Estas não tratam dos dados de cada espécime individual, mas referem-se às características do conjunto dos espécimes de uma espécie. Essas informações têm, além de relevância científica, um interesse maior para outros setores da sociedade, como estudantes, professores e o público em geral. Além disso, no caso dos polinizadores e, em particular, das abelhas, as informações sobre espécies aproximam-se das necessidades dos agricultores em saber mais sobre a polinização, a criação das abelhas, a produção de mel e outros subprodutos, por exemplo.

Iniciativas ou projetos têm focalizado o desenvolvimento de sistemas e conteúdos sobre espécies biológicas. São exemplos desses sistemas a Encyclopedia of Life, EoL¹⁷, o Atlas of Living Australia¹⁸, projetos de grande envergadura que envolvem a criação, disponibilização e compartilhamento de informações sobre a biodiversidade com ênfase em espécies.

Um exemplo nacional pioneiro desse tipo de proposta é a WebBee¹⁹. Definida como “uma rede de informações sobre biodiversidade brasileira em abelhas”, foi co-

16. <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010>>

17. <www.eol.org>

18. <www.ala.org.au>

19. <www.webbee.org.br>

locada no ar em 2001, tendo como proposta disponibilizar informação de qualidade em português, para diversos públicos, incluindo estudantes, produtores e criadores (meliponicultores), uma lacuna identificada pela profa. Vera L. Imperatriz-Fonseca. Tratava-se de um sistema baseado em banco de dados acessível via web, com o qual se criavam páginas web dinâmicas de espécies de abelhas nativas (Saraiva *et al.*, 2003), uma abordagem inovadora à época em sistemas de informação para polinizadores. O conceito atual de ficha de espécies já estava presente na primeira versão do sistema, com textos dirigidos a um público mais amplo e com o apoio de diversas imagens utilizadas para caracterizar as espécies (Fig. 21.10). Completavam o sistema conteúdos sobre meliponicultura, sobre biologia de abelhas, dados *online* obtidos da estação meteorológica do Laboratório de Abelhas do IB-USP, entre outros.

O sistema foi posteriormente ampliado em seu escopo e na equipe de pesquisadores participantes. Passou a incluir material sobre a Iniciativa Brasileira dos Polinizadores, sobre pesquisadores notáveis como o prof. Paulo Nogueira-Neto, o pe. Jesus S. Moure e o prof. Warwick E. Kerr, sobre métodos de pesquisa, e diversos materiais de ensino e divulgação (classificação de abelhas, recursos florais etc.). Passou a contar com a participação de pesquisadores de outras instituições como a Embrapa Amazônia Oriental (dr. Giorgio C. Venturieri) e a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (profa. Marina S. Castro), que se somaram aos pesquisadores do IB-USP e da Poli-USP.

Com a evolução da informática para biodiversidade, os sistemas atuais passaram a dar uma ênfase maior na integração de dados e na interoperabilidade com outras aplicações, o que tem levado à adoção de padrões de metadados. No caso de dados de espécies, padrões como o Plinian Core²⁰ e o Species Profile Model²¹ têm sido propostos e usados.

No atual processo de evolução da WebBee, uma nova versão baseada no uso de padrões está em fase final de desenvolvimento. Ela apoia-se no uso de uma ferramenta para gerenciamento de conteúdos (CMS – Content Management Software) para sua estrutura básica. Para os conteúdos oriundos de bancos de dados, a entrada baseia-se na mesma ferramenta BDD, utilizando-se de módulos específicos para entrada de dados de espécies, de bibliografia e de multimídia apoiando-se nos padrões propostos pelo TDWG (Dublin Core e MRTG).

Ferramentas

Instrumentação e controle em pesquisas com polinizadores

A obtenção de dados em pesquisas, em campo ou laboratório, é um dos gargalos para a conservação da biodiversidade, e em particular para os polinizadores, dada

20. <<http://www.pliniancore.org>>

21. <<http://wiki.tdwg.org/SPM>>

a sua escala potencial. As dificuldades dos levantamentos dependentes de trabalho humano são claras, na medida em que a coleta de dados é realizada pelos pesquisadores mediante anotações manuais dos dados observados, muitas vezes em condições adversas, seja sob pressão do tempo e clima, seja pela fadiga após longos períodos de observação. A coleta de dados, dessa maneira, implica uma série de restrições: a atividade é dependente de mão de obra e da sua qualificação e treinamento; o período de coleta é limitado pela disponibilidade de pessoal; a coleta pode se tornar inviável ou muito dificultada em determinados períodos e situações, como durante a noite, por exemplo; erros de leitura podem ocorrer especialmente após longos períodos desse trabalho repetitivo, o que compromete a qualidade dos dados; podem ocorrer erros de transcrição das planilhas ou cadernetas de campo para meios eletrônicos para processamento e análise. Utilizando-se um sistema de coleta de dados automático, muitos desses problemas podem ser minimizados. A atividade fica mais independente de mão de obra, permitindo que esse tempo ganho seja utilizado na atividade mais nobre de análise de dados. Os dados podem ser coletados ininterruptamente, oferecendo uma maior quantidade, para análise, e eliminam-se erros humanos, o que contribui para sua qualidade. Como vantagem adicional, pode-se realizar a monitoração de diversos sítios ao mesmo tempo com equipamentos idênticos, multiplicando a capacidade de coleta e permitindo análises comparativas (Saraiva, 2003).

Monitoramento do microclima das colônias

Trabalhos pioneiros no monitoramento automático de colônias de abelhas *Apis mellifera* foram desenvolvidos no ApiLab da FFCLRP-USP, com a coordenação do prof. Lionel Segui Gonçalves. Eles envolveram o desenvolvimento dos sensores de contagem de abelhas, dos equipamentos de coleta dos sinais e os programas de apresentação dos dados (Gonçalves e Oliveira, 1986; Buriolla e Gonçalves, 1989). Em meliponíneos, sistemas de monitoramento baseados em CLPs (controladores lógicos programáveis) foram desenvolvidos no Laboratório de Abelhas do IB-USP no final dos anos 90 e utilizados em pesquisas de termorregulação e atividade de voo (Hilário, 2005).

A proposta original que motivou o desenvolvimento da *WebBee* incluía o monitoramento da colônia utilizando-se uma placa de captura de dados e sensores específicos para a contagem de abelhas em sua atividade de voo, e sensores de temperatura e umidade do ar no interior da caixa. Uma estação meteorológica também estava integrada ao sistema, cujos dados podiam ser visualizados via internet de maneira pioneira (Cunha, 2001; Cunha *et al.*, 2001).

Seguindo a evolução da tecnologia, surgiram outras propostas baseadas principalmente no uso de redes de controle e instrumentação inteligente para desenvolver sistemas de monitoramento e controle de colônias. Moreiras *et al.* (2003) propu-

seram o uso de uma rede híbrida CAN-TCP/IP para abrigar nós sensores (*sensor nodes*). O uso de telemetria via redes de telefonia celular GPRS para transmissão dos dados coletados em campo foi proposto por Cartolano Júnior *et al.* (2007b).

Uma tecnologia bastante consolidada na indústria, a das redes LONworks, foi alvo de diversos trabalhos e desenvolvimentos buscando aproveitar suas boas características de flexibilidade, conectividade e interoperabilidade, como em Canovas *et al.* (2007). A tecnologia LONworks foi escolhida para ser a base para o desenvolvimento de um equipamento para monitoramento de colônias robusto e de fácil utilização, denominado Hive Monitor, que está sendo utilizado em pesquisas na FFCLRP-USP. Além das variáveis monitoradas pelos demais sistemas de monitoramento, este permite adicionar outros sensores e realizar atuação para controlar algumas variáveis, por exemplo, acionando um aquecedor.

Weblabs – laboratórios via internet – áudio e vídeo em tempo real

Com o avanço das redes de computadores e com a melhora da infraestrutura em muitas instituições de pesquisa, passou-se a explorar outro conceito, o dos *weblabs*. Como o próprio nome sugere, eles são laboratórios acessados via internet. Podem ser laboratórios reais ou virtuais (simulados) nos quais os usuários interagem com a instrumentação e com o experimento remotamente. Diferentes níveis de interatividade e permissões podem ser concebidos, desde um experimento totalmente aberto ao público, até um outro restrito a apenas um grupo de pesquisadores.

A oportunidade para atuar nesse conceito de *weblabs* com o tema dos polinizadores surgiu dentro do projeto Tidia²²-Fapesp. O projeto, em uma das suas linhas, selecionou cerca de 22 grupos de pesquisas do estado de São Paulo para interligá-los com uma rede internet de alta velocidade, a internet avançada, através de uma infraestrutura física dedicada ao projeto que permitia largura de banda “virtualmente ilimitada” entre os grupos, uma vez que os recursos poderiam ser alocados na medida das necessidades²³. Entre os objetivos estava desenvolver aplicações e capacitação para uma rede de alta velocidade que, em pouco tempo, seria a internet convencional disponível no mercado, nas residências.

Nesse contexto, foi proposto o desenvolvimento de *weblabs* de polinizadores envolvendo o Laboratório de Abelhas do IB-USP, o Laboratório de Automação Agrícola da EP-USP e, posteriormente, o ApiLab da FFCLRP-USP. Graças à infraestrutura de comunicação de dados dedicada ao projeto, os laboratórios ficavam diretamente conectados com uma banda larga, podendo fazer uso dela para aplicações de transmissão e compartilhamento de imagens, vídeo, áudio e controle em tempo real (Giannini *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2007).

22. Tecnologia da Informação para o Desenvolvimento da Internet Avançada

23. <www.kyatera.fapesp.br>

Para utilizar essa infraestrutura em estudos de comportamento, foram desenvolvidas pesquisas com uso de vídeo e áudio no monitoramento remoto de colônias. O sistema experimental incluía câmera de vídeo, microfone e sistema de iluminação dispostos sobre uma área de recrutamento adaptada na entrada da caixa de criação, área essa que permitia a monitoração. Um *software* de controle de acesso, gravação e análise dos dados foi desenvolvido; as plataformas *Labview* (*software*) e *National Instruments* (placas de aquisição de dados) foram adotadas para o desenvolvimento por suas boas características de produtividade (Amancio *et al.*, 2006; Lopes Júnior, 2009). Atualmente as pesquisas se concentram em novas ferramentas para automatizar as análises, como rastreamento das abelhas e uma medida de agitação.

Coleta de dados em levantamentos de campo: uso de computadores de mão

Determinados tipos de dados ainda demandam a presença humana para sua coleta, como é o caso de levantamentos a campo. Ainda assim, a tecnologia pode auxiliar na automação desses procedimentos. Os PDAs (*Personal Digital Assistants*), ou computadores de mão, são uma alternativa real às cadernetas de campo, por exemplo. Integrando câmeras fotográficas e receptores de sistemas de posicionamento por satélite (GPS), esses computadores de mão equipados com *softwares* convencionais como planilhas, ou *softwares* dedicados com interfaces e conteúdos apropriados, podem facilitar as anotações, aumentar a produtividade da tarefa, evitar perda de dados e dispensar a transcrição dos dados que já estarão digitalizados.

Nessa linha, um aplicativo foi desenvolvido em conjunto com o prof. James C. Nieh da Universidade da Califórnia, San Diego, para uso em experimentos sobre comportamento das abelhas. Rodando sobre PDAs baseados em sistema operacional Windows Mobile, permite automatizar as anotações de uma série de comportamentos das abelhas, sua sequência (ordem) e os tempos despendidos em cada comportamento (como alimentando-se, voando etc.). Os dados coletados são exportados para planilhas eletrônicas para análise posterior. Foi utilizado em atividades didáticas e de pesquisa na UC, S. Diego (Saraiva *et al.*, 2005).

Jorge *et al.* (2007) desenvolveram uma outra aplicação de PDAs para coleta de dados em campo em experimentos do tipo ninho-armadilha. O experimento alvo do desenvolvimento requer a visitação frequente de um grande número de locais, cada qual contendo múltiplos ninhos-armadilha, para os quais é necessário anotar diversos dados em cada visita. O aplicativo desenvolvido baseia-se num formulário que facilita a coleta dos dados por meio de uma interface dedicada que procura minimizar as anotações textuais, priorizando o uso de menus, caixas de seleção e outros recursos. Foi utilizado nas pesquisas com ninhos-armadilha no *campus* de Ribeirão Preto da USP, dentro do projeto Bioabelha-Fapesp.

MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES: OPENMODELLER

Em contraste aos registros biológicos de ocorrência de espécimes, um mapa de distribuição potencial de espécies descreve sua probabilidade de ocorrência em uma área. Trata-se de ferramenta importante, especialmente para um país de dimensão continental como o Brasil, onde é impossível realizar um levantamento completo das espécies em campo e muito menos manter um processo de monitoramento contínuo. Modelos de distribuição acurados, com incerteza conhecida, são uma peça fundamental de informação para conservação da diversidade. O mapeamento das espécies é facilitado por técnicas de modelagem estatística para predizer sua ocorrência em áreas não pesquisadas (Saraiva, 2003).

A modelagem de distribuição de espécies ganhou um grande impulso recentemente e as ferramentas computacionais para tornar isso possível são um aspecto chave.

O DesktopGarp²⁴ já foi a principal ferramenta utilizada para modelagem de distribuição de espécies. Oferece a possibilidade de realizar múltiplas projeções a partir de um mesmo modelo, porém tem apenas um único algoritmo para modelagem, que é o Garp (Stockwell *et al.*, 2006).

O openModeller (Canhos *et al.*, 2004) destaca-se por: ser um ambiente mais completo, com ferramentas para analisar, visualizar e construir cenários ambientais; possuir diversas opções de algoritmos de modelagem, possibilitando a comparação de modelos gerados por diferentes algoritmos; ter recursos para entrada de dados ambientais e dados de espécies em formatos heterogêneos, sem preparação prévia; e sua integração com sistemas de informações geográficas, SIG.

A versão inicial foi desenvolvida pelo Cria. Uma substancial evolução foi obtida a partir do projeto homônimo financiado pela Fapesp, com a participação de pesquisadores do Cria (instituição coordenadora), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) contou também com a colaboração de desenvolvedores das Universidades de Reading (Reino Unido) e Kansas (EUA). Trata-se de um *software* aberto e gratuito, com código disponível para *download*²⁵. Um amplo leque de algoritmos foi desenvolvido, incluindo versões paralelas de algoritmos para serem executados em um *cluster* dedicado ao projeto. Possui interfaces para uso via *web* ou *desktop* e tem sido utilizado por diversos pesquisadores ao redor do mundo.

Recentemente, ganhou destaque o programa MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) em função da alegada exatidão do seu único algoritmo, que lhe empresta o nome, apesar de não oferecer muitas facilidades adicionais (Santana e Saraiva, 2010).

Como as abordagens para a modelagem são muito variadas e espelham o crescente interesse que tem despertado, o pacote Biomod surge como uma nova alter-

24. <<http://nhm.ku.edu/desktopgarp>>

25. <<http://openmodeller.sourceforge.net>>

nativa. Também oferece uma plataforma aberta e gratuita para a modelagem de distribuição de espécies. Foi desenvolvido com base na linguagem R e as versões mais recentes apresentam crescentes recursos (Thuiller *et al.*, 2009).

IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES A PARTIR DE IMAGENS

Uma das áreas na qual a computação pode dar uma importante contribuição na biodiversidade é relativa ao impedimento taxonômico. Embora a definição da classificação seja uma atividade que depende do especialista, o taxonomista, ferramentas computacionais podem auxiliar na identificação dos espécimes, desafiando o especialista que muitas vezes é acionado para essa tarefa.

Segundo Brown e Paxton (2009), a popularização de ferramentas que facilitem a identificação das abelhas para o grande público é uma das ações prioritárias na conservação desses organismos.

Alguns programas já foram propostos como apoio à identificação de indivíduos pertencentes a espécies já descritas. Um exemplo é o Automatic Bee Identification System (ABIS) (Schröder *et al.*, 1995), que permite a identificação automática baseada em características das asas. Entretanto, ele só reconhece alguns grupos de espécies que possuem determinadas características nas asas anteriores. Desse modo, um grande número de espécies, como as abelhas sem ferrão, não pode ser analisado por este *software* (Francoy *et al.*, 2006).

Uma abordagem que tem sido utilizada se baseia na morfometria geométrica e nos procedimentos e programas propostos por Rohlf (1990, 2008), os quais envolvem uma série bastante trabalhosa de passos e a manipulação de arquivos: criar um arquivo com a lista de arquivos de imagens de asas de abelhas; digitalizar as coordenadas dos marcos anatômicos colocados sobre a imagem da asa de abelha; gerar os arquivos de deformações (*warps*) a serem usadas nas análises estatísticas.

Foi desenvolvido um programa que automatiza essa manipulação dos arquivos. O pacote GeraCSV manipula os diversos arquivos necessários produzindo um único arquivo de dados em formato texto (.csv), compatível com os pacotes de *software* de análise estatística (Bueno *et al.*, 2009).

Adicionalmente, foi proposto de modelo de sistema e procedimentos para a melhoria e padronização do processo de identificação de abelhas por meio da morfometria das asas, incluindo desde as recomendações para uma adequada aquisição das imagens de asas até a efetiva identificação e classificação, com base num enfoque de reconhecimento de padrões (Bueno, 2010).

Buani (2010) propôs novo procedimento de identificação que envolve o algoritmo dos k-Vizinhos mais próximos (*k-Nearest Neighbours*) e a Lógica Fuzzy. A análise implementada pela Fuzzy kNN inclui a representação de um processo capaz de lidar com as variantes indesejadas que causam ruídos em qualquer pro-

cesso de classificação, como a presença de erros de digitalização nas amostras dos dados do conjunto, variações genéticas que podem ocorrer no processo natural de desenvolvimento das espécies, entre outros.

DIAGNÓSTICO

Não há dúvida de que houve muito progresso na última década com respeito aos sistemas de informação que estão integrando dados de provedores distribuídos e disponibilizando-os em diferentes formatos de maneira livre e aberta na internet. Mas existem ainda muitos problemas e desafios a serem superados.

As redes global, regional e brasileira

O Brasil ainda não aderiu ao GBIF, apesar de estar tecnicamente apto a integrar com relativa facilidade os dados das redes *speciesLink* e Iabin-PTN e de repatriar os dados textuais que estão disponibilizados na rede global. A não adesão é uma questão política.

Um dos problemas causados por esta não adesão é a falta de prioridade em digitar dados de coletas realizadas no Brasil. Não só apoio para que as coleções brasileiras digitem e digitalizem seus acervos, mas apoio para que as grandes coleções internacionais possam estabelecer a prioridade dos dados coletados no Brasil.

O Cria disponibiliza dados para várias redes como polinizadores para a rede Iabin e dados sobre espécies marinhas para o Sistema de Informações Biogeográficas dos Oceanos (Obis). Tanto Iabin como Obis, por sua vez, também integram seus dados ao GBIF. Trata-se de uma participação parcial, indireta, em que o país não colhe os benefícios possíveis, frutos de uma parceria plena.

Uma análise dos dados que estão sendo disponibilizados pelas três redes sobre polinizadores indica que não há coordenação entre os sistemas.

Um primeiro ponto que causa certa estranheza diz respeito aos poucos dados da família Apidae coletados no Brasil disponíveis na rede GBIF. Hoje representam cerca de 0,5%. Existem três possibilidades a serem investigadas: não existe um acervo significativo da família Apidae coletado no Brasil, em coleções do exterior; esse acervo existe, mas as coleções não estão compartilhando seus dados com a rede GBIF; ou ele existe, mas os dados não estão em formato digital.

Outro ponto diz respeito à falta de integração entre as redes. A tabela revela que os dados de instituições nacionais como os da Universidade Federal do Maranhão, da Universidade Federal de Uberlândia e do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos estão disponíveis para a rede Iabin-PTN, mas não para a rede *speciesLink*. Ao mesmo tempo, mostra que apenas parte dos dados brasileiros da rede *speciesLink* sobre polinizadores está disponível na rede

Iabin-PTN: coleções que foram integradas à rede *speciesLink* depois do projeto GBIF-Polinizadores não estão disponíveis à rede Iabin; mesmo os dados das coleções compartilhadas não estão atualizados. Mostra ainda que os dados da rede Iabin ainda não são enviados ao GBIF.

Uma solução para esses problemas poderia ser o estabelecimento de uma topologia entre as redes considerando o aspecto geográfico, do local para o global. Segundo essa ótica, teríamos uma rede nacional que integraria todos os dados locais, que serviria dados às redes continental (Iabin) e global (GBIF). Questões como atribuição de créditos a todos os envolvidos nos processos de financiamento, suporte e digitalização são tecnicamente solucionáveis. Ganhar-se-ia também no melhor aproveitamento e compartilhamento dos recursos financeiros e humanos, e do conhecimento técnico. Uma questão importante nessa proposta é a adesão do Brasil ao GBIF, para que os dados possam ser enviados ao seu portal de dados.

Acervos integrados à rede

Com o apoio de projetos pontuais, a rede de polinizadores, como rede temática do *speciesLink* vem evoluindo (Fig. 21.11). Cada degrau no gráfico representa o apoio de um projeto.

Uma avaliação do esforço de digitação e georreferenciamento dos dados é apresentada na Tabela 21.2.

São onze coleções do Brasil, todas de insetos, que juntas formam um acervo de 1,1 milhão de registros, sendo apenas 242 mil disponíveis *online* (21%), mas com elevado índice de georreferenciamento na origem (80%). Na tabela vemos que é necessário investir na digitação dos dados e na inclusão de acervos de outras regiões do país.

O trabalho apresentado por Alves-dos-Santos (2005) mostra uma tabela com dados sobre as principais coleções de abelhas do Brasil. Um programa para integrar dados de coleções de abelhas do Brasil, além de apoio à digitação de dados textuais e digitalização das imagens dos tipos, deverá procurar integrar os acervos das seguintes instituições:

- Museu de Zoologia da USP de São Paulo – SP;
- Museu Nacional Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ;
- Museu Paraense Emílio Goeldi – PA;
- Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais – MG;
- Universidade Federal de Viçosa – MG;
- Laboratório de Biologia e Ecologia de Abelhas, Universidade Federal da Bahia – BA;
- Universidade Federal do Maranhão (já integrada à rede IABIN) – MA;
- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – RJ;

- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC;
- Unesc Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma – SC;
- UEFS - Universidade Estadual de Feira de Santana – BA;
- Ufac - Universidade Federal do Acre – AC.

Análise do Conteúdo

Uma análise das famílias representadas mostra uma predominância da família Apidae (80%) seguida pelas famílias Halictidae, Sphingidae, Magachilidae e outras (Fig. 21.12).

Uma análise de registros por estado indica que mais de 70% são dos estados de São Paulo, Amazonas, Rio Grande do Sul, Bahia, Pernambuco e Paraíba, refletindo, de certa maneira, a localização geográfica das coleções. Repetindo a análise por região do Brasil tem-se que 33% dos dados são de amostras coletadas no Nordeste, 27% da região Norte, 23% do Sudeste, 14% do Sul e apenas 3% da região Centro-oeste. A última representa, portanto, importante lacuna geográfica da rede (Fig. 21.13).

Os dados disponibilizados de forma integrada na rede não são somente importantes para visualizar a distribuição de espécies e identificar lacunas geográficas. São também úteis para avaliar o material não identificado e formular programas de visitação de especialistas e de formação de taxonomistas. Uma busca no sistema para campos com o gênero não preenchido dá como resultado mais de 13 mil registros que podem ser visualizados na forma de inventários por família, por exemplo (Fig. 21.14).

Não cabe aqui analisar o resultado que apresenta 2 005 registros com o campo gênero em branco e com o campo família igual à Apidae, 395 Coleoptera, 835 Halictidae, 612 Sphingidae e 1000 Vespidae, somente para citar as famílias com mais de trezentos registros sem identificação do gênero. A ideia é mostrar as ferramentas e o conteúdo disponível *online* que permite esse tipo de análise por qualquer pessoa interessada.

Somente para citar mais um exemplo de análise de registros sem identificação, ao realizarmos uma busca pelo campo gênero diferente de branco e o campo espécie igual a branco ou igual (fonético) a “sp.”, obtemos como resultado o número de registros identificados até gênero, mas sem a identificação da espécie. Nessa análise os gêneros que apresentam o maior número de registros sem identificação das espécies são *Plebeia* (1 942), *Partamona* (1 595), *Frieseomelitta* (1 438) e *Scaptotrigona* (1 309).

A análise desses números e seu real significado dependem do conhecimento do especialista, mas as ferramentas existem para auxiliar na definição de prioridades de coleta (taxonômica e geográfica) e necessidade de formação de taxonomistas.

Mas para a família Apidae agora existe uma referência poderosa que pode auxiliar no trabalho de *data cleaning* e na definição de lacunas taxonômicas e geogr fi-

cas de conhecimento, o Catálogo de Abelhas Moure. O Anexo 1 apresenta o nome válido de gêneros da família Apidae e apresenta o número de registros encontrados na rede *speciesLink*. Várias análises podem ser feitas a partir desses dados.

Por exemplo, os gêneros *Trigona* Jurine, 1807, *Partamona* Schwarz, 1939, *Euglossa* Latreille, 1802, e *Melipona* Illiger, 1806, representam 50,6% dos registros disponíveis na rede *speciesLink*. Se selecionarmos os trinta gêneros mais coletados, esse número salta para mais de 90%. Se, em contrapartida, analisarmos o gêneros pouco coletados, temos 46 gêneros com dez ou menos pontos, sendo que desses, dez têm apenas um ponto e um *Dianthidium* Cockerell, 1900 não tem nenhum registro *online* sobre sua ocorrência no Brasil.

Ferramentas de análise dos dados precisam ser desenvolvidas e os resultados precisam ser utilizados e avaliados para orientar as novas coletas.

DESAFIOS

Vários desafios foram superados na última década com respeito a sistemas de informação. Com uma maior vivência com a internet e com exemplos concretos já experimentados, aos poucos a barreira cultural existente sobre o compartilhamento aberto dos dados em rede vem sendo eliminada. A evolução da tecnologia da informação e comunicação também tem contribuído, e muito, para estimular esse compartilhamento aberto de dados, superando obstáculos como a falta ou a precariedade da infraestrutura nas coleções (equipamento, *software*, capacitação e conectividade). O grande desafio agora, além de continuar com as atividades básicas de integrar mais acervos, digitar mais dados, digitalizar e integrar imagens à rede etc., é aumentar nossa capacidade de usar e analisar esses dados e informações para produzir uma ciência melhor e uma política mais sustentável, incorporando esse acervo de dados, informações e conhecimento ao processo de educação do nosso país.

Portando do ponto de vista da tecnologia da informação como ferramenta de apoio à conservação e ao uso sustentado dos polinizadores, são elencados os seguintes desafios:

- Desenvolver e manter uma infraestrutura compartilhada de dados, de acesso livre e aberto, em formato útil e utilizável, para os diferentes atores sociais, provedores e usuários de informação, incluindo, mas não restrito a, taxonomistas, ecólogos, conservacionistas, educadores, apicultores, agricultores, legisladores, formuladores de políticas e tomadores de decisão.
- Promover a participação dos diferentes atores direta ou indiretamente envolvidos com polinizadores e polinização no desenvolvimento das ferramentas de TI, como forma de melhor atender suas necessidades e aumentar a efetividade e o uso dos produtos.

- Tornar dados científicos úteis e utilizáveis na formulação de políticas públicas e em processos de tomada de decisão.
- Elaborar políticas públicas e planos de ação com fontes de financiamento estáveis e de longo prazo para a pesquisa, o desenvolvimento e a manutenção de ferramentas computacionais voltadas ao tema dos polinizadores e a polinização, condizentes com as necessidades do país em conhecer, conservar, acessar e usar polinizadores naturais e comerciais em bases sustentáveis.
- Fomentar uma maior cultura digital entre os diferentes atores sociais em polinizadores e polinização, visando ao compartilhamento de dados de forma livre e aberta, associado ao uso de ferramentas e técnicas computacionais, matemáticas e estatísticas para pesquisas e análises.
- Fomentar a criação de grupos interdisciplinares na abordagem dos temas polinizadores e polinização, envolvendo, além de biólogos, ecólogos e agrônomos, profissionais das áreas de computação, engenharia elétrica, matemáticos, economistas, educadores, designers, entre outros, para tratar de maneira integrada os múltiplos aspectos envolvidos.
- Promover a integração das diversas iniciativas de digitalização de dados em nível institucional, estadual, nacional, continental e global, de modo a promover ou aumentar a sinergia, a colaboração, o compartilhamento de dados e código (programas), o melhor uso dos recursos financeiros, humanos e tecnológicos.

SWOT ANALYSIS

Para desenvolver uma estratégia é necessário considerar as variáveis críticas que podem afetar um plano de ação para a consolidação da rede brasileira de polinizadores. O diagnóstico inclui os pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças que devem ser consideradas para aumentar a possibilidade de superação dos desafios. Os pontos fortes e fracos são objeto de ações específicas no plano proposto. As oportunidades e ameaças devem ser monitoradas, mas não são objetos de ação do plano.

Pontos fortes

Dados

- Existência de coleções biológicas em todas as regiões do Brasil que podem contribuir com dados.
- Participação de coleções com acervos importantes na rede *speciesLink*;
- Existência de listas validadas de nomes de espécies para plantas e abelhas da região neotropical.

Capacitação/formação de recursos humanos

- Existência de uma massa crítica importante de profissionais que atuam nos vários temas ligados a polinizadores e polinização, e que pode ser mobilizada para abordar os problemas nas suas várias vertentes.
- Existência de *expertise* nacional em sistemas computacionais, sentido amplo, e em particular em sistemas para biodiversidade, com participação e reconhecimento internacionais, incluindo o domínio dos principais padrões e protocolos de informática para biodiversidade e participação nos principais fóruns internacionais.
- Existência de uma cultura digital (matemática, computacional, estatística) prévia entre os principais grupos e atores da área biológica.
- Existência localizada de uma cultura para a realização de trabalhos interdisciplinares.
- Experiência da rede Iabin-PTN em capacitação de diversos grupos em digitalização de dados e formação de uma rede de colaboradores.

Sistemas de informação e outras ferramentas computacionais

- Existência de padrões e protocolos computacionais para informatização e integração em rede dos dados dos acervos de coleções biológicas.
- Existência de ferramentas para identificar possíveis erros de digitação, inconsistências geográficas e taxonômicas e para agregar valor.
- Existência de uma rede de comunicação sólida, a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), e parceiros estaduais, como a Academic Network at São Paulo (ANSP) e a Rede Rio, distribuída por todo o Brasil, ligando as principais instituições de pesquisa e universidades.
- Existência da rede *speciesLink*, um sistema integrado de dados de acervos de coleções biológicas do Brasil.
- Existência da rede Iabin-PTN, de alcance continental, integrando dados do Brasil e demais países da América.
- Existência de ferramentas de modelagem de nicho ecológico desenvolvidas, testadas e disponíveis (*open source*), inclusive desenvolvidas no país, com *expertise* local.
- Existência de ferramentas auxiliares de identificação de fácil utilização e simples para treinamento de pessoal.

Pontos fracos

Acervo de dados

- Falta de reconhecimento e de apoio contínuo às coleções biológicas do país.
- Ausência de acervos brasileiros importantes nas redes *speciesLink* e Iabin-PTN.
- Ausência de mecanismos de vinculação da concessão de auxílios à publicação de dados obtidos com recursos públicos e sua integração às redes nacionais de dados.

- Ausência de informações sobre a precisão dos dados, principalmente em relação às coordenadas geográficas.
- Existência de grandes lacunas de informação taxonômica e geográfica nos sistemas *online* de acesso aberto.
- Dificuldades no acesso e no uso, de forma integrada, de dados climáticos, agrícolas e econômicos.
- Insuficiência de dados sobre a biologia básica das espécies.
- Insuficiência de informações decodificadas e digitalizadas para um público mais amplo.

Capacitação/formação de recursos humanos

- Carência de recursos humanos de apoio técnico, tanto para auxílio na manutenção das coleções quanto no apoio às questões de informática e instrumentação. neste setor em particular, dificuldade de atrair e reter os profissionais para desenvolvimento de sistemas e/ou apoio técnico em decorrência da concorrência com um mercado bastante aquecido.
- Necessidade de expandir a cultura digital (matemática, computacional, estatística) a todos os atores para dar maior embasamento aos trabalhos.
- Necessidade de estimular e criar facilidades institucionais para a realização de trabalhos interdisciplinares e interinstitucionais.
- Falta de pessoal com capacitação em decodificar o conhecimento para um público mais amplo, em linguagem apropriada.
- Dificuldades na contratação de especialistas em projetos apoiados por agências de fomento.

Infraestrutura em informática e comunicação

- Precariedade/heterogeneidade da infraestrutura em informática nas coleções e grupos de pesquisa (*hardware, software, rede de comunicação*).
- Dificuldade de obtenção de recursos para manutenção da infraestrutura em oposição à maior disponibilidade de recursos para novos empreendimentos.
- Falta de recursos para uso de ferramentas mais sofisticadas e de laboratórios especializados.
- Falta de recursos para o desenvolvimento de ferramentas auxiliares de identificação.

Oportunidades

- Existência de sistemas *online* integrados com dados de acervos de coleções biológicas como a Iabin e a rede GBIF que estão contribuindo para a disseminação *online* de dados sobre os acervos mundiais, facilitando o processo de repatriamento de dados.

- Existência de dados abióticos necessários para análises e modelagem.
- O crescimento da percepção na sociedade em geral da importância da biodiversidade, sua conservação e uso sustentado, com a consequente valorização das ações, profissões, e programas relacionados.
- O interesse da mídia em temas ambientais.
- A existência do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Herbário Virtual da Flora e dos Fungos, que está organizando a rede brasileira de herbários e disseminando os dados dos acervos de forma livre e aberta na internet.
- Futuras chamadas para outros projetos de grande porte, como os INCTs, como possibilidade para o tema polinização e polinizadores.
- A crescente consolidação de uma cultura de digitalização e compartilhamento *online* de dados de biodiversidade.
- O uso crescente de ferramentas computacionais como apoio às pesquisas e à disseminação do conhecimento, gradualmente rompendo resistências ao acesso livre e aberto de dados.
- A existência de iniciativas internacionais colaborativas como os programas da Convenção sobre Diversidade Biológica, o Global Taxonomy Initiative (GTI), o International Pollinators Initiative (IPI) e o Global Strategy for Plant Conservation (GSPC).
- O surgimento de programas interagências para levantamentos de dados de biodiversidade (p. ex. Sisbiota).
- A inserção brasileira nos diversos fóruns internacionais de biodiversidade e de informática para biodiversidade.
- O desenvolvimento e padronização de protocolos para a troca mundial de dados de biodiversidade, como o *Biodiversity Information Standards* (TDWG).
- A existência de iniciativas internacionais para financiamento a pesquisas e a redes colaborativas envolvendo a Comunidade Europeia e o Brasil.
- As iniciativas nacionais e internacionais para conservação de polinizadores, envolvendo diferentes setores da sociedade.
- As iniciativas voltadas à promoção do acesso livre e aberto a dados e informações, como Open Archives Initiative e Conservation Commons, e como a Política Institucional de informação de acesso aberto à produção científica da USP, onde está sendo criado o Repositório Institucional da USP com o apoio da Finep.

Ameaças

- Atitudes e políticas protecionistas em relação às informações ambientais e dados de distribuição por parte dos setores de desenvolvimento e pesquisadores.
- Dificuldades na contratação de especialistas em projetos apoiados por agências de fomento e falta de mecanismos de financiamento a projetos de longa duração.

- Falta de políticas e recursos para financiamento à manutenção de sistemas, seja por agências de fomento, seja nas próprias instituições.
- A falta de valorização ao desenvolvimento de conteúdos / materiais de divulgação no meio científico.
- A falta de indicadores de produtividade científica para o desenvolvimento, manutenção e disponibilização de sistemas de informação e/ou dados de acesso livre e aberto na internet.
- Desenvolvimento de sistemas não é adequadamente valorizado como produção científica também do ponto de vista da computação.
- A fragilidade das espécies ante as mudanças climáticas.
- A manutenção da posição brasileira de não integração do Brasil ao GBIF, perdendo-se a oportunidade de interferir mais diretamente nas decisões sobre as direções a serem tomadas nas atividades do GBIF.
- A falta de uma política e de uma ação concreta de integração das redes de dados e demais iniciativas de digitalização e desenvolvimento de sistemas, que evite a redundância de dados e a duplicação de esforços desnecessários.

PLANO ESTRATÉGICO

O plano estratégico deverá ter ações específicas voltadas aos dados dos acervos, aos sistemas de informação e ferramentas computacionais e à capacitação e formação de recursos humanos, as três áreas identificadas nos pontos fortes e fracos do SWOT Analysis.

ACERVOS DE DADOS

Recomenda-se a inclusão das seguintes linhas de ação específicas:

- i. Digitação de dados textuais de acervos de coleções do Brasil.
Apoio para a digitação de dados com o compromisso formal de integração do acervo digital às redes de dados *speciesLink*, *Iabin-PTN* e *GBIF* (quando o Brasil for signatário da rede);
- ii. Digitalização de imagens dos tipos e de outros espécimes de relevância para a taxonomia;
Apoio à digitalização das imagens em alta resolução em tamanho e padrão predefinidos associado a metadados cujo conteúdo e padrão também serão predefinidos.

- iii. Banco de imagens e serviço *web* associado.
Apoio para o desenvolvimento e manutenção de um servidor de imagens e serviços *web* associados.
Apoio para o desenvolvimento e manutenção de um serviço de identificação de espécies por comparação de imagens (*asa*).
- iv. DNA *barcoding*.
Incorporação de dados de DNA *barcoding* nos dados de espécimes.
- v. Listas validadas de nomes de espécies de polinizadores
Apoio ao desenvolvimento de sistemas *online* para a construção de listas taxonômicas de atualização contínua.
Apoio ao redesenho do Catálogo de Abelhas Moure.

CAPACITAÇÃO E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

- i. Graduação.
Inclusão de disciplinas e conteúdos relativos à digitalização de dados, a conceitos e ferramentas computacionais ligados ao estudo e disseminação de conhecimento sobre polinizadores.
Realização de programas de iniciação científica ligados ao estudo e uso de conceitos e ferramentas computacionais aplicadas aos polinizadores.
- ii. Pós-graduação.
Apoio ao oferecimento de disciplinas de pós-graduação com forte conteúdo interdisciplinar voltado à interface entre polinizadores e computação, a fim de formar novos pesquisadores nessa área.
Ampliação do oferecimento de bolsas e oportunidades em estudos voltados ao desenvolvimento e à aplicação de ferramentas computacionais nos temas ligados aos polinizadores, contemplando alunos de engenharia, computação e biologia.
- iii. Extensão.
Oferecimento de bolsas de longa duração para a preparação de materiais ligados aos polinizadores para alimentar os sistemas de informação *online*, por exemplo, as fichas de espécies.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E OUTRAS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

- i. Coordenação e integração das redes de dados.
Apoio a um projeto de coordenação e integração das redes de dados, e das ferramentas de digitalização e qualidade de dados, em nível nacional e internacional, com definição de papéis e topologia dos sistemas.

- ii. Desenvolvimento de sistemas computacionais de análise de dados e modelagem. Apoio ao desenvolvimento de sistemas de análise e modelagem aplicados aos polinizadores, envolvendo diferentes abordagens como nicho ecológico, redes de interação etc., construindo sobre a experiência prévia de sistemas como o openModeller, sistemas de identificação a partir de asas, entre outros.
- iii. Desenvolvimento de sistemas de informações para a sociedade em geral. Apoio ao desenvolvimento de sistemas com informação decodificada para diferentes públicos que precisam ser informados sobre polinizadores e polinização, como a WebBee.
- iv. Desenvolvimento de padrões com a comunidade internacional. Apoio à participação do Brasil nos fóruns internacionais ligados à definição de padrões de dados em biodiversidade e a grandes iniciativas de dados, ferramentas e redes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um considerável acervo de soluções da tecnologia da informação disponível para apoio a pesquisas, educação e disseminação do conhecimento em polinizadores. Há espaço e necessidade de muitas outras, pois o desafio de compreender os polinizadores e a polinização, o impacto das mudanças globais sobre eles, tudo isso sob a pressão do evidente declínio dos polinizadores, é enorme.

Para se ter sucesso e vencer esse desafio são necessários recursos humanos, que devem ser formados; é necessária a interação entre os atores do lado da tecnologia e do lado da biologia; são necessários recursos e uma política de apoio à pesquisa e ao desenvolvimento dessas ferramentas, à criação de conteúdo e à manutenção dos sistemas.

Os resultados já obtidos até o momento provam que, quando as condições são dadas, a Ciência Brasileira responde às demandas.

Tabela 21.1. Comparação dos dados disponibilizados pelas três redes: GBIF, labin e *speciesLink* para a família Apidae (dados de 05 fev. 2011).

PROVEDOR	REGISTROS		
	GBIF	labin	speciesLink
Coleções do Brasil:			
CE-UFPE (Coleção Entomológica da Universidade Federal de Pernambuco), PE	19561	19500	26115
CECG (Coleção Entomológica dos Campos Gerais do Paraná), PR			44
Cemec (Coleção Entomológica Moure e Costa), BA	14488	11925	12347
Cepann (Coleção Entomológica Paulo Nogueira-Neto), IB-USP, SP	30861	40120	33571
DSEC (Coleção Entomológica do Depto. de Sistemática e Ecologia) UFPB, PB	6886	5459	9475
DZUP-Hymenoptera (Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure) UFPR, PR	6422	12230	12725
Inpa-Hymenoptera (Coleção de Hymenoptera, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), AM			11153
Inpa-Insecta-tipos Coleção de Tipos, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), AM			8
Lebic (Laboratório de Ecologia e Biogeografia de Insetos da Caatinga – Universidade Federal de Campina Grande, PB	1529	1529	1529
MCP (Coleção de Abelhas do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS), RS	9103	9963	14647
MHNCI-Entomologia (Coleção Entomológica Museu de História Natural Capão da Imbuia), PR			463
MZUEL-Abelhas (Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina), PR			277
RPSP (Coleção Camargo do Departamento de Biologia – FFCLRP-USP), SP	61224	61224	63029
SinBiota - Sistema de Informação do Programa Biota/Fapesp			2372
Ufes-Entomologia (Coleção Entomológica da Universidade Federal do Espírito Santo), ES			125
UFMA (Universidade Federal do Maranhão), MA		16122	
Universidade Federal de Uberlândia (em digitalização)		8000	
Centro Universitário da Fundação Educacional de Barreto		43	
Total Brasil	150074	186115	187880
Internacionais:			
ELKU	2		
ICN	48		
ILLINOIS	326		
KANSAS UNIVERSITY	249		
OSUC	64		
PEOBODY	39		
USDA	81		
USNM	16		
ICN		157	
Diversas coleções – dados replicados da rede GBIF		150684	
Total Internacionais	825	150841	
TOTAL GERAL	150899	338956	187880

Tabela 21.2. Fotografia dos acervos de polinizadores (*speciesLink*, jan. 2011).

COLEÇÃO	ACERVO	ONLINE	%	GEO.	%	AUTOGEO.	TOTAL GEO. %	ATUALIZAÇÃO
CE UFPE, Recife, PE	40 000	33 347	83	33 258	100	17	100	09/11/10
Cemec, Salvador, BA	40 000	18 656	47	18 593	100	1	100	03/04/08
Cepann, São Paulo, SP	41 650	41 650	100	38 563	93	16	93	04/11/10
DSEC, João Pessoa, PB	20 000	13 689	68	13 670	100	18	100	28/04/09
DZUP Hymenoptera, Curitiba, PR	500 000	16 399	3	14 638	89	466	92	29/10/10
DZUP Lepidoptera, Curitiba, PR	268 005	4 986	2	2 220	45	1 876	82	08/08/08
Inpa Hymenoptera, Manaus, AM	15 000	14 392	96	4 240	29	4 817	63	04/01/11
Lebic, Patos, PB	4 668	3 851	82	3 080	80	720	99	06/11/07
MCP, Porto Alegre, RS	30 000	27 094	90	10 560	39	1 836	46	20/12/10
MZUEL Abelha, Londrina, PR s	1 500	277	18	272	98	5	100	07/10/09
RPSP, Ribeirão Preto, SP	171 000	68 598	40	55 197	80	4 409	87	10/11/05
Total:	1 131 823	242 939	21	194 291	80	14 181	86	

Fig. 21.1. Arquitetura da Rede Temática de Polinizadores da IABIN. Instituições e outras redes participantes que contribuem com seus dados sobre polinizadores para o portal de dados.

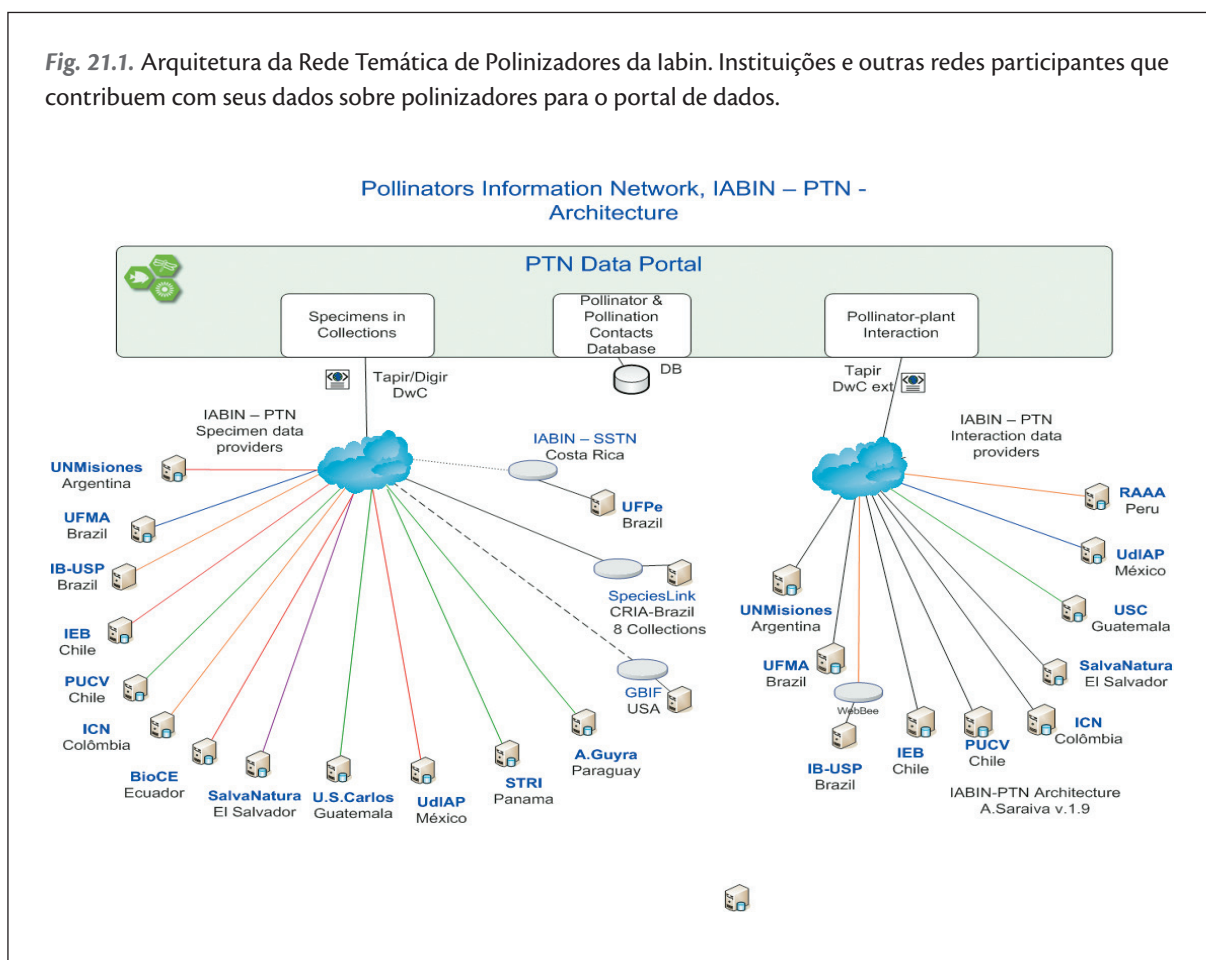


Fig. 21.2. Tela do portal de dados da Rede Temática de Polinizadores da IABIN exibindo o resultado de uma consulta por dados de Apidae.

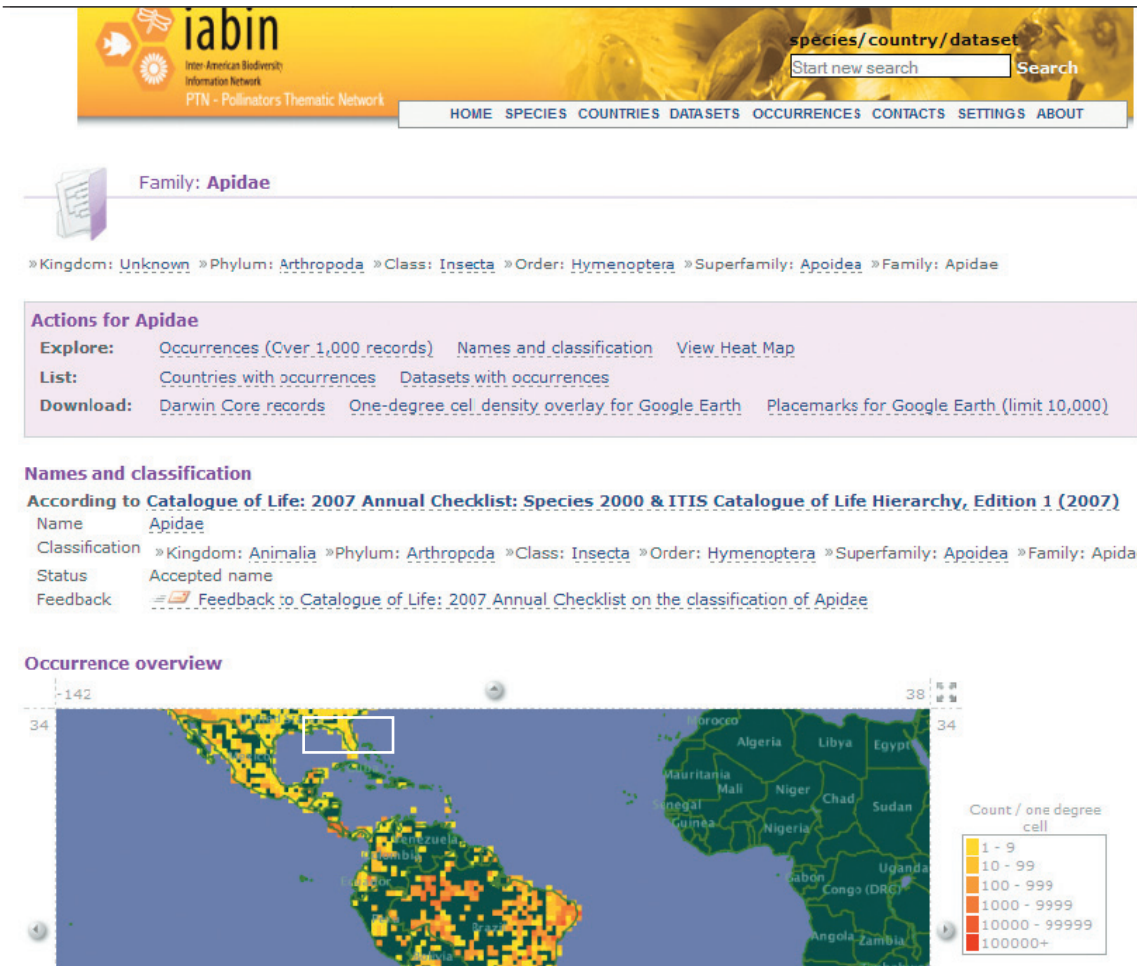


Fig. 21.3. Dados de Interação: tela do portal de dados da Rede Temática de Polinizadores da IABIN exibindo o resultado de uma consulta que apresenta dados de interação para a espécie pesquisada.

The screenshot shows the IABIN (Inter-America Biodiversity Information Network) portal. At the top, there is a navigation bar with links: HOME, SPECIES, COUNTRIES, DATASETS, OCCURRENCES, CONTACTS, SETTINGS, ABOUT. The main content area is titled "Occurrence Details: BEELAB-IBUSP CEPANN 4608" for the species *Apis mellifera*. Under the "Actions" section, there are links for "Find", "Retrieve", "View", and "Send". The "Interaction" section displays a table with one entry: "Flower/visitedBy - Abarema brachystachya (specimen) - reference: WILMS, W. 1995. Die Bienenfauna im Küstenregenwald Brasiliens und ihre Beziehungen zu Blütenpflanzen: Fallstudie Boracéia, São Paulo. PhD Thesis: Universität Tübingen, Germany". Below this, the "Dataset" information is provided: Data Provider: CEPANN; Dataset: Coleção Entomológica Paulo Nogueira-Neto (CEPANN) - Specimens; Institution code: BEELAB-IBUSP; Collection code: CEPANN.

Fig. 21.4. Diagrama da Arquitetura da rede speciesLink.

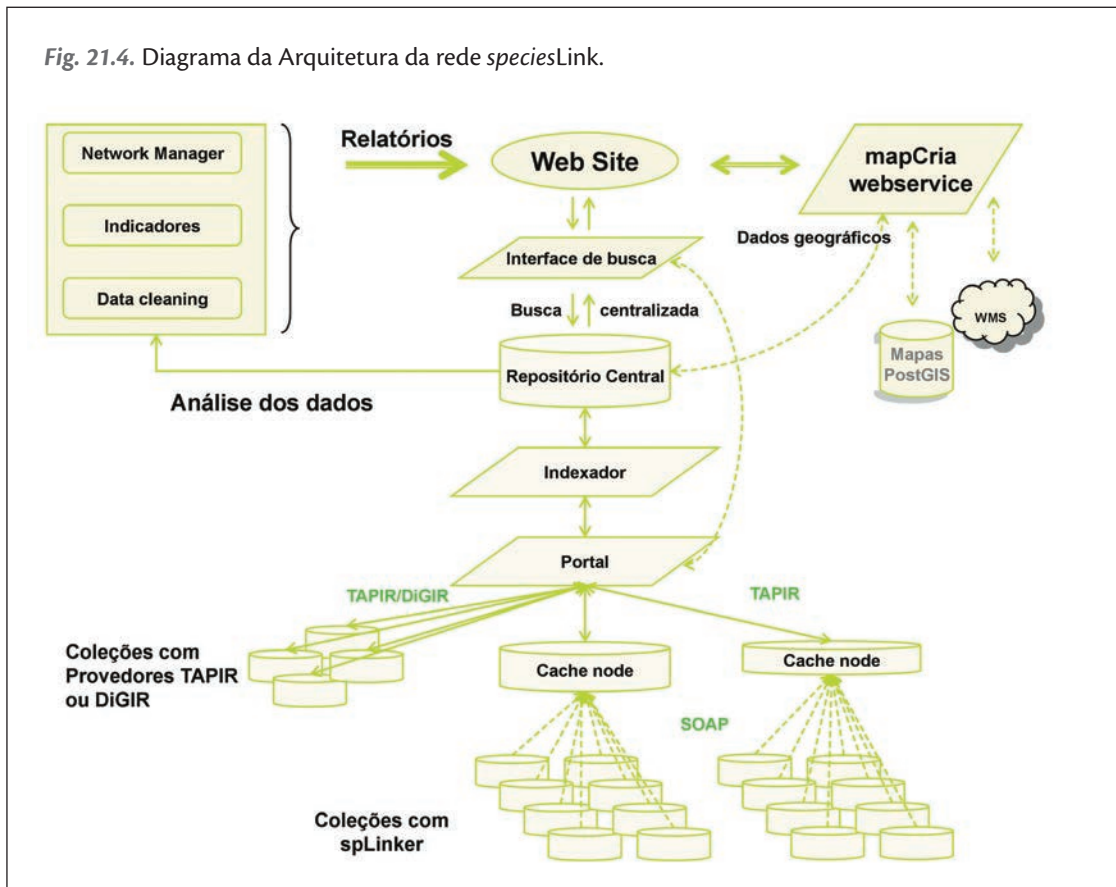


Fig. 21.5. Exemplo do relatório *data cleaning* disponível online (*speciesLink*, fev.2011).

Uma premissa do trabalho é não interferir na informação. Nenhum dado é modificado, o sistema apenas indica os registros "suspeitos", recomendando ao autor que confira e escolha entre corrigir ou não a informação. A ferramenta ainda está em desenvolvimento e todas as sugestões serão bem vindas.

Selecione uma coleção | INPA-Hymenoptera

coleção: INPA-Hymenoptera

total de registros indexados	14392
- sem coordenadas geográficas	10152
- georeferenciados	4240
- georeferenciados bloqueados	0
- no mar	31

registros repetidos

número do catálogo	0
registros inteiros	0
nome + número do coletor	0

última atualização

da coleção	04-01-2011
do dataCleaning	05-01-2011

dados taxonômicos

inventário	nome científico - coletor - tipos
família	não encontrado
genero	não encontrado
espécie	168 suspeito(s)
subespécie	não encontrado
autor	7238 suspeito(s)
duplicata	não encontrado

dados geográficos

inventário	país - estado - município
nome do país/estado	24 suspeito(s)
outlier	28 suspeito(s)
long/lat fora do limite mundial	não encontrado
long/lat iguais	não encontrado
long ou lat com zero	129 suspeito(s)
long/lat mar (Brasil)	28 suspeito(s)
nome do município (Brasil)	2785 suspeito(s)
análise da coordenada (Brasil)	não encontrado

dados da coleta

data da coleta menor que 1930	28 suspeito(s)
ano da coleta maior que atualização	7 suspeito(s)

sugestões para campos em branco

long/lat (Brasil)	5135 sugestões
nome país/estado	não encontrado
nome município (Brasil)	não encontrado

busca dataCleaning email Centro de Referência em Informação Ambiental, CRIA

Fig. 21.6. Relatório de nomes suspeitos para espécies (*speciesLink*, fev. 2011).

speciesLink **dataCleaning**
english

coleção: INPA-Hymenoptera
Espécies suspeitas
Lista dos registros que possuem o mesmo gênero com mais de uma variação fonética da espécie.

Legenda: Os nomes em vermelho não constam em nossos dicionários e os em verde constam.

genus	species	subspecies	records	speciesLink	status CoL	catalog number
SP [Melipona]	[bradley]	[NÃO INFORMADO]	1	ver	1	9566.0
SP [Melipona]	[bradleyi]	[NÃO INFORMADO]	11	ver	11	
SP [Melipona]	[illustris]	[NÃO INFORMADO]	16	ver	16	
SP [Melipona]	[ilustris]	[NÃO INFORMADO]	2	ver	2	9068.0 9069.0
SP [Plebeia]	[sp 1]	[NÃO INFORMADO]	2	ver	2	5411.0 5412.0
SP [Plebeia]	[sp. 1]	[NÃO INFORMADO]	69	ver	69	
SP [Trigona]	[sp]	[NÃO INFORMADO]	1	ver	1	4551.0
SP [Trigona]	[app]	[NÃO INFORMADO]	1	ver	1	9693.0
SP [Trigona]	[sp. grupo branneri]	[NÃO INFORMADO]	12	ver	12	
SP [Trigona]	[spp. grupo branneri]	[NÃO INFORMADO]	28	ver	28	
SP [Tetragona]	[sp.]	[NÃO INFORMADO]	24	ver	24	
SP [Tetragona]	[sp.n]	[NÃO INFORMADO]	1	ver	1	9692.0

Fig. 21.7. Exemplo do relatório *online* sobre o perfil do acervo.

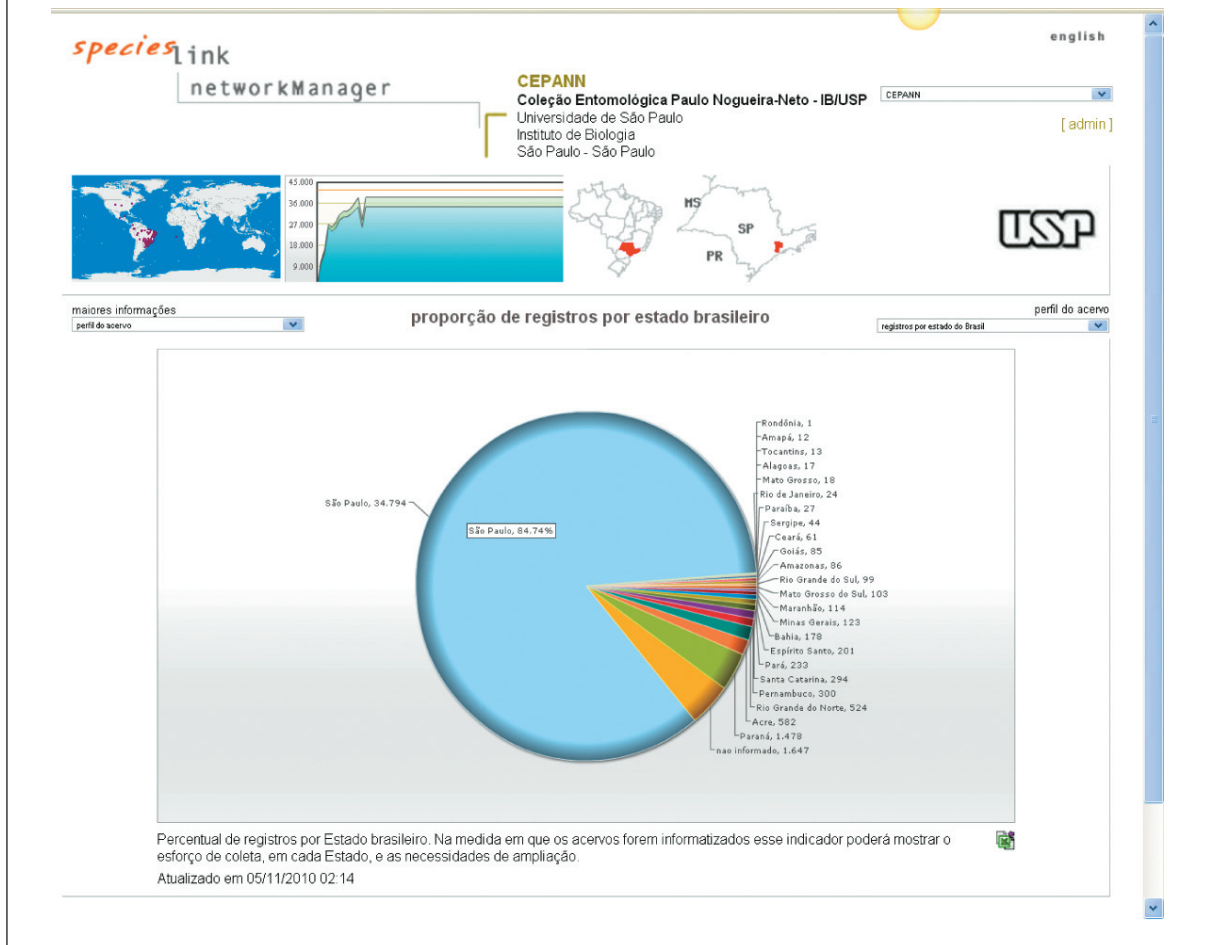


Fig. 21.8. Indicador do crescimento da rede speciesLink (jan. 2011).

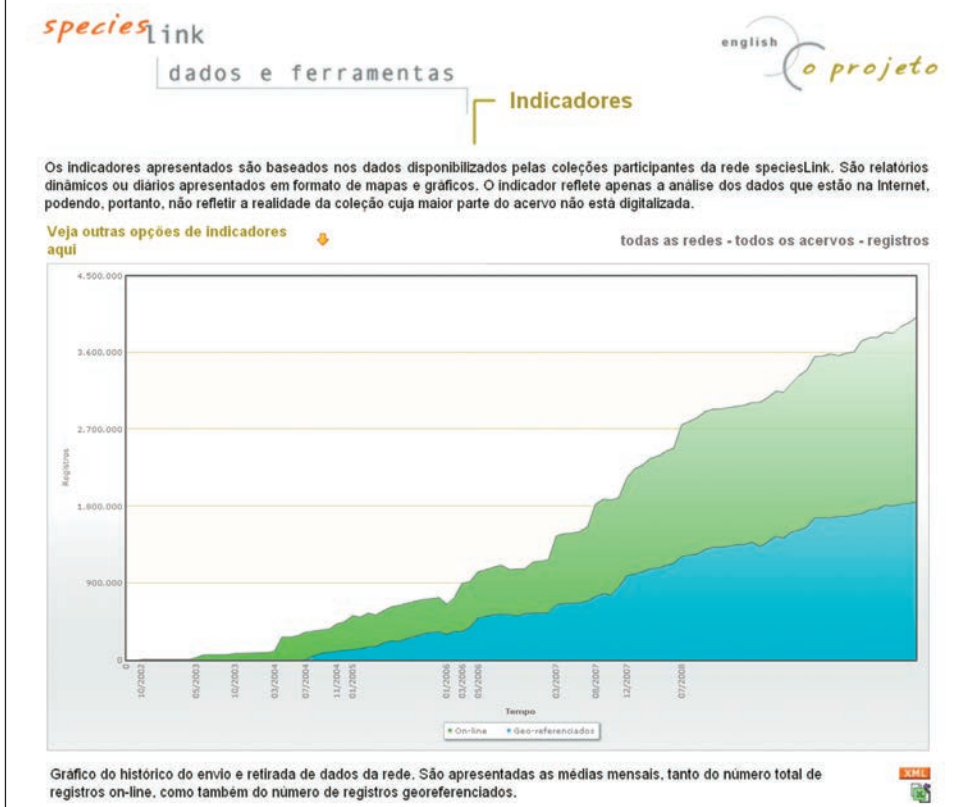


Fig. 21.9. Etapas do processo para a produção do Catálogo Moure online e impresso.

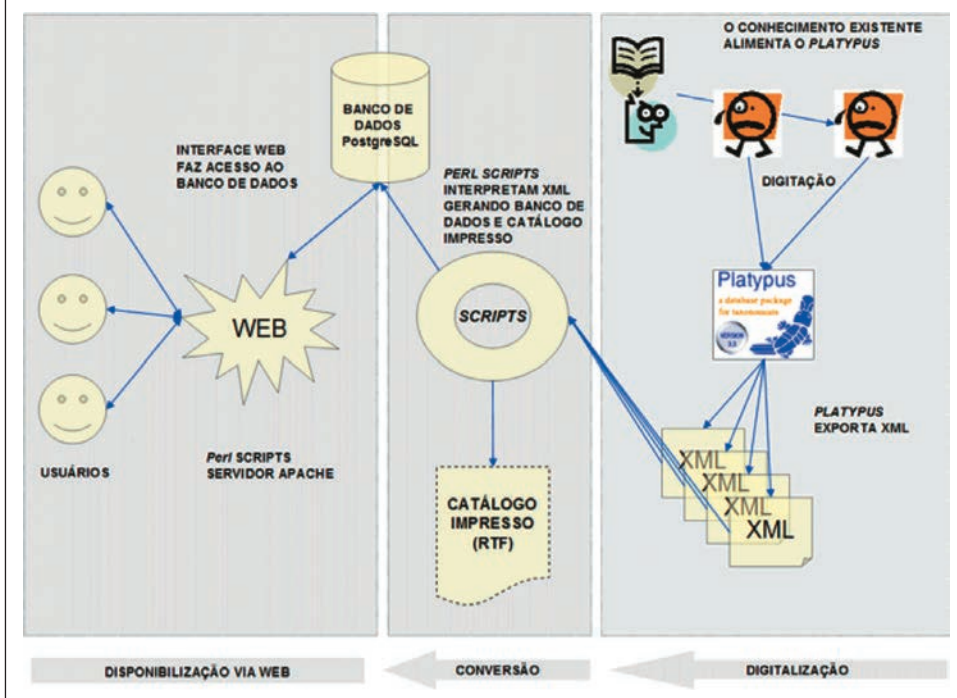


Fig. 21.10. Tela da WebBee exibindo o resultado de uma consulta por Jataí.

WebBee Uma rede de informações sobre diversidade brasileira em abelhas

projeto abelhas meliponicultura
banco de dados >> plantas ensino e divulgação
iniciativa brasileira dos polinizadores métodos de pesquisa
pesquisadores associados

Nome Popular: Jataí
Pesquisando pela letra: J no campo: Nome Popular

Legenda	Nome Científico	Nome Popular
Ta	Tetragonisca angustula (Latreille, 1811)	jataí
Psb	Paratrigona subnuda Moure, 1947	jataí da terra

Tetragonisca angustula (Latreille, 1811) - jataí

Acima: rainha no favo.
A jataí mede aproximadamente 5mm Tem cor dourada. Sua distribuição geográfica vai do Rio Grande do Sul até o México. As colônias apresentam 2.000-5.000 indivíduos. Os locais de nidificação são: ocos variados em muros de pedra, tijolos

Fig. 21.11. Evolução da rede de polinizadores (speciesLink, jan. 2011).

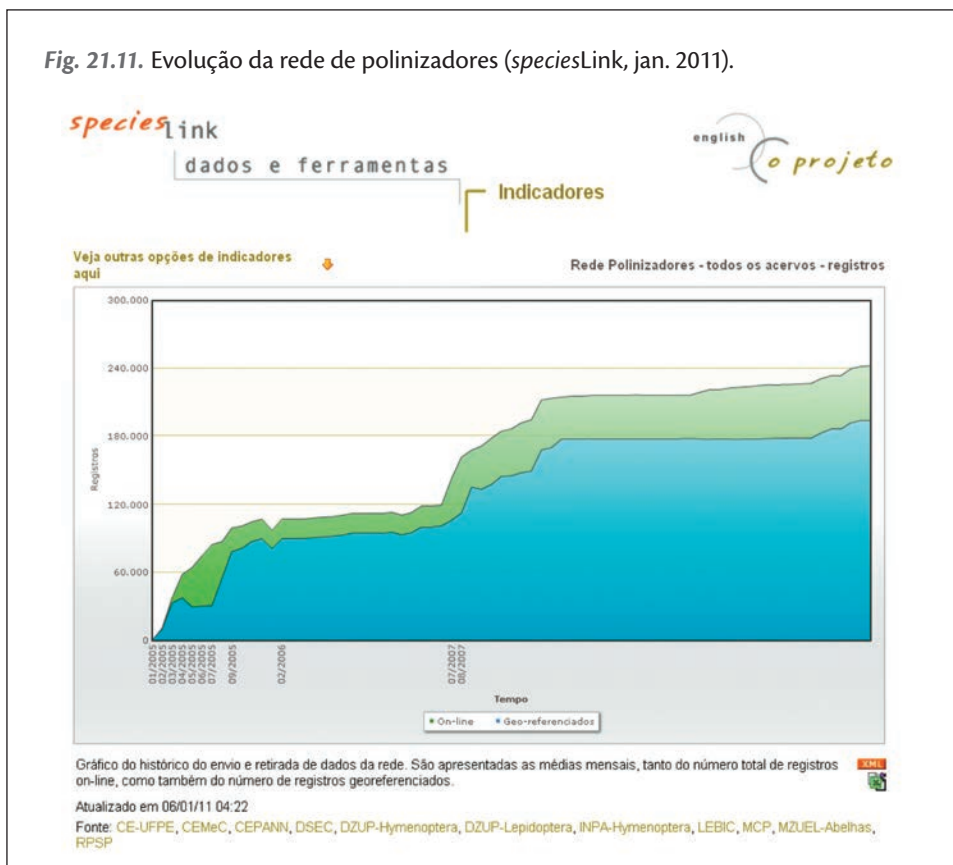


Fig. 21.12. Número de registros da rede de polinizadores por família (speciesLink, jan. 2011).

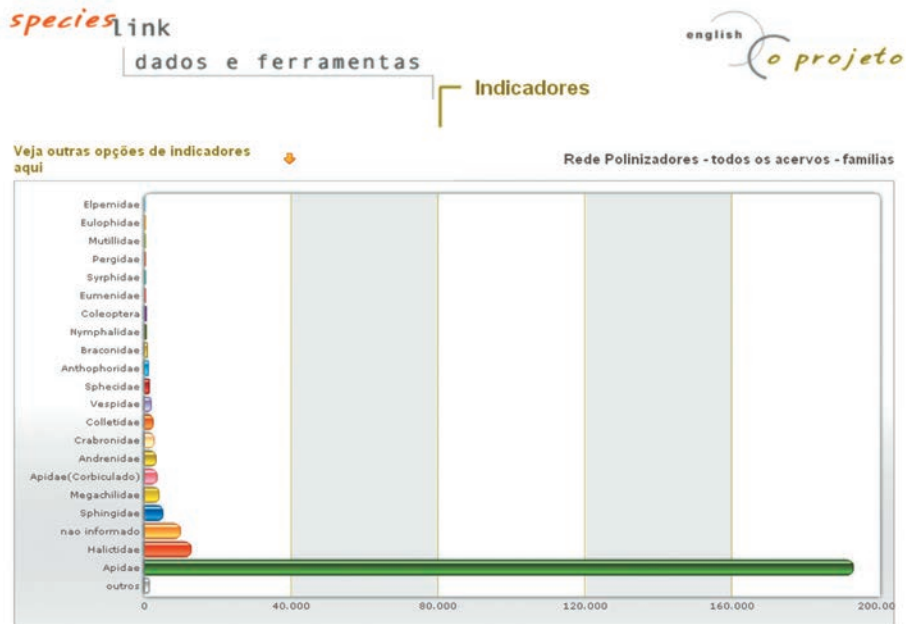


Gráfico das 20 famílias com maior número de registros on-line. À medida que os acervos forem totalmente informatizados, esse indicador poderá ajudar a direcionar as coletas no sentido de conhecer famílias pouco estudadas.

Atualizado em 03/01/11 04:22

Fonte: CE-UFPE, CEMeC, CEPANN, DSEC, DZUP-Hymenoptera, DZUP-Lepidoptera, INPA-Hymenoptera, LEBIC, MCP, MZJEL-Abeilhas, RPSP

Fig. 21.13. Distribuição de registros por estado e por região brasileira (rede *speciesLink*, jan. 2011).

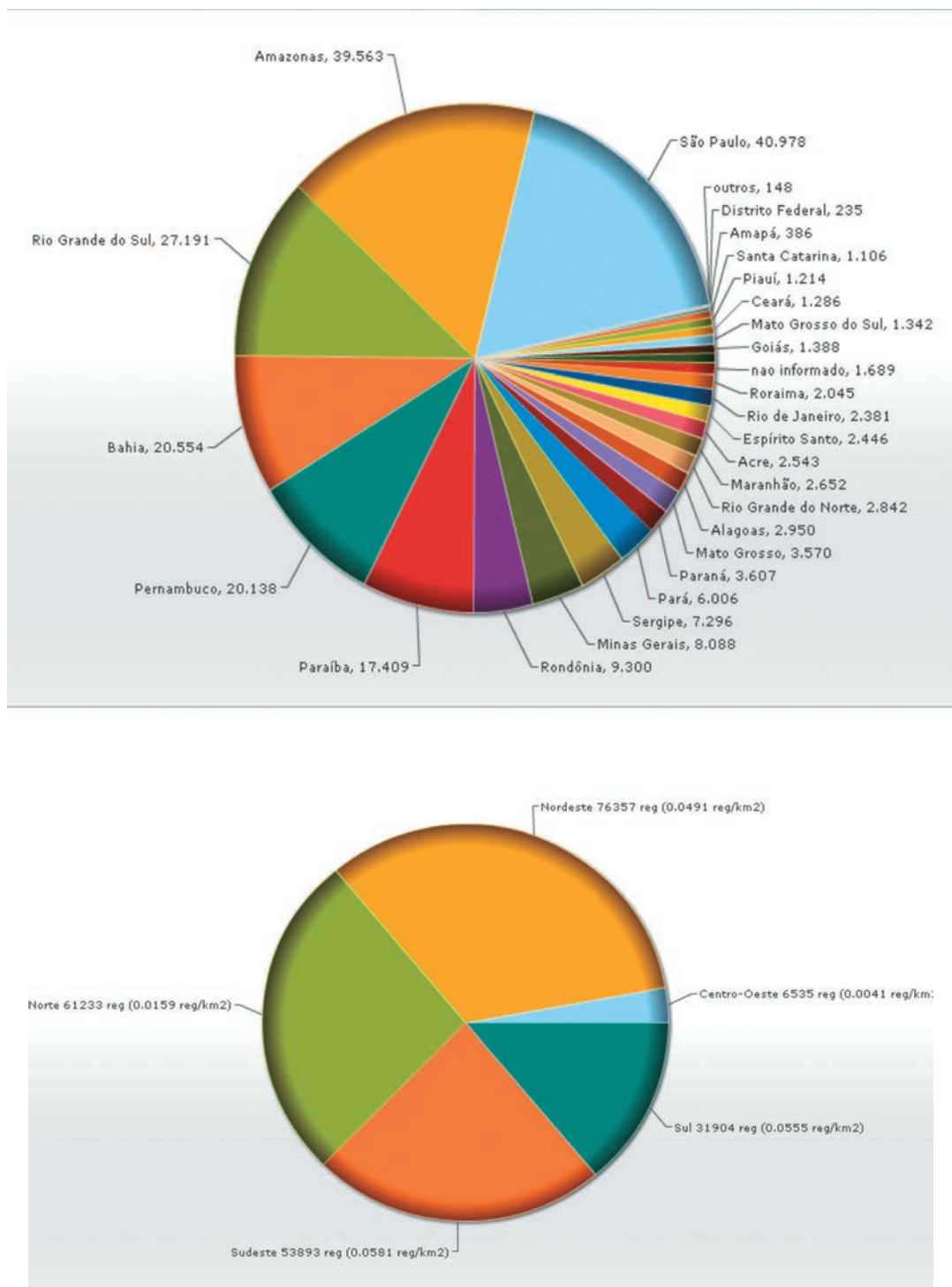


Fig. 21.14. Resultado da busca pelo campo “gênero” igual a branco (*speciesLink*, jan. 2011).

The image shows the SpeciesLink web interface. At the top, there are logos for various institutions including speciesLink, UFRJ, Instituto de Botânica, UNB, UFPA, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Católica de Pernambuco, and Missouri Botanical Garden. Below the logos is a navigation bar with 'Busca avançada', '1 | Coleções', '2 | Filtros', and '3 | Resultados'. A message states: 'Os registros são apresentados por coleção. Escolha o tipo de conteúdo, formato e saída desejada textual, mapas e Google maps'. The main content is a table with columns for 'Coleção', 'Registros', 'Original', 'Automático', 'Conteúdo', 'Formato', and 'Saída'. The table lists various collections and their record counts, along with options for content type (e.g., 'Resumido', 'Inventário'), format (HTML), and output (ver, globe icon, G icon).

Coleção	Georeferenciados			Conteúdo	Formato	Saída
	Registros	Original	Automático			
CEMeC	3635	3619	1	Resumido	HTML	ver
CEPANN	5140	4600	4	Resumido	HTML	ver
CM	45	17	22	Resumido	HTML	ver
DSEC	6	6	0	Resumido	HTML	ver
DZUP-Hymenoptera	304	302	0	Resumido	HTML	ver
DZUP-Lepidoptera	612	198	315	Resumido	HTML	ver
LEBIC	591	231	310	Resumido	HTML	ver
MCP	3163	395	433	Resumido	HTML	ver
Total	13496	9368	1085	Inventário	Família	ver

ANEXO 1

Tabela Catálogo de Abelhas Moure e *speciesLink*

A tabela a seguir apresenta o número de registros da rede *speciesLink* por gênero citado no Catálogo de Abelhas Moure. Os dados foram levantados em 5 de fevereiro de 2011.

CATÁLOGO MOURE	SPECIESLINK	REGISTROS DO BRASIL	
		válidos	nome disponível ou não publicado
<i>Acanthopus</i> Klug, 1807	?	17	
<i>Aglae</i> Lepeletier & Serville, 1825	?	4	
<i>Alepidosceles</i> Moure, 1947	?	72	
<i>Allanthidium</i> Moure, 1947	Chile (13)		
<i>Alloscirtetica</i> Holmberg, 1903	?	90	
<i>Ananthidium</i> Urban, 1992	?	9	
<i>Ancyloscelis</i> Latreille, 1829	?	613	
<i>Anthidianum</i> Michener, 1948	Chile, Bolívia, Argentina (5)		
<i>Anthidium</i> Fabricius, 1804	?	1373	
<i>Anthidulum</i> Michener, 1948	?	38	
<i>Anthodiocetes</i> Holmberg, 1903	?	538	
<i>Anthophora</i> , Latreille, 1803	?	3	
<i>Anthrenoides</i> Ducke, 1907	?	25	
<i>Aparatrigona</i> Moure, 1951	?	251	
<i>Apis</i> Linnaeus, 1758	?	14 351	
<i>Arhysoceble</i> Moure, 1948	?	24	
<i>Augochlora</i> Smith, 1853	?	40	
<i>Augochlorella</i> Sandhouse, 1937	?	7	
<i>Augochloropsis</i> Cockerell, 1897	?	48	
<i>Austrostelis</i> Michener & Griswold, 1994	?	76	
<i>Bombus</i> Latreille, 1802	?	1615	
<i>Bothranthidium</i> Moure, 1947	?	82	
<i>Brachynomada</i> Holmberg, 1886	?	15	
<i>Caenohalictus</i> Cameron, 1903	?	1	
<i>Caenonomada</i> Ashmead, 1899	?	384	
<i>Callonychium</i> Brèthes, 1922	?	8	
<i>Camargoia</i> Moure, 1989	?	352	
<i>Carloticola</i> Moure & Urban, 1991	?	34	
<i>Celetrigona</i> Moure, 1950	?	313	
<i>Centris</i> Fabricius, 1804	?	4 254	
<i>Cephalotrigona</i> Schwarz, 1940	?	138	
<i>Ceratina</i> Latreille, 1802	?	2 609	

CATÁLOGO MOURE	SPECIESLINK	REGISTROS DO BRASIL	
		válidos	nome disponível ou não publicado
<i>Chalepogenus</i> Holmberg, 1903	?	6	
<i>Chrisanthidium</i> Urban, 1997	Argentina, Brasil (Argentina, Chile)	0	
<i>Coelioxoides</i> Cresson, 1878	?	4	
<i>Coelioxys</i> Latreille, 1809	?	11	
<i>Colletes</i> Latreille, 1802	?	2	
<i>Ctenanthidium</i> Urban, 1993	?	12	
<i>Ctenioschelus</i> Romand, 1840	?	8	
<i>Dasyhalonia</i> Michener, LaBerge & Moure, 1955	?	5	
<i>Diadasia</i> Patton, 1879	?	2	
<i>Diadasina</i> Moure, 1950	?	389	
<i>Dialictus</i> Robertson, 1902	?	10	
<i>Dianthidium</i> Cockerell, 1900	?	0	
<i>Dichanthidium</i> Moure, 1947	?	1	
<i>Dicranthidium</i> Moure & Urban, 1975	?	968	
<i>Dolichotrigona</i> Moure, 1950	?	183	
<i>Duckeanthidium</i> Moure & Hurd, 1960	?	2	
<i>Duckeola</i> Moure, 1944	?	308	
<i>Epanthidium</i> Moure, 1947	?	899	
<i>Epicharis</i> Klug, 1807	?	424	
<i>Eufriesea</i> Cockerell, 1908	?	877	
<i>Euglossa</i> Latreille, 1802	?	20047	
<i>Eulaema</i> Lepeletier, 1841	?	6941	
<i>Exaerete</i> Hoffmannsegg, 1817	?	952	
<i>Exomalopsis</i> Spinola, 1853	?	950	
<i>Florilegus</i> Robertson, 1900	?	243	
<i>Friesella</i> Moure, 1946	?	653	
<i>Frieseomelitta</i> Ihering, 1912	?	2873	
<i>Gaesischia</i> Michener, LaBerge & Moure, 1955	?	214	
<i>Geotrigona</i> Moure, 1943	?	1384	
<i>Grafanthidium</i> Urban, 1995	?	6	
<i>Hexanthes</i> Ogloblin, 1948	?	3	
<i>Hopliphora</i> , Lepeletier, 1841	?	4	
<i>Hoplostelis</i> Dominique, 1898	?	1	
<i>Hylaeus</i> Fabricius, 1793	?	3	
<i>Hypanthidioides</i> Moure, 1947	?	16	
<i>Hypanthidium</i> Cockerell, 1904	?	1225	
<i>Isepeolus</i> Cockerell, 1907	?	2	
<i>Lanthanella</i> Michener & Moure, 1957 (nome disponível), <i>Chalepogenus</i> , Holmberg, 1903 é o nome válido	como <i>Lanthanella</i>		24

CATÁLOGO MOURE	SPECIESLINK	REGISTROS DO BRASIL	
		válidos	nome disponível ou não publicado
<i>Lanthanomelissa</i> Holmberg, 1903	?	190	
<i>Larocanthidium</i> Urban, 1997	?	281	
<i>Leiopodus</i> Smith, 1854	?	39	
<i>Lestrimelitta</i> Friese, 1903	?	1521	
<i>Leurotrigona</i> Moure, 1950	?	644	
	<i>Liporhathymus</i> (não publicado)		6
<i>Lophopedia</i> Michener & Moure, 1957	?	6	
<i>Loyolanthidium</i> Urban, 2001	?	5	
<i>Megachile</i> Latreille, 1802	?	89	
<i>Melipona</i> Illiger, 1806	?	16757	
<i>Melissodes</i> Latreille, 1829	?	78	
<i>Melissoptila</i> Holmberg, 1884	?	248	
<i>Melitoma</i> Lepeletier & Serville, 1828	?	229	
<i>Melitomella</i> Roig-Alsina, 1999	?	188	
	Melitomini, Moure não descrito		8
<i>Meliwillea</i> Roubik, Lobo & Camargo, 1997	?	2	
<i>Mesocheira</i> Lepeletier & Serville, 1825	?	121	
<i>Mesonychium</i> Lepeletier & Serville, 1825	?	14	
<i>Mesoplia</i> Lepeletier, 1841	?	33	
<i>Michanthidium</i> Urban, 1995	?	28	
<i>Microthurge</i> Michener, 1983	?	1	
<i>Monoeca</i> Lepeletier & Serville, 1828	?	30	
	<i>Monoecidia gaucha</i> , Moure, não publicado		3
<i>Moureanthidium</i> Urban, 1995	?	56	
<i>Mourella</i> Schwarz, 1946	?	966	
<i>Mydrosomella</i> Michener, 1986	?	1	
<i>Nananthidium</i> Moure, 1947	?	101	
<i>Nannotrigona</i> Cockerell, 1922	?	1467	
<i>Neocorynura</i> Schrottky, 1910	?	1	
<i>Nogueirapis</i> Moure, 1953	?	996	
<i>Nomada</i> Scopoli, 1770	?	11	
<i>Notanthidium</i> Isensee, 1927	90 registros do Chile, não ocorre no Brasil		
<i>Notoxaea</i> Hurd & Linsley, 1976	?	1	
<i>Osiris</i> Smith, 1854	?	3	
<i>Oxaea</i> Klug, 1807	?	12	
<i>Oxytrigona</i> Cockerell, 1917	?	1411	
<i>Parapartamona</i> Schwarz, 1948	?	832	
<i>Parapsaenythia</i> Friese, 1908	?	331	

CATÁLOGO MOURE	SPECIESLINK	REGISTROS DO BRASIL	
		válidos	nome disponível ou não publicado
<i>Paratrapedia</i> Moure, 1941	?	626	
<i>Paratrigona</i> Schwarz, 1938	?	5 820	
<i>Parepeolus</i> Ducke, 1912	?	23	
<i>Paroxystoglossa</i> Moure, 1941	?	3	
<i>Partamona</i> Schwarz, 1939	?	22 098	
<i>Peponapis</i> Robertson, 1902	?	23	
<i>Perditomorpha</i> Ashmead, 1899	?	369	
<i>Pereirapis</i> Moure, 1943	?	1	
<i>Plebeia</i> Schwarz, 1938	?	7 115	
<i>Polybiapis</i> Cockerell, 1916 é um nome disponível, <i>Nomada</i> Scopoli, 1770 é o nome válido	<i>Polybiabis</i> Cockerell, 1916		2
<i>Protandrena</i> Cockerell, 1896		165	
<i>Psaenythia</i> Gerstaecker, 1868	?	1	
<i>Pseudagapostemon</i> Schrottky, 1909	?	2	
<i>Pseudaugochlora</i> Michener, 1954	?	1	
<i>Pseudepeolus</i> Holmberg, 1886	?	3	
<i>Protepeolus</i> Linsley and Michener, 1937 é nome disponível, <i>Leiopodus</i> Smith, 1854 é nome o válido	<i>Protepeolus</i> Linsley & Michener, 1937		10
<i>Ptilothrix</i> Smith, 1853	?	281	
<i>Ptilotrigona</i> Moure, 1951	?	4 054	
<i>Rhathymus</i> Lepageletier & Serville, 1828	?	8	
<i>Rhinocorynura</i> Schrottky, 1909	?	6	
<i>Rhopitulus</i> Ducke, 1907	?	30	
<i>Saranthidium</i> Moure & Hurd, 1960	?	492	
<i>Scaptotrigona</i> Moure, 1942	?	2 580	
<i>Scaura</i> Schwarz, 1938	?	1 423	
<i>Schwarziana</i> Moure, 1943	?	1 760	
<i>Schwarzula</i> Moure, 1946	?	610	
<i>Tapinotaspis</i> Holmberg, 1903	?	39	
<i>Tapinotaspoides</i> Moure, 1944	?	36	
<i>Temnosoma</i> Smith, 1853	?	3	
<i>Tetraglossula</i> Ogloblin, 1948	?	3	
<i>Tetragona</i> Lepageletier & Serville, 1828	?	2 369	
<i>Tetragonisca</i> Moure, 1946	?	3 573	
<i>Tetrapedia</i> Klug, 1810	?	753	
<i>Thalestria</i> Smith, 1854	?	6	
<i>Thectochlora</i> Moure, 1940	?	362	
<i>Thygater</i> Holmberg, 1884	?	138	
	<i>Tretragonula</i> (Existe <i>Tetragonula</i> no CoL)		1

CATÁLOGO MOURE	SPECIESLINK	REGISTROS DO BRASIL	
		válidos	nome disponível ou não publicado
<i>Trichocerapis</i> Cockerell, 1904	?	26	
<i>Trichonomada</i> Michener, 1996 é um nome disponível, <i>Brachynomada</i> Holmberg, 1886 é o nome válido	<i>Trichonomada</i> Michener, 1996		1
<i>Trichotrigona</i> Camargo e Moure, 1983	?	230	
<i>Triepeolus</i> Robertson, 1901	?	3	
<i>Trigona</i> Jurine, 1807	?	35 475	
<i>Trigonisca</i> Moure, 1950	?	621	
<i>Tropidopedia</i> Michener & Moure, 1957	?	48	
<i>Trophocleptria</i> Holmberg, 1886	?	2	
<i>Tropidopedia</i> Michener & Moure, 1957	?	24	
<i>Tylanthidium</i> Urban, 1995	?	6	
<i>Xanthopédia</i> Michener & Moure, 1957	?	7	
<i>Xylocopa</i> Latreille, 1802	?	1 598	
Totais (Nomes Válidos para gêneros = 146)		186 521	55

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico ao projeto que deu origem a este estudo. Agradecem também aos diversos apoios recebidos para o desenvolvimento das pesquisas citadas neste texto, incluindo o próprio CNPq, a Fapesp, o GBIF, o JRS Biodiversity Foundation, a OEA, a FAO-ONU, o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALVES-DOS-SANTOS, I. “A Importância de Coleções de Abelhas e dos Checklists para a Iniciativa Internacional de Polinizadores”. 2005. Nota Técnica. *Diretrizes e Estratégias para Modernização de Coleções Biológicas Brasileiras e a Consolidação de Sistemas Integrados de Informação sobre Biodiversidade*. MCT. 2005. Disponível em: <<http://www.cria.org.br/cgee/documentos/NotaTecnicaAbelhas.doc>>
- AMANCIO, S. M.; HIRAKAWA, A. R.; SARAIVA, A. M.; GIANNINI, T. C. & LOPES JÚNIOR, E. L. “Study on Real Time Video Transmission for Aid Remote Research of Bees”. In: 4th World Congress on Computers in Agriculture and Natural Resources, Orlando. *Proceedings*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006, pp. 177-181.

- BROWN, M. J. F. & PAXTON, R. J. “The Conservation of Bees: a Global Perspective”. *Apidologie*, 40(3): 410-416, 2009.
- BUANI, B. E. *Aplicação da Lógica Fuzzy KNN e Análises Estatísticas para Seleção de Características e Classificação de Abelhas*. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.
- BUENO, J. F. *Modelo de Arquitetura de Referência para o Sistema de Identificação Automática e Classificação Taxonômica de Abelhas sem Ferrão Usando a Morfometria das Asas – uma Abordagem de Reconhecimento de Padrões*. Tese (Doutorado) – Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.
- BUENO, J. F.; FRANCOY, T. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & SARAIVA, A. M. “Modeling an Automated System to Identify and Classify Stingless Bees Using the Wing Morphometry – a Pattern Recognition Approach”. In: Joint International Agricultural Conference / 7th Biennial Conference of the European Federation of IT in Agriculture, Wageningen. 2009, pp. 1-8.
- BURIOLLA, A. H. & GONÇALVES, L. S. “Use of an Electronic Register-apidometer to Determine the Foraging Activity of Honeybees in Different Climate Conditions. In: XXXII Congress International D’Apiculture D’Apimondia, Rio de Janeiro. *Proceedings*. 1989, pp. 47.
- CANHOS, V.; SOUZA, S.; GIOVANNI, R. & CANHOS, D. A. L. “Global Biodiversity Informatics: Setting the Scene for a ‘New World’ of Ecological Modeling”. *Biodiversity Informatics*, 1(2004): 1-13, 2004.
- CANOVAS, S. R. M.; TANI, F. K.; CUGNASCA, C. E. & SARAIVA, A. M. “Proposta de Aplicação do Sistema Supervisório Remote LON para Monitoramento de Abelhas com Tecnologia Lonworks”. In: 6º Congresso Brasileiro de Agroinformática, Campinas. *Anais*. Embrapa Informática Agropecuária, 2007, pp. 1-5.
- CARTOLANO JÚNIOR, E. A.; SARAIVA, A. M.; CORRÊA, P. L. P.; GIANNINI, T. C. & GIOVANNI, R. “Uma Proposta de Esquema de Dados de Relacionamento entre Espécies”. In: XXXIII Conferência Latinoamericana de Informática – CLEI / Taller Latinoamericano de Informática para la Biodiversidad – INBI, San Jose. *Anais*. CLEI – Centro Latinoamericano de Estudios en Informática, 2007a, pp. 1-8.
- CARTOLANO JÚNIOR, E. A.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; LOPES, E. N. & CRUZ, R. G. “Wireless Bee: uma Proposta de Telemetria de Variáveis Climáticas em Colmeias via GPRS/GSM”. In: 6º Congresso Brasileiro de Agroinformática, Campinas. *Anais*. Embrapa Informática Agropecuária, 2007b, pp. 1-5.
- CARTOLANO JÚNIOR, E. A.; SARAIVA, A. M.; TELES, J. A.; KROBATH, D. B. & CORREA, P. L. P. “The Biodiversity Data Digitizer (BDD) Tool”. In: Biodiversity Information Standards (TDWG), Montpellier. 2009, p. 1. Disponível em: <<http://www.tdwg.org/proceedings/article/view/553>>. Acesso em: 15 dez. 2009.
- CUNHA, R. S. *WebBee – um Sistema de Monitoração via Internet Aplicado ao Estudo de Meliponíneos*. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.
- CUNHA, R. S.; SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E.; HIRAKAWA, A. R.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & HILÁRIO, S. D. “An Internet-based Monitoring System for Behaviour Studies of Stingless Bees”. In: Third Conference of the European Federation for In-

- formation Technology in Agriculture, Montpellier. *Proceedings*. Agro Montpellier, 2001, pp. 279-284.
- FERREIRA, M. S. J.; GIANNINI, T. C.; CORRÊA, P. L. P. & SARAIVA, A. M. “Weblabs of Brazilian Bees”. In: XXXIII Conferência Latinoamericana de Informática – CLEI; Taller Latinoamericano de Informática para la Biodiversidad – INBI, San Jose. *Anais*. 2007, pp. 1-8.
- FRANCOY, T. M.; NUNES-SILVA, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & WITTMANN, D. “Patterns of Wing Venation Corroborates Populational Differences in *Plebeia remota*”. *Apidologie*, 37: 613-614, 2006.
- GBIF. *Global Biodiversity Information Facility Annual Report*. 2009.
- GIANNINI, T. C.; HILÁRIO, S. D.; LOPES JÚNIOR, E. L.; SARAIVA, A. M.; HIRAKAWA, A. R. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. “A Weblab for Research and Education on Native Bees”. In: 4th World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources. *Proceedings*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006, pp. 206-209.
- GONÇALVES, L. S. & OLIVEIRA, L. M. “Controle Eletrônico de Abelhas”. *Apicultura no Brasil*, 3(13): 34-37, 1986.
- HILÁRIO, S. D. *Atividade de Voo e Termorregulação de Plebeia remota (Holmberg, 1903) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*. Tese (Doutorado) – Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.
- JORGE, E. M. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & CARTOLANO JÚNIOR, E. A. “Um Software para Computador de Mão para Pesquisa com Ninhos-armadilha Usados na Obtenção de Enxames de Abelhas Meliponini”. In: 6º Congresso Brasileiro de Agroinformática, Campinas. *Anais*. Embrapa Informática Agropecuária, 2007, pp. 1-5.
- LOPES JÚNIOR, E. L. *Uso de Vídeo e Rede de Alta Velocidade para Monitoração em Tempo Real de Abelhas sem Ferrão*. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.
- MOREIRAS, A. M.; CUGNASCA, C. E. & SARAIVA, A. M. “A Hybrid CAN-TCP/IP Data Acquisition Network for Research on Stingless Bees”. In: 4th Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and Environment, Debrecen. *Proceedings*. 2003, pp. 162-165.
- OECD. *Final Report of the OECD Megascience Forum Working Group on Biological Informatics*. 1999.
- PHILLIPS, S.; ANDERSON, R. & SCHAPIRE, R. “Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions”. *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231-259, 2006.
- ROHLF, F. “Morphometrics”. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21: 299-316, 1990.
- _____. *tpsutilw32, versão 1.4*. New York: Stony Brook, 2008.
- RUGGIERO, M. & SARAIVA, A. M. “A Pollinators Thematic Network for the Americas”. In: Biodiversity Information Standards (TDWG), Bratislava. *Proceedings*. 2007, p. 1.
- SANTANA, F. S. & SARAIVA, A. M. “Challenges in Ecological Niche Modeling”. In: XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), Québec. *Symposium*. 2010, pp. 1-10.
- SARAIVA, A. M. *Tecnologia da Informação na Agricultura de Precisão e Biodiversidade*:

Estudos e Proposta de Utilização de Web Services para Desenvolvimento e Integração de Sistemas. Tese (Livre-docência) – Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.

- SARAIVA, A. M.; CARTOLANO JUNIOR, E. A.; DE GIOVANNI, R.; GIANNINI, T. C. & CORREA, P. L. P. “Exchanging Specimen Interaction Data Using Darwin Core”. In: Annual Conference of Biodiversity Information Standards (TDWG), Montpellier. *Proceedings*. 2009, p. 1. Disponível em: <<http://www.tdwg.org/proceedings/article/view/552>>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CUNHA, R. C. & CARTOLANO JÚNIOR, E. A. “WebBee – A Web-based Information System for Research on Stingless Bees”. *Revista de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais*, 1: 77-85, 2003.
- SARAIVA, A. M.; NIEH, J. & CARTOLANO JÚNIOR, E. A. “EthoLog: a Tool for Data Acquisition on Behavioral Studies”. In: Joint Conference of EFITA/WCCA, Vila Real. *Proceedings*. 2005, pp. 820-825.
- SCHRÖDER, S.; DRESCHER, W.; STEINHAGE, V. & KASTENHOLZ, B. “An Automated Method for the Identification of Bee *Species* (Hymenoptera: Apoidea)”. In: International Symposium on Conserving Europe’s Bees, London. *Proceedings*. 1995, pp. 6-7.
- STOCKWELL, D.; BEACH, J.; STEWART, A.; VORONTSOV, G.; VIEGLAIS, D. & PEREIRA, R. “The Use of the GARP Genetic Algorithm and Internet Grid Computing in the Lifemapper World Atlas of *Species* Biodiversity”. *Ecological Modelling*, 195(1-2): 139-145, 2006.
- THUILLER, W.; LAFOURCADE, B.; ENGLER, R. & ARAUJO, M. B. “BIOMOD – a Platform for Ensemble Forecasting of *Species* Distributions”. *Ecography*, 32(3): 369-373, 2009.



PARTE 5

Polinizadores, Políticas Públicas e Propostas
de Estratégias de Ação



22. Polinizadores e Políticas Públicas

Helio Jorge da Cunha, Marina Crespo Pinto Pimentel Landeiro

CONTEXTO

Serviços de polinização são tão importantes como a produção de alimentos e a regeneração do ecossistema. No entanto, tendem a ocorrer fora do horizonte de consciência dos políticos, e raramente são explicitamente abordados nas políticas de gestão e conservação. Planos estratégicos são necessários no que diz respeito aos principais polinizadores em setores relevantes da agricultura, principalmente no sentido de se criarem ações pró-polinizadores mais explícitas. Existem muitas oportunidades no desenvolvimento de políticas de polinização que têm potencial para ligar as novas tendências em biodiversidade e gestão dos recursos naturais.

Desafios colocados pelos polinizadores e sua relação com a biodiversidade nas culturas agrícolas são únicos. A polinização não tem sido reconhecida como uma importante contribuição, ou serviço, nem na agricultura e nem nos problemas de conservação e manejo de recursos naturais. A conservação de recursos naturais e a polinização exigem uma abordagem da paisagem, abrangendo áreas diferentes que exigem diferentes tipos de gestão e tomadas de decisão (públicas e privadas); no entanto, os tomadores de decisão política têm pouca consciência e compreensão dos serviços de polinização ou de seu valor na agroeconomia. Com base em tais obstáculos, o presente texto vai identificar cuidadosamente as lacunas e as necessidades no ambiente político em diferentes níveis e descobrir oportunidades de incorporar a política pró-polinizadores em políticas públicas, incluindo as áreas de agricultura e meio ambiente.

A introdução de informações sobre serviços de polinização em políticas públicas oferece uma oportunidade para os governos de explorar tecnologias inovadoras e novos conceitos sobre os serviços do ecossistema. Como resultado, a ligação entre conservação da biodiversidade, redução da pobreza e qualidade de vida surgirá.

COMENTÁRIOS

Ameaças à conservação de polinizadores estão intimamente ligadas às ameaças e barreiras para apoiar o desenvolvimento de uma agricultura que seja produtiva e ambientalmente sustentável. A tentativa de alcançar os dois objetivos – segurança alimentar e geração de renda a partir de mercados de exportação – leva a um dilema, já que as modernas técnicas agrícolas estão destruindo a base de recursos naturais dos quais dependem as economias. Isso inclui uma contribuição significativa para a perda de biodiversidade, que poderia sustentar a produtividade agrícola através de práticas como a polinização.

A maioria das soluções projetadas para tornar a agricultura moderna mais favorável à biodiversidade deverá ser desenvolvida no âmbito de políticas de apoio. Muitas das intervenções que são favoráveis aos polinizadores são implementadas no nível da paisagem, excedem a escala de propriedades individuais e, portanto, exigem um esforço de cooperação e coordenação que extrapola essas fronteiras.

Em uma recente entrevista, quando perguntado sobre a adoção de práticas de agricultura sustentável, o economista indiano Pavan Sukhdev (líder do Estudo TEEB – *The Economics of Ecosystem and Biodiversity*) respondeu:

No Brasil, há grandes áreas que estão sendo cultivadas com base no modelo de agricultura industrial, ou no modelo de agricultura convencional, na qual não há muito controle de produtos químicos, pesticidas e fertilizantes. Se estes forem controlados, e se há um uso menos nocivo da terra, é possível chegar a uma agricultura sustentável. No entanto, isto exige o reconhecimento pelas empresas, pelo consumidor sob a forma de certificação e pelo Governo na forma de não concessão de subsídios perversos¹.

Ao discutir uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Brasil, Abramovay (2010) afirmou que, embora o país tenha registrado nos últimos anos um processo de expressiva redução tanto da pobreza quanto da desigualdade de renda, esses avanços não são suportados por um crescimento econômico explicitamente focado na redução do uso de energia e matérias-primas. As políticas públicas não cumprem o papel crucial de anteceder os atores sociais em termos de definição dos comportamentos necessários para uma estratégia orientada no sentido de ampliar as possibilidades humanas em relação ao uso sustentável da biodiversidade. Pelo contrário, mantendo o cenário de negócio como está, perpetua-se o confronto permanente entre as necessidades do crescimento econômico e as exigências de “questões ambientais”. Assim, pode-se considerar que o Brasil não enfrenta um problema ambiental, mas sim o desafio de formular uma verdadeira estratégia de desenvolvimento sustentável.

1. <<http://pagina22.com.br/index.php/2010/10/entrevista-pavan-sukhdev/>>

O levantamento das políticas e legislação no nível federal (Constituição Federal, leis e programas setoriais dos Ministérios da Agricultura, do Desenvolvimento Social, da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente) que permitem práticas ambientalmente favoráveis e/ou práticas que causam impactos sobre polinizadores identificou uma série de instrumentos que incentivam a adoção de boas práticas agrícolas que favorecem serviços de polinização. A pesquisa também revelou que os impactos negativos são, em geral, não diretamente relacionados com políticas específicas, mas principalmente aos seguintes fatores:

- baixo nível de execução e controle dos instrumentos de política que promovam práticas favoráveis aos polinizadores;
- falta de instrumentos de política que tratem do pagamento por serviços ambientais;
- existência de incentivos perversos.

Também relevante para este tema é o debate político atual sobre a reformulação do Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4771/1965, ver Tabela 22.1). A manutenção do código é provavelmente a melhor maneira de conservar as áreas naturais necessárias para otimizar os serviços de polinização na agricultura e nos ecossistemas naturais.

Editado em 1965, e substancialmente reformulado em 1989, o Código Florestal representa, até hoje, uma parte crucial da legislação ambiental nacional. Ainda passível de melhoras, como qualquer outro instrumento jurídico, o Código é o quadro jurídico fundamental para a manutenção de paisagens que permitem não só a utilização da terra para a produção de alimentos, fibras e bioenergia, mas também para a preservação e manutenção dos ecossistemas, com benefícios extensivos para toda a população.

O Código protege a vegetação natural através da proibição de desmatamento nas Áreas de Preservação Permanente (APP; matas ciliares, áreas de encosta íngreme, altas altitudes e topos de morros) e Reservas Legais (RL), estabelecendo a parcela de vegetação que pode ser aberta, normalmente entre 20% e 80%, dependendo da região. Soma-se a isso o fato de que atualmente não há mais vegetação natural protegida pelo Código Florestal além das áreas oficialmente protegidas (Sparovek *et al.*, 2010), o que o torna o principal mecanismo de conservação em termos de cobertura territorial. Os impactos potenciais sobre a biodiversidade e os serviços dos ecossistemas decorrentes da revisão do Código Florestal foram discutidos por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento (Biota-Fapesp, 2010). Alguns desses impactos potenciais teriam consequências de especial interesse para a manutenção dos serviços de polinização.

Vera Imperatriz-Fonseca, da USP, discutiu as possíveis consequências resultantes da proposta de revisão do Código para as abelhas: “Responsáveis pela polini-

zação da maioria da produção agrícola brasileira, o desaparecimento de espécies desses insetos seria um desastre para muitas culturas, como maracujá, açaí, cupuaçu e castanha-do-brasil”.

Giselda Durigan, do Instituto Florestal, falou sobre o cerrado, bioma no qual as principais bacias hidrográficas brasileiras estão localizadas, e que, ao mesmo tempo, é considerado o celeiro do país, pois concentra grande parte da produção agrícola nacional. A cientista narrou os esforços para recuperar a vegetação nativa de cerrado, que em muitos casos é impossível, devido ao elevado nível de degradação do solo.

José Galizia Tundisi, da UFSCar, discutiu os impactos sobre a água que podem ser provocados pela redução da vegetação ao longo de rios e mananciais, prevista pelo novo Código:

Reduzir as matas ciliares, que agem como tampas de proteção, influenciará diretamente na qualidade da água, aumentando a toxicidade, reduzindo o nível dos rios ainda mais, graças ao assoreamento, e aumentando o custo do tratamento da água, dado o aumento de sedimento. A agricultura em si seria minada, já que aumentar áreas agrícolas, reduzindo as matas ciliares acaba por diminuir a disponibilidade de água.

Também é relevante citar as declarações das duas principais sociedades científicas nacionais, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) (2010), sobre o tema:

A proposta de reformulação do Código Florestal pode causar um aumento considerável na substituição de áreas naturais por áreas agrícolas em locais extremamente sensíveis, como áreas alagadas, matas ciliares ao longo dos rios e córregos, encostas íngremes e topos de morro. Alterações no Código Florestal também podem acelerar a ocupação de áreas de risco em várias cidades brasileiras, além de estimular a impunidade, devido à ampla anistia proposta para aqueles que cometeram crimes ambientais até o passado recente.

O projeto *Agricultural Land Use and Expansion Model* (AgLUE; Sparovek *et al.*, 2010), que visa compreender e prever as mudanças de uso da terra resultante da dinâmica da agricultura, discute, entre outros temas, a necessidade de revisão do Código Florestal para permitir o desenvolvimento do setor agrícola:

Desenvolvimento do setor agrícola pode ocorrer através de dois mecanismos principais: a intensificação da produção, ou a expansão territorial. Boa parte da agricultura brasileira já apresenta alta produtividade, sendo que a solução para esses casos é a expansão territorial. Essa expansão de terra pode ocorrer de duas maneiras: abertura de novas áreas por corte de vegetação natural, ou usando a terra que já foi limpa, mas está sendo usada em atividades menos intensivas e menos rentáveis que a agricultura. Porções de terra de boa ou média qualidade, que já estão abertas, mas são utilizadas como pasto, podem ser usadas para expansão agrícola; só isso já quase duplicaria a atual área cultivada. Por essa razão, a expansão da agricultura não depende da terra atualmente coberta por vegetação natural.

Por outro lado, a pecuária crescente no Brasil ainda é, em grande parte, uma atividade extensiva. A tecnologia para sua intensificação já estava completamente desenvolvida e é bastante diversificada, adaptando-se às diversas regiões e sistemas de produção. A integração da agricultura com o aumento da pecuária, o manejo mais intensivo de pastagens através da correção e fertilização do solo e o armazenamento de forragens para evitar a sazonalidade da produção de pastagens são processos que já foram totalmente desenvolvidos em termos de tecnologia e mercado, mas ainda pouco aplicados pelos pecuaristas. A intensificação da produção, em contraposição à abertura de novas áreas para produção extensiva, parece ser o mecanismo de desenvolvimento mais lógico nesse caso. Uma pecuária mais produtiva exige áreas menores, oferece um produto de melhor qualidade para os mercados, contribui para a equalização dos preços da carne e é, certamente, menos prejudicial ao ambiente do que o atual sistema, que ainda é predominantemente baseado na extensa produção desenvolvida a partir do desmatamento de novas áreas.

No modelo em que novas áreas não são abertas, a agricultura pode se expandir territorialmente, ocupando terras agrícolas de alta qualidade que atualmente são utilizadas para a pecuária extensiva; e a criação de gado é intensificada, aumentando a produtividade e, portanto, exigindo menos terra. A complexidade está na forma de intensificar um setor grande e tradicional, com pouco apoio da legislação.

ANÁLISE

1 - As lacunas e as necessidades existentes em matéria de política e as possíveis mudanças que poderiam ser feitas

A falta de sensibilização geral sobre os serviços do ecossistema e seu valor, bem como a razão de a polinização ser importante tanto para a conservação quanto para uma agricultura sustentável devem ser veiculadas pelos cientistas ao público mais amplo de forma mais eficaz.

Uma questão a ser enfrentada é a de que ainda não existe conhecimento básico necessário para elaborar um plano de ação global que controle, administre e conserve os polinizadores silvestres. Para alcançar isto, é necessário saber quantas espécies de polinizadores existem, seus nomes, onde vivem, e o que polinizam. Sem essas informações, não será possível relacionar dados biológicos, ecológicos e agrícolas dispersos num sistema eficiente. Facilitar o intercâmbio e o acesso à informação tornará possível o monitoramento de sucesso e a gestão das populações de polinizadores em todo o país.

Atualmente, tem-se apenas um consenso geral do que é necessário para a conservação de polinizadores. Embora seja necessário ampliar as pesquisas para entender os detalhes específicos e trazer à tona a importância da polinização para a gestão e o desenvolvimento rural, bem como para práticas de manejo da terra, já existe conhecimento suficiente para iniciar atividades de conservação e gestão sustentável de polinizadores em agroecossistemas.

As medidas geralmente aceitas incluem:

- conservação e restauração de hábitat natural;
- cultivo de plantas de floração preferidas pelos polinizadores;
- promoção de sistemas mistos;
- criação de corredores de néctar aos polinizadores migratórios;
- fornecimento de hábitats ao lado de lavouras para a alimentação e a nidificação de polinizadores;
- incentivo do manejo integrado de pragas;
- diminuição do uso indevido de agrotóxicos.

As medidas listadas foram apresentada no livro *Pollinators and Pollination: A Resource Book for Policy and Practice* (Eardley *et al.*, 2006), organizado e publicado em 2006 pela *African Pollinator Initiative* (API). O livro fornece orientação para melhoria e/ou desenvolvimento de políticas e práticas de conservação de polinizadores e recuperação de hábitats, incluindo a reintrodução dos polinizadores perdidos. O objetivo é munir os tomadores de decisões políticas e os profissionais com de ferramentas que abordem a conservação de polinizadores, incorporando-os em seus planos de ação. Uma vez que a conservação da diversidade de polinizadores e seu uso sustentável são especificamente abordados na Convenção sobre a Diversidade Biológica (CBD – *Convention on Biological Diversity*), o livro foi concebido para refletir o plano de ação da Iniciativa Internacional de Polinizadores (IPI – *International Pollinators Initiative*), e inclui recomendações sobre a avaliação, o manejo adaptativo, a capacitação e a integração.

Com base nas recomendações apontadas no manual mencionado para o enfrentamento de obstáculos identificados durante a fase PDF-B do GEF/PNUMA/FAO – Projeto Global sobre Conservação e Manejo de Polinizadores para Agricultura Sustentável, através de uma Abordagem Ecosistêmica – o presente trabalho visa classificar as políticas relevantes e a legislação que têm impacto sobre os polinizadores e a polinização, em categorias de acordo com as barreiras que lhe são dirigidas, bem como propor possíveis mudanças para favorecer políticas pró-polinizador.

As ameaças e as barreiras identificadas são:

- *Limitação do conhecimento*: o conhecimento irregular das ações de conservação de polinizadores (incluindo as necessidades de polinização das plantas, a identificação de polinizadores efetivos em culturas dependentes da polinização), das tendências das populações de polinizadores e da identificação das necessidades de polinizadores silvestres para sobreviver em agroecossistemas constituem uma barreira para a conservação e a gestão eficaz dos serviços de polinização.

- *Divulgação limitada do conhecimento*: as fontes de conhecimento existente estão dispersas e muitas vezes inacessíveis para as pessoas que delas necessitam para intervir com sucesso em nome de polinizadores. O conhecimento sobre polinização é um conhecimento ecológico, e precisa ser colocado em um contexto de ecossistema para ser bem compreendido. As inter-relações, ao mesmo tempo que extremamente importantes, tornam os saberes acerca da polinização complexos, mais semelhantes a uma rede ou sistema de informação do que a corpos discretos de conhecimento.
- *Consciência da importância dos sistemas de polinização insuficiente*: é de importância vital que o entendimento dos serviços de polinização seja maior entre os administradores de terras e os tomadores de decisões políticas. Os desafios para isto incluem o fato de que os polinizadores são majoritariamente insetos, frequentemente vistos como pragas, e o fato de o processo de polinização ser muito sutil.
- *Capacidade insuficiente de conservar e gerir serviços de polinização*: um dos principais obstáculos para a conservação de polinizadores é a falta de capacidade dos diferentes grupos de usuários em potencial de entender e implementar o conhecimento existente sobre serviços de polinização. Uma necessidade ainda maior é desenvolver conhecimentos e habilidades entre as comunidades de agricultores e latifundiários.
- *Uso limitado de práticas pró-polinizadores*: a gestão dos serviços de polinização silvestres exige uma abordagem ecossistêmica, com limites estabelecidos além das plantações, no agroecossistema como um todo. É substancial para a subsistência humana a identificação e a implementação de práticas de manejo de polinizadores, aumentando a qualidade, a diversidade e resistência das culturas. Merece destaque a contribuição da polinização, abordada ecossistemicamente, na produção sustentável e de alta qualidade de alimentos.
- *Inadequação das políticas*: muitas intervenções pró-polinizadores são no nível da paisagem, além da escala das propriedades de terras particulares e, portanto, exigem um esforço de cooperação e coordenação para além de participações individuais. A maioria das soluções concebidas para tornar a agricultura mais moderna e propícia à biodiversidade terá de ser desenvolvida dentro de um quadro político favorável.

FERRAMENTAS DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO EFETIVA DE POLÍTICAS PRÓ-POLINIZADORES

Definição do quadro jurídico para a conservação de polinizadores e manutenção de serviços de polinização

Organização de workshop

- Público a ser envolvido: instituições acadêmicas; setores governamentais (ambiental, agrícola, de desenvolvimento agrário, desenvolvimento social, segurança alimentar); ONGs; setor privado agrícola.
- Apresentação do estado da arte do conhecimento sobre os polinizadores selvagens e serviços de polinização prestados por eles.
- Discussão sobre as principais barreiras para a conservação de polinizadores no Brasil e possíveis medidas para superá-los.

Propostas para o MMA

- Conjunto de recomendações para inclusão do tema na agenda de discussões do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), incluindo um projeto de resolução.

Discussões no Conama

- Apresentação dos principais resultados e recomendações do *workshop* aos conselheiros do Conama e discussão do Projeto de Resolução.

Resolução Conama

- Integração do quadro jurídico de referência para as políticas-chave de caráter ambiental, agrícola, de desenvolvimento agrário, de desenvolvimento social, e de segurança alimentar.

Promoção da geração de conhecimento

- Criação de linhas de crédito e chamadas públicas voltadas para a geração e sistematização do conhecimento de ações de conservação de polinizadores e manutenção de serviços de polinização.
- Articulação com os fundos de doação e os programas / planos / ações relacionadas ao tema.
- Atualização, institucionalização e fortalecimento do portal eletrônico da BPI (*Brazilian Pollinators Initiative*) como a principal rede de informação sobre polinizadores.
- Promoção da inclusão da coleta de informações sobre polinizadores e sua ecologia em programas de pesquisa nacionais e regionais.

- Promoção dos estudos de impacto ambiental, sua rápida avaliação, bem como de estratégias e avaliações ambientais integradas.

Disseminação do conhecimento / consciência / capacitação

- Elaboração de módulos de informações para diversos públicos (professores, latifundiários, gestores públicos, agricultores, a população urbana, o setor privado, estudantes, público em geral etc.), sobre a importância dos polinizadores e os seus serviços para a manutenção da agricultura, de ecossistemas e da segurança alimentar; as necessidades (hábitat, alimentação, reprodução etc.) de diferentes espécies de polinizadores para a sua sobrevivência no ambiente.
- Integração das informações disponíveis sobre polinizadores para programas do governo através de ferramentas de divulgação, sensibilização e capacitação.
- Criação de uma campanha nacional, voltada para diferentes públicos, para estimular e reforçar a regularização ambiental das propriedades agrícolas, bem como a consciência pública geral da importância do Código Florestal na conservação dos serviços de polinização e, conseqüentemente, na manutenção e no reforço da produção agrícola nacional.

Estímulo às práticas de gestão pró-polinizadores

- Estímulo à crescente integração dos instrumentos das políticas florestais relacionadas às propriedades agrícolas e suas atividades.
- Estímulo a programas de recuperação de áreas degradadas, em especial contemplando espécies de plantas essenciais para a manutenção dos polinizadores nativos.
- Desenvolvimento de programas de plantio de espécies vegetais essenciais para a manutenção de polinizadores ao longo das estradas.
- Reavaliação de licenças de importação de agrotóxicos que não tenham sido testados quanto a seus impactos sobre os polinizadores nativos.
- Articulação institucional para a conservação de polinizadores e manutenção de polinização.

Ações no âmbito dos conselhos e autarquias governamentais

- CNCFlora: ter em conta o conhecimento sistematizado e produzido pelo Projeto GEF.
- CNPA: adoção de boas práticas no âmbito da Política Agrícola Nacional.
- CNPCT: adoção de boas práticas no âmbito PNPCT.
- CNPOrg: adoção de boas práticas no âmbito da Agricultura Orgânica.

- Conacer: ações de sensibilização, difusão e capacitação; integração das ações de políticas, programas e projetos voltados ao bioma cerrado.
- Conaflor: ações de sensibilização, difusão e capacitação no âmbito da FNP;
- Conama: definição do quadro legal.
- Condraf: ações de sensibilização, difusão e capacitação, e a adoção de boas práticas no âmbito do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e PNATER.
- Consea: adoção de boas práticas no âmbito da PNSAN e articulação para definição do quadro legal.
- CPDS: ações de sensibilização, difusão e capacitação no âmbito da Agenda 21.
- CTNBio: ter em conta o conhecimento sistematizado e produzido pelo Projeto GEF.
- Comissão Coordenadora do ZEE: ter em conta o conhecimento sistematizado e produzido pelo Projeto GEF sob ZEE.
- Encea: ter em conta o conhecimento sistematizado e produzido pelo Projeto GEF.
- FNMA: criação de linhas de crédito para projetos de polinizadores.
- Incra: ações de sensibilização, difusão e capacitação no âmbito do Pronera, adoção de boas práticas no âmbito do PNRA.
- Mapa e MS: ter em conta o conhecimento sistematizado e produzido pelo Projeto GEF, e ações de sensibilização, difusão e capacitação no âmbito do licenciamento de produtos agroquímicos.
- MI: adoção das orientações propostas pela Conabio nos termos dos Fundos Constitucionais de Financiamento.
- Comissão gestora do programa Mais Ambiente: ações de sensibilização, difusão e capacitação no âmbito do programa.
- Grupo gestor do PNEA: ter em conta o conhecimento sistematizado e produzido pelo Projeto GEF.
- Órgãos ambientais do Sisnama de licenciamento: ter em conta o conhecimento sistematizado e produzido pelo Projeto GEF.

RESUMO DAS POLÍTICAS NO NÍVEL NACIONAL

Principais questões

A natureza fragmentada das fontes de conhecimento sobre conservação dos polinizadores, sobre as necessidades de polinização das plantas, a identificação dos polinizadores efetivos em culturas dependentes de polinização, das tendências das populações de polinizadores e de requisitos para que polinizadores selvagens permaneçam nos agroecossistemas, constituem uma barreira para a efetiva con-

servação e gestão dos serviços de polinização. Além disso, esse conhecimento está disperso e, muitas vezes, inacessível para as pessoas que necessitam dessas informações para intervir com sucesso em nome de polinizadores.

Um dos principais obstáculos para a conservação de polinizadores é a falta de capacidade entre os diferentes grupos de entender e implementar o conhecimento existente sobre os serviços de polinização. A capacitação para sua conservação e gestão deve abranger uma ampla gama, desde a educação formal em todos os níveis, até a capacitação informal entre agricultores, administradores de terras, políticos e outros grupos alvo.

Os desafios para melhorar a sensibilização para a polinização são vários: os polinizadores são, em sua maioria, insetos e, portanto, frequentemente são vistos como pragas; além disso, o processo de polinização é muito sutil e, muitas vezes, não tem sido entendido por parte dos agricultores, muito menos do público em geral. Os desafios para a capacitação entre as comunidades de agricultores e latifundiários são ainda mais críticos: as ações necessárias para conservar e gerir os polinizadores não são totalmente conhecidas; é preciso trabalhar com os desafios de uma ecologia regional e desenvolver sistemas de gestão adaptados a um local específico; e o compartilhamento da informação entre as diferentes e distantes regiões precisa ser desenvolvido.

Uma polinização eficaz requer vegetação e condições particulares em determinado habitat; assim, a aplicação de práticas pró-polinizadores de gestão do uso da terra pode ajudar a garantir a sua sobrevivência. No entanto, continua a prevalecer uma suposição errônea de que a polinização é um sistema ecológico livre, que não precisa de programas de conservação e gestão sustentável. Muito pouca informação está sendo gerada sobre as boas práticas de gestão agrícola para sustentar os serviços de polinização natural.

A polinização tem um papel importante a desempenhar na produção de qualidade e na segurança alimentar, bem como na sustentabilidade ambiental da agricultura. A contribuição da polinização, abordada de forma ecossistêmica, garante ao ambiente a produção de alimentos de alta qualidade e meios de vida sustentáveis para os produtores. Identificar e implementar práticas de manejo de pró-polinizadores aumenta a qualidade e a diversidade da produção e, também, aumenta a resistência das culturas e sistemas de cultivo.

As ameaças à conservação de polinizadores para uma agricultura sustentável estão muito relacionadas com as ameaças globais e as barreiras para sustentar o desenvolvimento produtivo na agricultura e o meio ambiente. A maioria das soluções concebidas para tornar a agricultura moderna mais propícia à biodiversidade terá de ser desenvolvida dentro de um quadro político favorável. Muitas intervenções pró-polinizadores são no nível da paisagem, além da escala das propriedades particulares e, portanto, exigem um esforço de cooperação e coordenação para além de participações individuais.

POLÍTICA NACIONAL E LEGISLAÇÃO

Produção do conhecimento

A produção do conhecimento que possibilita a identificação de necessidades de polinização, polinizadores efetivos para as culturas polinização-dependentes, tendências das populações de polinizadores, e os requisitos para que polinizadores selvagens permaneçam em agroecossistemas é essencial para a conservação de polinizadores selvagens e dos seus serviços para ecossistemas naturais e agrícolas. Várias medidas têm sido tomadas para assegurar isso:

- 1998 – *Workshop* “Conservação e Uso Sustentável de Polinizadores na Agricultura” (São Paulo, Brasil), resultando na Declaração sobre Polinizadores.
- 2002 – Publicação do livro *Pollinating Bees: the Conservation Link between Agriculture and Nature* (Kevan, P. e Imperatriz-Fonseca, V.L. – Eds.), com apoio financeiro do MMA.
- 2002 – *Workshop* “Lista de Verificação de Abelhas do Mundo” (São Paulo, Brasil).
- 2002 – Publicação do livro *As Abelhas Brasileiras, Sistemática e Identificação* (Silveira, F.A.; Melo, G.A.R e Almeida, E.A.B.), também apoiado pelo MMA.
- 2003 – Probio. Chamada para projetos nº 02/2003, intitulada Gestão de Polinizadores, oferecendo apoio financeiro a seis projetos em diferentes culturas.
- 2003 – Fórum “A Declaração de São Paulo sobre Polinizadores mais 5” (São Paulo, Brasil).
- 2003 – *Workshop* “Iniciativas de Polinizadores e o Papel da Tecnologia da Informação – Sinergia de Construção e de Cooperação” (São Paulo, Brasil).
- 2004 – Probio. Chamada para projetos nº 01/2004, intitulada “Uso Sustentável e Restauração da Diversidade de Polinizadores Nativos na Agricultura e Ecossistemas Relacionados”, prestou apoio financeiro a oito projetos.
- 2004 – Publicação do livro *Abelhas Solitárias: Criação, Conservação e Manejo para a Polinização* (Freitas, B.M. e Pereira, J.O.P. – Eds.), apoiado pela Universidade Federal do Ceará.
- 2004 – *Workshop* internacional “As Abelhas Solitárias e seu Papel na Polinização” (Ceará, Brasil).
- 2004 – Início da Rede Brasileira de Polinizadores, coordenada pelo Centro de Referência em Informações Ambientais (Cria).
- 2004 – Portaria Interministerial nº 218/2004, que formalizou a Iniciativa Brasileira de Polinizadores.
- 2006 – Publicação do livro *Bees as Pollinators in Brazil: Assessing the Status and Suggesting Best Practices* (Imperatriz-Fonseca, V.L.; Saraiva, A.M. e De Jong, D. – Eds.), apoiado pela BPI e pela Conservação Internacional.

- 2006 – Publicação do livro *Bibliografia Brasileira de Polinização e Polinizadores* (coordenado pela BPI), apoiado pelo MMA.
- 2006 – *Workshop* “Informação sobre Polinizadores nas Américas” (São Paulo, Brasil).
- 2007 – Aprovado o projeto GEF “Conservação e Manejo de Polinizadores para Agricultura Sustentável através de uma Abordagem Ecosistêmica” (órgão executor: FAO).
- 2008 – Publicação do livro *Gestão de Polinizadores no Brasil* (coordenado e apoiado pelo MMA).
- 2009 – Chamada MCT para projetos de nº 24/2009, intitulada “Investigação de Polinizadores e Desenvolvimento de Rede”, apoio financeiro para sete redes.
- 2009 – Portaria Interministerial nº 178/2009, institui o Comitê Consultivo Nacional da Iniciativa Brasileira de Polinizadores.

Disseminação de conhecimento, sensibilização e capacitação

A legislação brasileira tem várias medidas destinadas à disseminação do conhecimento e a capacitação. Apesar do fato de esses instrumentos não serem voltados especificamente para a polinização, colaboram diretamente para o desenvolvimento de boas práticas necessárias para a sua conservação.

- Pnea (Lei nº 9795/1999): desenvolvimento através da formação de recursos humanos, estudos, pesquisas e experimentação, produção e divulgação de materiais educativos na esfera formal e não formal;
- Pronera (Decreto nº 7352/2010): melhora a qualificação dos agricultores e profissionais envolvidos em atividades técnicas e educativas em assentamentos PNRA;
- Pnater (Lei nº 12188/2010): promove atividades de assistência técnica e extensão rural com o objetivo de promover o desenvolvimento rural sustentável; a utilização, gestão, proteção, conservação e restauração dos ecossistemas naturais e agrícolas; formar agentes técnicos; estimular a construção de sistemas sustentáveis de produção através do conhecimento científico, empírico e tradicional.

Práticas de gestão pró-polinizadores

Proteção do hábitat

Embora a conservação de polinizadores não apareça entre as preocupações diretas para a criação de UCs e a conservação de áreas para a manutenção dos serviços de polinização para a agricultura não ser uma prática no Brasil, existem instrumentos jurídicos que conferem esta proteção indiretamente:

- Código Florestal (Lei nº 4771/1965): protege a vegetação natural através da proibição de desmatamento em Áreas de Preservação Permanente (APP) (matas ciliares, áreas de encosta íngreme, altas altitudes e topos de morros) e Reservas Legais (RL), que consistem em uma porcentagem das propriedades que não podem ser apagadas (varia de 20% a 80% dependendo da região);
- SNUC (Lei nº 9985/2000): os governos federal, estaduais e municipais das áreas protegidas integram o SNUC. O sistema visa, entre seus objetivos: proporcionar recursos e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental, para reconhecer o valor social e econômico da diversidade biológica, promover a educação ambiental, de recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico; contribuir para preservação e restauração da diversidade de ecossistemas naturais; promover o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais; e promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento.

Existem também vários instrumentos visando a recuperação de áreas degradadas e, conseqüentemente, a promoção da manutenção de habitats de polinizadores selvagens:

- PNF (Decreto nº 3420/2000): prevê um forte investimento na recuperação de áreas degradadas, especialmente aquelas APPs (com prioridade para as cabeceiras) que são fundamentais para a manutenção da biodiversidade;
- Programa Mais Ambiente (Decreto nº 7029/2009): promove e apoia a regularização ambiental das propriedades rurais, em especial a manutenção e recuperação de APPs e RLs.

Ordenamento e licenciamento ambiental

O planejamento da ocupação do território é outro instrumento importante na preservação das paisagens e das espécies, e são vários os instrumentos jurídicos brasileiros que propõem diretrizes ambientais para o uso do solo e para o licenciamento ambiental:

- O licenciamento ambiental (Lei nº 6938/1981): exige licenças ambientais para a construção, ampliação e operação de empreendimentos e atividades que utilizem recursos ambientais consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, ou que possam causar degradação ambiental. O processo de licenciamento tem o objetivo de obter uma relação mais harmônica entre desenvolvimento econômico e o meio ambiente, minimizando a degradação ambiental e otimizando os benefícios;

- ZEE (Decreto nº 4297/2002): promove o zoneamento ecológico e econômico, para planejar e organizar, de forma sustentável, o processo de uso e ocupação do solo, dando subsídios à organização territorial do país;
- Agenda 21 (Decreto nº 4792/2003): promove o planejamento participativo de políticas públicas levando em conta os problemas ambientais, sociais e econômicos locais, buscando soluções através de ações de desenvolvimento sustentável;
- Regulação OGM (Lei nº 11105/2005): estabelece as normas de segurança e mecanismos de fiscalização para atividades que envolvam construção, cultivo, produção, manipulação, transporte, transferência, importação, exportação, armazenamento, pesquisa, comercialização, consumo, liberação no meio ambiente e eliminação de organismos geneticamente modificados (OGM).

Medidas Agrícolas

A agricultura brasileira, de modo geral, ainda está sedimentada na produção convencional, e sua matriz é baseada em sistemas de baixa diversidade – monoculturas e pastagens – e na grande procura de ingressos externos – sementes, adubos e produtos químicos. Apesar disso, as iniciativas no âmbito do setor agrário têm sido construídas no intuito de quebrar esse padrão:

- PNRA (Lei nº 4504/1964): fornece a capacidade e os meios de gestão e estruturação dos processos de organização e produção para a população local, visando a sua inserção econômica, social, cultural e política, respeitando as diversidades regionais e promovendo a melhoria da qualidade de vida e a cidadania.
- Regulação de agrotóxicos (Lei nº 7802/1989): estabelece as diretrizes e normas a fim de minimizar os riscos provocados pelo uso de agrotóxicos, seus componentes e afins; desenvolvimento, divulgação instrucional e ações de formação sobre o seu uso correto e eficaz.
- Pronaf (Decreto nº 1946/1996): visa promover o desenvolvimento sustentável do segmento rural constituído por agricultores familiares e assentados da reforma agrária, para proporcionar-lhes aumento da capacidade produtiva, a geração de empregos e a melhoria da renda.
- Agricultura Orgânica (Lei nº 10831/2003): inclui práticas sustentáveis, a preservação da diversidade biológica dos ecossistemas naturais, o uso saudável do solo, água e ar, em todo o seu processo.

Políticas específicas relacionadas aos polinizadores

- Resolução Conama nº 346/2004: dispõe sobre a utilização de abelhas silvestres nativas, bem como implantação de colmeias.

Integração

- PNMA (Lei nº 6938/1981): visa ao equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social e a preservação do meio ambiente; a disseminação de tecnologias de gestão ambiental; a divulgação de informações ambientais; e a promoção da consciência pública sobre a necessidade de preservação do meio ambiente, a qualidade e o equilíbrio ecológico;
- PNSAN (Lei nº 11346/2006): visa à promoção da sustentabilidade dos sistemas agroecológicos para produção e distribuição alimentar; a conservação da biodiversidade; o fortalecimento dos agricultores familiares, de povos indígenas e comunidades tradicionais; o uso e o acesso à alimentação adequada e saudável, e o respeito à diversidade alimentar nacional;
- Áreas Prioritárias para a Biodiversidade (Decreto nº 5092/2004): reconhece as áreas prioritárias para a formulação e implementação de políticas públicas e atividades voltadas para a conservação *in situ* da biodiversidade, para a utilização sustentável dos componentes da biodiversidade e repartição de benefícios, recuperação, pesquisa em biodiversidade e estoques de áreas degradadas e de espécies sobre-exploradas ou ameaçadas, e valorização econômica da biodiversidade.

Apoio Financeiro

- FNMA (Lei nº 7787/1989): financia atividades que visam desenvolver projetos sobre o uso racional e sustentável dos recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria ou recuperação da qualidade ambiental, a fim de elevar a qualidade de vida da população brasileira;
- Fundos Constitucionais (Lei nº 7827/1989): contribuição para o desenvolvimento econômico e social das regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, através de programas de financiamento para os setores produtivos, em consonância com os seus planos de desenvolvimento regional.

Tabela 22.1. Análise das falhas e propostas para alterar/complementar políticas relacionadas à produção de conhecimento.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Lei nº 6938/1981 - Política Ambiental (e políticas relacionadas: Lei nº 7804/1989, Decreto nº 99274/1990, Lei nº 10165/2000, Lei nº 12305/2010)	A PNMA visa, entre outros objetivos, à realização do desenvolvimento econômico social com a preservação da qualidade do ambiente e do equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento de pesquisas tecnológicas para o uso racional de recursos ambientais.	O Conama estabelece normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais. Propor ao Conama a definição de um quadro jurídico para a conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização no Brasil, garantindo que este instrumento ofereça ações para geração e sistematização do conhecimento para a conservação de polinizadores e manutenção de serviços de polinização.
Lei nº 7797/1989 - Fundo Nacional do Meio Ambiente (e políticas relacionadas: Decreto nº 3524/2000, Decreto nº 6985/2009)	O FNMA tem como objetivo desenvolver projetos que visem ao uso racional e sustentável dos recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria ou recuperação da qualidade ambiental, a fim de elevar a qualidade de vida da população brasileira.	Propor ao FNMA a abertura de linhas de crédito para projetos de desenvolvimento, sistematização e disseminação do conhecimento relativo à conservação dos polinizadores, dos serviços de polinização e de boas práticas para a sua manutenção, bem como a sensibilização e capacitação sobre esses conhecimentos para públicos diversos.
Lei nº 9985/2000 - Áreas de proteção (e políticas relacionadas: Lei nº 6902/1981, Decreto nº 99274/1990, Decreto nº 1922/1996, Decreto nº 4340/2002, Lei nº 11132/2005, Decreto nº 5746/2006, Decreto nº 5746/2006, Decreto nº 5758/2006, Lei nº 11460/2007, Lei nº 11516/2007, Decreto nº 6848/2009)	O SNUC visa fornecer recursos e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental para reconhecer o valor social e econômico da diversidade biológica.	Estimular o desenvolvimento de estudos que avaliem o papel das UCs na preservação de polinizadores e dos serviços prestados por estes para as áreas circundantes; monitorar o <i>status</i> das populações de insetos polinizadores; e avaliar o valor social e econômico dos serviços ambientais prestados pelas populações de polinizadores preservados em UCs.
Lei nº 11105/2005 - Regulamento OGM (e políticas relacionadas: Decreto nº 1520/1995, Decreto nº 1752/1995, Decreto nº 5591/2005, Decreto nº 5950/2006, Decreto nº 5705/2006, Lei nº 11460/2007, Resoluções Normativas da CTNBio)	Não são totalmente conhecidos os riscos potenciais da polinização cruzada entre as culturas geneticamente modificadas e as espécies a elas relacionadas.	Promover a geração de conhecimento e sua disseminação, a fim de garantir a utilização de OGM. Propor à CTNBio o uso do conhecimento sobre a polinização para proteção da diversidade das culturas nacionais, da segurança alimentar e da saúde ambiental.
Lei nº 7802/1989 - Regulamento Agrotóxicos (e políticas relativas: Lei nº 9974/2000, Decreto nº 4074/2002, Decreto nº 5549/2005, Decreto nº 5981/2006, Decreto nº 6913/2009; Ibama Portaria nº 84/1996, 131/1997 e Instrução Normativa nº 17/2009)	Os agrotóxicos utilizados no Brasil, geralmente, não são testados quanto a sua ação sobre a fauna de polinizadores nativos.	Promover a geração de conhecimento sobre a toxicidade desses produtos na fauna nativa de polinizadores.
Lei nº 8171/1991 - Política Agrícola (e políticas relacionadas: Lei nº 9712/1998, Lei nº 10228/2001, Lei nº 10246/2001, Lei nº 10298/2001, Lei nº 10327/2001, Decreto nº 4623/2003, Lei nº 10990/2004, Decreto nº 5741/2006)	O Conselho Nacional de Política Agrícola tem como objetivos: promover e produzir conhecimento a partir de pesquisas de tecnologias agrícolas; difundir os conhecimentos gerados e facilitar a formação de multiplicadores que possam prestar assistência técnica quanto à aplicação de boas práticas de gestão.	Propor ao CNPA estimular a geração de conhecimento para promover as boas práticas de gestão agrícola que conservam polinizadores e mantêm serviços de polinização.
Decreto nº 1946/1996 - Agricultura Familiar (e políticas relacionadas: Decretos nº 3991/2001, 4854/2003, Lei nº 11326/2006)	O Pronaf visa promover o desenvolvimento sustentável do segmento rural constituído por agricultores familiares e assentados da reforma agrária, para proporcionar-lhes aumento da capacidade produtiva, geração de empregos e melhoria da renda.	Propor ao Condrap que sejam incluídas no Pronaf ações de planejamento voltadas para o desenvolvimento da consciência desse segmento social sobre a importância do uso de práticas de manejo adequadas para a conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização para melhorar a qualidade e quantidade da produção.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Lei nº 7827/1989 - Fundos Constitucionais Regionais (e políticas relacionadas: Lei nº 9126/1995, Lei nº 9808/1999, Lei nº 10177/2001; Conabio Deliberação nº 54/2008)	Os Fundos Constitucionais de Investimento Regional visam contribuir para o desenvolvimento econômico e social das regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, através de programas de financiamento para os setores produtivos, em consonância com seus planos de desenvolvimento regional.	Promover a aplicação das diretrizes propostas pela Deliberação Conabio nº 54/2008, nomeadamente: apoio à pesquisa e difusão de conhecimento necessário para a evolução social, cultural, ambiental, econômica e tecnológica com a sustentabilidade ambiental; estímulo a realização de projetos que levem em conta os conhecimentos sistematizados produzidos pelo Projeto GEF Polinizadores.
Lei nº 10.332/2001 - Fundos Setoriais	Estabelecimento do Programa de Ciência e Tecnologia para o Agronegócio, a fim de financiar atividades de pesquisa e desenvolvimento científico-tecnológico de interesse na área do agronegócio.	Propor a abertura de linhas de crédito para projetos de desenvolvimento, sistematização e disseminação do conhecimento relativo à conservação dos polinizadores, aos serviços de polinização e às boas práticas para a sua manutenção, bem como a sensibilização e capacitação sobre esses conhecimentos para públicos diversos.

Tabela 22.2. Análise das falhas e propostas para alterar/complementar políticas relacionadas a disseminação de conhecimento, conscientização e capacitação.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Lei nº 6938/1981 - Política Ambiental (e políticas relacionadas: Lei nº 7804/1989, Decreto nº 99274/1990, Lei nº 10165/2000, Lei nº 12305/2010)	A PNMA visa, entre outros objetivos, o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social com a preservação do meio ambiente, a disseminação de tecnologias de gestão ambiental, a divulgação de informações ambientais, e a promoção da consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico. Conama estabelece normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais.	Propor ao Conama a definição de um quadro jurídico para a conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização no Brasil, garantindo que este instrumento promova ações para alcançar o público mais diverso no território nacional com a divulgação do conhecimento, a conscientização da população e a capacitação de setores específicos
Lei nº 7797/1989 - Fundo Nacional do Meio Ambiente (e políticas relacionadas: Decreto nº 3524/2000, Decreto nº 6985/2009)	O FNMA tem como finalidade desenvolver projetos que visem ao uso racional e sustentável dos recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria ou recuperação da qualidade ambiental, a fim de elevar a qualidade de vida da população brasileira.	Propor a abertura de linhas de crédito para projetos visando ao desenvolvimento, a sistematização e à disseminação do conhecimento relativo à conservação dos polinizadores, aos serviços de polinização e às boas práticas para a sua manutenção, bem como à sensibilização e capacitação de públicos diversos.
Lei nº 9795/1999 - Educação Ambiental (e políticas relacionadas: Decreto nº 4281/2002)	A educação ambiental no ensino formal é definida como: ações desenvolvidas no âmbito dos currículos das instituições públicas e privadas de ensino; ações não formais de educação ambiental são aquelas cuja prática está voltada para a conscientização da coletividade, sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente. A PNEA é desenvolvida na educação formal e não formal, através de: formação de recursos humanos, desenvolvimento de estudos, pesquisas e experimentação, bem como de produção e divulgação de materiais educativos.	Propor ao grupo de gestão PNEA a elaboração e inclusão de módulos de informações voltadas para a difusão da consciência, do conhecimento e da capacitação para a conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Decreto nº 3420/2000 - Programa Nacional de Florestas (e políticas relacionadas: Decreto nº 4864/2003)	O PNF contempla, entre suas diretrizes, a utilização sustentável das florestas, a promoção do reflorestamento e a recuperação de APPs e RLs.	Propor ao Conaflor o desenvolvimento de atividades de conscientização, divulgação e formação sobre a importância do reflorestamento, manutenção e recuperação de APPs e RLs visando à conservação de polinizadores e à manutenção dos serviços de polinização.
Lei nº 9985/2000 - Áreas de Proteção (e políticas relacionadas: Lei nº 6902/1981, Decreto nº 99274/1990, Decreto nº 1922/1996, Decreto nº 4340/2002, Lei nº 11132/2005, Decreto nº 5746/2006, Decreto nº 5746/2006, Decreto nº 5758/2006, Lei nº 11460/2007, Lei nº 11516/2007, Decreto nº 6848/2009)	O SNUC visa, entre seus objetivos, fornecer recursos e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental, para reconhecer o valor social e econômico da diversidade biológica, promover a educação ambiental, de recreação em contato com a natureza e turismo ecológico.	Propor à equipe de gestão do Encea ações de divulgação de informação produzida a partir dos estudos de populações de polinizadores mantidos em UCs; sensibilizar os visitantes e as populações vizinhas das UCs sobre o valor social e econômico dessas áreas, mediante a conservação de polinizadores e manutenção de serviços de polinização.
Decreto nº 4792/2003 - Agenda 21 (e políticas relacionadas: DNN 02/03/2004)	Agenda 21 é um instrumento de planejamento participativo de políticas públicas que leva em conta os problemas ambientais, sociais e econômicos locais, buscando soluções através de ações de desenvolvimento sustentável.	Propor ao CPDS o desenvolvimento de atividades de difusão de informação, sensibilização e capacitação da Agenda 21 local, sobre a importância da conservação de polinizadores e a manutenção de seus serviços.
Decreto nº 5577/2005 - Cerrado Sustentável (e políticas relacionadas: Decreto nº 7302/2010)	O programa visa a conservação, restauro e gestão sustentável do bioma cerrado, entre outras ações, através de: sensibilização, capacitação e políticas de integração.	Propor ações ao Conacer para a sensibilização e formação que incluam a conservação de polinizadores e a manutenção dos serviços de polinização como ferramentas para recuperação e manejo sustentável de ecossistemas do cerrado.
Decreto nº 7029/2009 - Programa Mais Ambiente	O programa visa promover e apoiar a regularização ambiental das propriedades rurais, em especial a manutenção e recuperação de APPs e RLs. Considera como público beneficiado os agricultores familiares, empreendedores familiares rurais e povos e comunidades tradicionais. Contém subprogramas destinados a: educação ambiental, assistência técnica rural, produção e distribuição de mudas e sementes e capacitação para os beneficiários.	Propor ao comitê de gestão do programa a inclusão de informações sobre a importância da conservação de polinizadores e a manutenção dos serviços de polinização nos ecossistemas naturais e agrícolas, em ações de educação e formação.
Resolução Conama nº 425/2010	A resolução define os casos excepcionais de interesse social no qual o órgão ambiental competente poderá regularizar a intervenção ou supressão de vegetação nas APPs para as empresas agrícolas de agricultores familiares e empreendedores familiares rurais.	Propor aos órgãos ambientais a divulgação de informação que promova atividades visando assegurar o desenvolvimento sustentável de agricultores familiares e empreendedores familiares rurais, através da conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização, substituindo a remoção da vegetação.
Lei nº 4504/1964 - Reforma Agrária (políticas relacionadas: Decreto nº 62504/1968, Decreto-Lei nº 582/1969, Lei nº 6746/1979, Lei 7647/1988, Lei nº 8629/1993, Decreto nº 2250/1997, Medição Provisória nº 2183-56/2001, Lei nº 11443/2007, Lei nº 11446/2007, Decreto nº 6672/2008, Decreto nº 7352/2010)	O Pronera defende a melhoria de assentamentos rurais através da qualificação dos agricultores e profissionais envolvidos em atividades técnicas e educativas no PNRA.	Propor ao Inbra a inclusão, dentre as atividades de qualificação Pronera, de informações sobre o papel de polinizadores e de seus serviços para a melhoria da produção agrícola.
Lei nº 7802/1989 - Regulação de Agrotóxicos (e políticas relacionadas: Lei nº 9974/2000, Decreto nº 4074/2002, Decreto nº 5549/2005, Decreto nº 5981/2006, Decreto nº 6913/2009; Ibama Portaria nº 84/1996, 131/1997 e Instrução Normativa nº 17/2009)	Mapa, MS e MMA têm, entre suas atribuições: estabelecer as diretrizes e necessidades a fim de minimizar os riscos provocados pelo uso de agrotóxicos, seus componentes e relacionados; desenvolver a divulgação, ensino e atividades de formação sobre o uso correto e eficaz dos agrotóxicos e afins.	Propor ao Mapa e ao MS o desenvolvimento de campanhas de disseminação de informação, sensibilização e formação sobre o uso adequado de agrotóxicos em todos os setores da agricultura, bem como a possibilidade de substituir esse uso por metodologias menos agressivas, visando à saúde de agricultores, meio ambiente e plantações.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Lei nº 8171/1991 - Política Agrícola (e políticas relacionadas: Lei nº 9712/1998, Lei nº 10228/2001, Lei nº 10246/2001, Lei nº 10298/2001, Lei nº 10327/2001, Decreto nº 4623/2003, Lei nº 10990/2004, Decreto nº 5741/2006)	A política agrícola nacional tem como objetivo, entre outros: a promoção, produção e difusão de conhecimento baseado em pesquisas de tecnologias agrícola, e a capacitação de multiplicadores que possam prestar assistência técnica quanto à aplicação de boas práticas de gestão.	Propor ao CNPA a inclusão de informação relativa a boas práticas de gestão que promovam a conservação de polinizadores e serviços de polinização em seus programas de divulgação, capacitação e assistência técnica.
Decreto nº 1946/1996 - da Agricultura Familiar (políticas relacionadas: Decretos nº 3991/2001, 4854/2003, Lei nº 11326/2006)	O Pronaf visa promover o desenvolvimento sustentável do segmento rural constituído por agricultores familiares e assentados da reforma agrária, para proporcionar-lhes aumento da capacidade produtiva, a geração de empregos e a melhoria da renda.	Propor ao Condrap incluir no planejamento do Pronaf ações voltadas para desenvolver a consciência da importância do uso de práticas de manejo adequadas para a conservação de polinizadores e manter os serviços de polinização para melhorar a qualidade e quantidade da produção.
Lei nº 10831/2003 - Agricultura Orgânica (e políticas relacionadas: Decreto nº 6323/2007, Decreto nº 7048/2009)	A agricultura orgânica no Brasil tem como diretrizes, entre outras, a inclusão de práticas sustentáveis em todo seu processo, a preservação da diversidade biológica dos ecossistemas naturais; o uso saudável de solo, água e ar.	Propor ao CNPOrg a difusão das boas práticas agrícolas, incluindo a conservação de polinizadores e a manutenção de seus serviços.
Lei nº 12188/2010 - Assistência Técnica Rural (e políticas relacionadas: Decreto nº 5033/2004, Decreto nº 6813/2009, Decreto nº 7255/2010, Decreto nº 7280/2010)	A PNATER tem como objetivo reforçar as políticas e ações de assistência técnica e extensão rural visando a promoção do desenvolvimento rural sustentável, o aumento da qualidade da produção e produtividade, a utilização, gestão, proteção, conservação e restauração dos ecossistemas naturais e agrícolas, a formação de agentes de assistência técnica e de extensão rural, e a construção de sistemas sustentáveis de produção através do conhecimento científico, empírico e tradicional.	Propor ao Condrap a integração do conhecimento sistematizado e produzido pelo Projeto GEF Polinizadores para a formação de assistência técnica e extensão rural.
Lei nº 7827/1989 - Fundos Constitucionais Regionais (e políticas relacionadas: Lei nº 9126/1995, Lei nº 9808/1999, Lei nº 10177/2001; Conabio Deliberação nº 54/2008)	Os Fundos Constitucionais de Financiamento visam contribuir para o desenvolvimento econômico e social das regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, através de programas de financiamento para os setores produtivos, em consonância com seus planos de desenvolvimento regional.	Promover a aplicação das diretrizes propostas pela Deliberação Conabio nº 54/2008, em especial a combinação do apoio financeiro, assistência técnica qualificada, considerando as variáveis ambientais na bacia hidrográfica. Incentivar a inclusão de conhecimentos produzidos e sistematizados pelo Projeto GEF Polinizadores em ações de Ater das regiões atendidas pelos fundos.

Tabela 22.3. Análise das falhas e propostas para alterar/complementar políticas relacionadas a práticas favoráveis a polinizadores.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Lei nº 4771/1965 - Código Florestal (e políticas relacionadas: Lei nº 5870/1973, Lei nº 7754/1989, Lei nº 7803/1989, Decreto nº 2661/1998, Lei nº 9985/2000, Provisória Medição nº 2166-67/2001, Decreto nº 5975/2006, Lei nº 11284/2006, Lei nº 11428/2006, Decreto nº 7029/2009, Lei nº 11934/2009)	O Código proíbe o desmatamento em APPs e RLs.	Uma vez que a manutenção do código é provavelmente a melhor maneira de conservar as áreas naturais necessárias para otimizar os serviços de polinização para a agricultura e os ecossistemas naturais, as informações sistematizadas e produzidas pelo GEF Polinizadores devem cooperar na discussão para a manutenção desse instrumento de gestão territorial.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
<p>Lei nº 6938/1981 - Política Ambiental (e políticas relacionadas: Lei nº 7804/1989, Decreto nº 99274/1990, Lei nº 10165/2000, Lei nº 12305/2010)</p>	<p>A PNMA visa, entre outros objetivos, ao equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social com a preservação do meio ambiente, à disseminação de tecnologias de gestão ambiental, à divulgação de informações ambientais e à promoção da consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico. O Conama estabelece normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais.</p>	<p>Propor ao Conama a definição de um quadro jurídico para a conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização no Brasil, garantindo que esse instrumento ofereça ações para as boas práticas de gestão agrícola, em especial a conservação e restauração de paisagens naturais, o controle e combate às espécies exóticas invasoras, o uso seguro de agrotóxicos e a promoção de reprodução em cativeiro de polinizadores nativos.</p>
<p>Lei nº 7797/1989 - Fundo Nacional do Meio Ambiente (e políticas relacionadas: Decreto nº 3524/2000, Decreto nº 6985/2009)</p>	<p>O FNMA tem como finalidade desenvolver projetos que visem ao uso racional e sustentável dos recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria ou recuperação da qualidade ambiental, a fim de elevar a qualidade de vida da população brasileira.</p>	<p>Propor ao FNMA a abertura de linhas de crédito para projetos de desenvolvimento e implementação de boas práticas que considerem a preservação dos polinizadores e manutenção dos serviços de polinização.</p>
<p>Decreto nº 3420/2000 - Programa Nacional de Florestas (e políticas relacionadas: Decreto nº 4864/2003)</p>	<p>O PNF contempla, entre suas diretrizes, a utilização sustentável das florestas, a promoção do reflorestamento e a recuperação de APPs e RLs.</p>	<p>Propor ao Conaflor o desenvolvimento de atividades de reflorestamento e recuperação de APPs e RLs, levando em consideração as necessidades dos polinizadores, incluindo, principalmente, as espécies vegetais importantes para a sua manutenção (ninhos, alimentação e reprodução).</p>
<p>Lei nº 9985/2000 - Áreas de Proteção (e políticas relacionadas: Lei nº 6902/1981, Decreto nº 99274/1990, Decreto nº 1922/1996, Decreto nº 4340/2002, Lei nº 11132/2005, Decreto nº 5746/2006, Decreto nº 5746/2006, Decreto nº 5758/2006, Lei nº 11460/2007, Lei nº 11516/2007, Decreto nº 6848/2009)</p>	<p>O SNUC visa contribuir para a preservação e restauração da diversidade de ecossistemas naturais e promover o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e a utilização de princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento. Posteriormente, o PNAP foi instituído para garantir um sistema ecologicamente representativo e efetivamente gerenciado de áreas protegidas com a adoção de abordagem ecossistêmica da gestão das áreas protegidas. Também visa ao reconhecimento de elementos de integração paisagística em APPs e RLs como fundamentais para a conservação da biodiversidade.</p>	<p>Propor aos membros do Sisnama, responsáveis pela gestão do SNUC, atividades que destaquem o papel das UCs na preservação de polinizadores e na manutenção de serviços de polinização para os ecossistemas agrícolas de seu entorno.</p>
<p>Decreto nº 4297/2002 - Zoneamento Ecológico-Econômico (e políticas relacionadas: Decreto nº 6288/2007)</p>	<p>O ZEE considera na sua elaboração pontos chave relacionados à biodiversidade, dentre eles, a importância da abordagem sistêmica e dos serviços ambientais.</p>	<p>Propor à comissão coordenadora do ZEE considerar o conhecimento sistematizado e produzido pelo GEF Polinizadores, em particular a importância de manter os serviços de polinização para a integridade dos ecossistemas naturais e agrícolas.</p>
<p>Decreto nº 4792/2003 - Agenda 21 (e políticas relacionadas: DNN 03/02/2004)</p>	<p>A Agenda 21 é um instrumento de planejamento participativo de políticas públicas que leva em consideração os problemas ambientais, sociais e econômicos locais, buscando soluções através de ações de desenvolvimento sustentável.</p>	<p>Propor ao CPDS o desenvolvimento de atividades para a adoção de boas práticas de gestão agrícola e espacial, que considerem a conservação de polinizadores e a manutenção de seus serviços.</p>
<p>Decreto nº 5577/2005 - Programa Cerrado Sustentável (e políticas relacionadas: Decreto nº 7302/2010)</p>	<p>O programa visa a conservação, restauro e gestão sustentável do bioma cerrado, entre outras ações, através de sensibilização, capacitação e políticas de integração.</p>	<p>Propor ações ao Conacer de restauração, conservação e manejo de áreas, bem como a adoção de boas práticas agrícolas e territoriais que favoreçam a conservação de polinizadores e a manutenção dos serviços de polinização.</p>

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Lei nº 11105/2005 - Regulação de OGM (e políticas relacionadas: Decreto nº 1520/1995, Decreto nº 1752/1995, Decreto nº 5591/2005, Decreto nº 5950/2006, Decreto nº 5705/2006, Lei nº 11460/2007, Resoluções Normativas CTNBio)	Não são totalmente conhecidos os riscos potenciais da polinização cruzada entre as culturas geneticamente modificadas e suas espécies afins.	Propor à CTNBio o uso de conhecimento sobre a polinização na proteção da diversidade das culturas nacionais, na segurança alimentar e na saúde ambiental.
Decreto nº 6040/2007 - O Desenvolvimento Sustentável dos Povos Tradicionais (e políticas relacionadas: DNN 2006/07/13)	A PNPCT tem como objetivo, entre outros, garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável das populações; implementar esses princípios nas diferentes esferas de governo através de planos de desenvolvimento sustentável.	Propor ao CNPCT a inclusão de práticas voltadas para a conservação de polinizadores e de seus serviços em favor de planos de desenvolvimento sustentável.
Decreto nº 7029/2009 - Programa Mais Ambiente	O Programa visa promover e apoiar a regularização ambiental das propriedades rurais, em especial a manutenção e recuperação de APPs e RLs. Considera como público beneficiado os agricultores familiares, empreendedores familiares rurais e povos de comunidades tradicionais. Contém subprogramas destinados a educação ambiental, assistência técnica rural, produção e distribuição de mudas e sementes, e capacitação para os beneficiários.	Propor ao Comitê de Gestão do Programa a inclusão de informações sobre a importância dos polinizadores, sua conservação e manutenção dos serviços de polinização nos ecossistemas naturais e agrícolas, em ações de assistência técnica rural e na produção e distribuição de mudas e sementes.
Resolução Conama nº 1 / 1986, 11/1986, 6 / 1987, 237/1997, 385/2006	Define normas para relatórios de impacto ambiental; revê e complementa os procedimentos de licenciamento ambiental e seus critérios.	Propor ao Conama considerar a perda dos serviços de polinização no processo de licenciamento ambiental e assegurar medidas de mitigação para a manutenção desses serviços.
Resolução Conama nº 387/2007	Regulamenta o licenciamento ambiental de projetos de assentamentos de reforma agrária.	Propor ao Conama considerar a manutenção dos serviços de polinização no processo de licenciamento ambiental de projetos de assentamentos de reforma agrária.
Resolução Conama nº 425/2010	A resolução define os casos excepcionais de interesse social em que o órgão ambiental competente poderá regularizar a intervenção ou supressão de vegetação nas APPs para as empresas agrícolas de agricultores familiares e empreendedores familiares rurais.	Propor aos órgãos ambientais a adoção de boas práticas agrícolas que garantam o desenvolvimento sustentável dos agricultores familiares e empreendedores familiares rurais, através da conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização, substituindo a remoção da vegetação.
Portaria MMA nº 6 / 2008	Lista Nacional de Espécies da Flora Ameaçadas.	Propor ao CNCFlora, responsável pela atualização da lista, considerar durante a revisão o papel das espécies de plantas na manutenção de polinizadores.
Lei nº 4504/1964 - Reforma Agrária (e políticas relacionadas: Decreto nº 62504/1968, o Decreto-Lei nº 582/1969, Lei nº 6746/1979, Lei nº 7647/1988, Lei nº 8629/1993, Decreto nº 2250/1997, Medição Provisória nº 2183-56/2001, Lei nº 11443/2007, Lei nº 11446/2007, Decreto nº 6672/2008)	A inclusão de ações de criação e promoção de desenvolvimento sustentável no PNRA indica mudança significativa na política do Incra. Os elementos norteadores dessa política são: o respeito pela diversidade ambiental, promovendo a exploração racional e sustentável dos recursos naturais e a utilização do sistema de licenciamento como ferramenta de gestão ambiental dos assentamentos.	Propor ao Incra a inclusão de boas práticas para a conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização entre as atividades voltadas para os assentamentos extrativistas, assentamentos florestais reservas extrativistas, bem como no estabelecimento de critérios e procedimentos para a conservação dos recursos.
Lei nº 7802/1989 - Regulamentação de Agrotóxicos (e políticas relacionadas: Lei nº 9974/2000, Decreto nº 4074/2002, Decreto nº 5549/2005, Decreto nº 5981/2006, Decreto nº 6913/2009; Ibama Portaria nº 84/1996, 131/1997 e Instrução Normativa nº 17/2009)	Os agroquímicos utilizados no Brasil, geralmente, não são testados quanto a sua ação sobre a fauna de polinizadores nativos.	Propor ao Mapa e ao MS a inclusão de protocolos de avaliação sobre a toxicidade desses produtos sobre a fauna de polinizadores em processo de registro de agrotóxicos.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Lei nº 8171/1991 - Política Agrícola (e políticas relacionadas: Lei nº 9712/1998, Lei nº 10228/2001, Lei nº 10246/2001, Lei nº 10298/2001, Lei nº 10327/2001, Decreto nº 4623/2003, Lei nº 10990/2004, Decreto nº 5741/2006)	A política nacional agrícola visa, entre outros objetivos, a promoção, produção e difusão de conhecimento com base em pesquisas de tecnologias agrícolas e a capacitação de multiplicadores que possam prestar assistência técnica quanto à aplicação de boas práticas de gestão.	Propor ao CNPA fomentar a adoção de melhores práticas de gestão que promovam a conservação de polinizadores e a manutenção de seus serviços.
Decreto nº 1946/1996 - Agricultura Familiar (e políticas relacionadas: Decretos nºs 3991/2001, 4854/2003, Lei nº 11326/2006)	O Pronaf visa promover o desenvolvimento sustentável do segmento rural constituído por agricultores familiares e assentados da reforma agrária, de modo a proporcionar-lhes aumento da capacidade produtiva, geração de empregos e melhoria da renda.	Propor ao Condrap incluir no planejamento do Pronaf a adoção de boas práticas de manejo agrícola visando à conservação de polinizadores e à manutenção de seus serviços, melhorando a qualidade e aumentando a produção.
Lei nº 10831/2003 - Agricultura Orgânica (e políticas relacionadas: Decreto nº 6323/2007, Decreto nº 7048/2009)	A agricultura orgânica no Brasil tem como diretrizes, entre outras, a inclusão de práticas sustentáveis em todo seu processo, a preservação da diversidade biológica e dos ecossistemas naturais e o uso saudável de solo, água e ar.	Propor ao CNPOrg o desenvolvimento de boas práticas agrícolas, que incluam a conservação de polinizadores e a manutenção de seus serviços.
Lei nº 12188/2010 - Assistência Técnica Rural (e políticas relacionadas: Decreto nº 5033/2004, Decreto nº 6813/2009, Decreto nº 7255/2010, Decreto nº 7280/2010)	A PNATER tem como objetivo reforçar as políticas e ações de assistência técnica e extensão rural visando à promoção do desenvolvimento rural sustentável, o aumento da qualidade da produção e produtividade, a utilização, gestão, proteção, conservação e restauração dos ecossistemas naturais e agrícolas, a formação de agentes de assistência técnica e de extensão rural, e a construção de sistemas sustentáveis de produção através do conhecimento científico, empírico e tradicional.	Propor ao Condrap a inclusão de boas práticas agrícolas na conservação de polinizadores e manutenção de polinização, de acordo com as diferenças regionais do país, em programas de formação PNATER.
Lei nº 11346/2006 - Segurança Alimentar (e políticas relacionadas: Decreto nº 6272/2007, Decreto nº 7272/2010)	O PNSAN visa, entre outros objetivos, à promoção da sustentabilidade dos sistemas agroecológicos para produção e distribuição de alimentos, à conservação da biodiversidade, ao fortalecimento dos agricultores familiares, povos indígenas e comunidades tradicionais, ao uso e acesso à alimentação adequada e saudável, e ao respeito à diversidade alimentar nacional.	Propor ao Consea a adoção das boas práticas agrícolas na conservação de polinizadores e manutenção de serviços de polinização em atividades de PNSAN.
Lei nº 7827/1989 - Fundos Constitucionais Regionais (e políticas relacionadas: Lei nº 9126/1995, Lei nº 9808/1999, Lei nº 10177/2001; Conabio Deliberação nº 54/2008)	Os fundos constitucionais de financiamento visam contribuir para o desenvolvimento econômico e social das regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, através de programas de financiamento para os setores produtivos, em consonância com seus planos de desenvolvimento regional.	Promover a aplicação das diretrizes propostas pela Deliberação Conabio nº 54/2008, em especial a aplicação do Código Florestal; a consideração de parâmetros de sustentabilidade social, econômica e ambiental no âmbito da fiscalização, avaliação e acompanhamento dos projetos financiados; e a concentração em projetos que favoreçam o uso racional dos recursos naturais, com a adoção de práticas de gestão que reduzam os riscos para a biodiversidade.

Tabela 22.4. Análise das falhas e propostas para alterar/complementar políticas relacionadas a integração.

POLÍTICA E LEGISLAÇÃO	FALHAS/RELAÇÕES	MUDANÇAS/COMPLEMENTAÇÕES
Lei nº 6938/1981 - Política Ambiental (e políticas relacionadas: Lei nº 7804/1989, Decreto nº 99274/1990, Lei nº 10165/2000, Lei nº 12305/2010)	A PNMA visa, entre outros objetivos, ao equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social com a preservação do meio ambiente; à disseminação de tecnologias de gestão ambiental; à divulgação de informações ambientais; e à promoção da consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico. O Conama estabelece normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais.	Propor ao Conama a definição de um quadro jurídico para a conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização no Brasil, garantindo que este instrumento ofereça ações para a integração das políticas setoriais no domínio da agricultura, desenvolvimento agrário, desenvolvimento social, ciência e tecnologia, nas esferas estadual e municipal.
Decreto nº 4297/2002 - Zoneamento Ecológico-Econômico (e políticas relativas: Decreto nº 6288/2007)	O ZEE considera na sua elaboração pontos chave relacionados à biodiversidade, dentre eles, a importância da abordagem sistêmica e serviços ambientais.	Propor à comissão coordenadora do ZEE considerar o conhecimento sistematizado e produzido pelo GEF Polinizadores, em particular a importância de manter os serviços de polinização para a integridade dos ecossistemas naturais e agrícolas.
Decreto nº 5092/2004 - Áreas Prioritárias para a Biodiversidade (e políticas relacionadas: Portaria MMA nº 126/2004, Portaria MMA nº 9/2007)	As áreas prioritárias para a biodiversidade são muito importantes para implementar políticas públicas destinadas a conservação <i>in situ</i> , utilização sustentável, distribuição de benefícios, pesquisas e levantamentos, recuperação de áreas degradadas e espécies ameaçadas ou sobre-exploradas, e valorização econômica da biodiversidade.	Promover o uso das informações sistematizadas e produzidas pelo GEF Polinizadores no processo de atualização das áreas prioritárias.
Decreto nº 5577/2005 - Cerrado Sustentável (e políticas relacionadas: Decreto nº 7302/2010)	O programa visa a conservação, restauro e gestão sustentável do bioma cerrado, entre outras ações, através de sensibilização, capacitação e políticas de integração.	Propor ao Conacer ações de integração das diferentes políticas para a gestão agrícola e territorial do bioma cerrado, através da adoção de boas práticas de conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização.
Decreto nº 6040/2007 - Desenvolvimento sustentável dos povos tradicionais (e políticas relacionadas: DNN 13/07/2006)	A PNPCT tem como objetivo, entre outros, garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável das populações; implementar esses princípios nas diferentes esferas de governo através de planos de desenvolvimento sustentável.	Propor ao CNPCT a inclusão de práticas voltadas para a conservação de polinizadores e de seus serviços em favor do desenvolvimento sustentável.
Lei nº 11346/2006 - Segurança Alimentar (e políticas relacionadas: Decreto nº 6272/2007, Decreto nº 7272/2010)	O PNSAN visa, entre outros objetivos, à promoção da sustentabilidade dos sistemas agroecológicos para produção e distribuição de alimentos, à conservação da biodiversidade, ao fortalecimento dos agricultores familiares, povos indígenas e comunidades tradicionais, ao uso e acesso à alimentação adequada e saudável, e ao respeito à diversidade alimentar nacional.	Propor ao Consea a definição de um quadro jurídico para a conservação de polinizadores e manutenção dos serviços de polinização no Brasil, garantindo a inclusão desses temas nos programas e ações voltadas para segurança alimentar e nutricional.

Tabela 22.5. Barreiras e impedimentos gerais para a manutenção do serviço de polinização e os requisitos e necessidades para seu sucesso.

BARREIRAS/IMPEDIMENTOS	REQUISITOS/NECESSIDADES
Limitação do conhecimento	
Difícil identificação de declínio de polinizadores	Avaliação da situação atual das populações de insetos polinizadores
Informação sobre polinizadores selvagens dispersa e mal dirigida	Sistematização da informação existente; segmentação da produção de informações específicas sobre polinizadores selvagens
Ações tomadas para conservar as plantas não necessariamente consideram seus polinizadores	Abordagem ecossistêmica é necessária, em especial a necessidade das plantas de polinização, a identificação de polinizadores efetivos de cultivares, as tendências das populações de polinizadores e as necessidades dos polinizadores selvagens
Divulgação limitada do conhecimento	
Divulgação de informação muito incipiente e centrada em relações específicas	Necessidade de disseminação do conhecimento disponível sobre a importância dos polinizadores e seus serviços em todos os níveis da educação formal Divulgação de informações sobre os serviços de polinização deve refletir um contexto de ecossistema
Especialistas com conhecimento sobre a polinização de um cultivo específico ou sobre as necessidades biológicas de um polinizador em particular podem estar em outros continentes	Compartilhar informações para desenvolver capacidades
Consciência da importância dos sistemas de polinização insuficiente	
Falta de percepção da polinização como uma colaboração importante para a agricultura	Desenvolver e disseminar conhecimentos sobre a importância dos polinizadores para a agricultura
Crença de que a polinização é um sistema ecológico livre que não precisa ser conservado e / ou gerido de maneira sustentável	Investigar as implicações econômicas sobre os serviços ambientais prestados pela polinização
Falta disponibilidade de conhecimento para as comunidades de agricultores rurais e assistentes técnicos	Estímulo à criação de programas de formação permanente para educadores, assistentes técnicos rurais e agricultores em relação às boas práticas agrícolas para manutenção de polinizadores naturais e seus serviços
Os polinizadores são insetos muitas vezes vistos como pragas	Aumentar o entendimento dos serviços de polinização e entre a população em geral, especialmente entre administradores de terras e políticos
Processo de polinização é muito sutil e, muitas vezes, não é compreendido pelos agricultores, e ainda menos pelo público em geral	
Insuficiente capacidade de conservar e gerir serviços de polinização	
A falta de esforço para incorporar considerações sobre polinização em Agronomia	Incluir o conhecimento sobre a polinização na formação profissional agrícola (formação técnica, treinamento de agricultores)
Falta de capacidade dos diferentes grupos de líderes para compreender e implementar a base de conhecimento existente sobre os serviços de polinização	Desenvolver a capacidade para a conservação e gestão dos serviços de polinização, incluindo a educação formal de agricultores, administradores de terras, políticos e outros grupos alvo Esforços acadêmicos para produzir conhecimento em um formato acessível para o público-alvo (leigos, agricultores, técnicos, tomadores de decisão)
Ações que devem ser tomadas para conservar e gerir os polinizadores não são totalmente conhecidas	Desenvolver a capacidade para conservação de forma adaptativa, já que o conhecimento ainda está sendo produzido

BARREIRAS/IMPEDIMENTOS	REQUISITOS/NECESSIDADES
A conservação de um serviço em particular não pode ser feita seguindo uma receita	Administradores de terras devem trabalhar com seus desafios ecológicos locais e desenvolver sistemas de gestão adaptados
Falta de conhecimento para as comunidades de agricultores rurais e assistentes técnicos	Estímulo à criação de programas de formação permanente para educadores, assistentes técnicos rurais e agricultores em relação às boas práticas agrícolas para manutenção de polinizadores naturais e de seus serviços
Uso limitado de práticas pró-polinizadores	
Aumento de áreas cultivadas sob manejo intensivo	Manter boas práticas que permitem o crescimento da agricultura, respeitando as características naturais que protegem os polinizadores
Uso de agrotóxicos que causam impactos sobre polinizadores	Aumentar o conhecimento da ação dos agrotóxicos sobre os polinizadores nativos
	Estímulo ao uso de pesticidas não tóxicos ou com menor toxicidade (incluindo biopesticidas)
Utilização de serviços de polinização artificial e importação/criação de polinizadores exóticos para a produção agrícola	Identificar as práticas que impeçam a perda dos serviços de polinização selvagens, reduzindo os custos de produção e aumentando as culturas qualitativa e quantitativamente
Inadequação das políticas	
Atualmente, a responsabilidade sobre a preservação dos serviços de polinização depende quase inteiramente dos latifundiários, principalmente daqueles que a utilizam para a produção agrícola	Abordagem ecossistêmica da gestão de serviços de polinização, com os limites fora da escala das propriedades de terras individuais, no âmbito mais amplo do agroecossistema
Apesar da importância dos serviços de polinização para a produção de alimentos e para a regeneração dos ecossistemas naturais, raramente sua gestão e conservação são geridas por políticas públicas	Estímulo para a definição de marcos legais de conservação de polinizadores e manutenção dos serviços ambientais que prestam
Soluções projetadas para tornar a agricultura moderna mais produtiva estão colaborando para interromper a base de recursos naturais dos quais dependem as economias	Para tornar a agricultura moderna mais favorável à biodiversidade devem ser desenvolvidas soluções dentro de um quadro de políticas de apoio
O país continua a aumentar a produtividade agrícola com sistemas de produção que não levam em consideração a polinização	O ambiente político poderia ser modificado de forma que dê mais apoio à conservação dos polinizadores, bem como a outros objetivos ambientais e de agricultura sustentável
Aprovação de pesticidas não tóxicos ou com menor toxicidade foi impedida pelos regulamentos: alguns procedimentos de registro, por exemplo, reconhecem apenas químicos de amplo espectro	Reavaliar os procedimentos de importação de agroquímicos, em particular no que diz respeito à exigência de protocolos de ensaios sobre a sua ação na fauna nativa

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. “Desenvolvimento Sustentável: Qual a Estratégia para o Brasil?”. *Novos Estudos – Cebrap*, v. 87, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002010000200006&script=sci_arttext>.
- BIOTA-FAPESP. “Evento para Discutir os Impactos da Revisão do Código Florestal sobre a Biodiversidade”. 2010. Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br/materia/12572/impactos-do-codigo-florestal-sao-analisados.htm>>.
- GEF. *Conservation and Management of Pollinators for Sustainable Agriculture, through an Ecosystem Approach – Executive Summary*. 2003

- MMA. “Fourth National Report to the Convention on Biological Diversity: Brazil”. 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/brasil_quarto_relatrio_nacional_para_a_conveno_sobre_diversidade_biolgica_72.pdf>.
- SBPC-ABC. “Carta Endereçada aos Parlamentares da Comissão Especial do Código Florestal Brasileiro na Câmara dos Deputados”. 2010. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/site/arquivos/arquivo_270.doc>.
- SPAROVEK, G.; BARRETTO, A.; KLUG, I. & BERNDES, G. “Considerações sobre o Código Florestal Brasileiro. Resultados Ainda Não Publicados do Projeto Agricultural Land Use and Expansion Model – AgLUE”. 2010. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/32533526/Consideracoes-Sobre-o-CFlorestal>>.
- WOLFF, S. *Subsídios ao IV Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB: Diagnóstico sobre a Legislação Ambiental Brasileira*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2009. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/legistacao_4_relatorio_cdb.pdf>.

Websites

- <www.agencia.fapesp.br/materia/12572/impactos-do-codigo-florestal-sao-analisados.htm>
- <www.agricultura.gov.br>
- <www.ibama.gov.br>
- <www.mda.gov.br>
- <www.mds.gov.br>
- <www.mma.gov.br>
- <www.planalto.gov.br>



23. Proposta de Estratégia e Ações para Conservação e Uso Sustentável dos Polinizadores no Brasil

*Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, Dora Ann Lange Canhos,
Antonio Mauro Saraiva*

INTRODUÇÃO

As estratégias e ações para conservação e uso sustentável dos polinizadores no Brasil propostas a seguir são fruto da contribuição dos autores deste volume que indicaram quais os desafios, pontos fortes e fracos, ameaças e oportunidades em suas diferentes áreas de conhecimento.

Em um primeiro momento, todas as contribuições foram incluídas em um documento único e classificadas dentro de linhas de ação mais amplas. Foi dada uma nova redação aos temas recorrentes, nos quais havia convergência e a resolução de possíveis conflitos pela maioria. Os pontos fortes e fracos, que são as variáveis que podem afetar o plano de ação de forma positiva ou negativa, foram comparados e resultaram na proposta de ações para potencializar ou mitigar os seus efeitos. Também foram avaliadas as oportunidades e ameaças que, apesar de serem variáveis externas, podem determinar o sucesso ou fracasso da estratégia.

Consideramos essa análise como ponto de partida para um debate maior, envolvendo outros atores, principalmente gestores e formuladores de políticas públicas.

DESAFIOS

O grande desafio de um país megadiverso como o Brasil é conhecer, conservar e usar de maneira sustentável seus recursos naturais, fortalecendo a economia e promovendo o bem-estar humano. A polinização é um dos mecanismos mais importantes para a manutenção da vida no planeta; beneficia a sociedade aumentando a segurança alimentar e promovendo meios de subsistência. A suposição de que a polinização é um “serviço ecológico gratuito” é errônea. Manter polinizadores requer recursos como refúgios de vegetação natural, sendo também necessárias ações concretas para impedir ou mitigar os efeitos do seu declínio.

A elaboração de estratégias para o tema “polinizadores” por si só é um desafio, uma vez que demanda a integração de diferentes áreas de conhecimento e

de diferentes atores sociais. A polinização é um serviço ambiental de extrema importância tanto para a agricultura de larga escala como para a familiar, sendo também essencial para a conservação de áreas naturais.

Entre os inúmeros desafios existentes destacam-se os seguintes:

- no contexto de uma base legal, elaborar políticas públicas e planos de ação com fontes de financiamento estável e de longo prazo, condizentes com as necessidades do país em conhecer, conservar, acessar e usar polinizadores naturais e comerciais em bases sustentáveis;
- conhecer, compreender e mitigar os efeitos do declínio de polinizadores ante as inúmeras ameaças tais como mudanças climáticas, destruição e fragmentação de habitats naturais, uso de pesticidas, ataque de parasitas, entre outros;
- conhecer, compreender e disseminar o papel e o valor dos polinizadores para culturas agrícolas e áreas naturais;
- estabelecer uma infraestrutura compartilhada de dados, de acesso livre e aberto, em formato útil e utilizável, para os diferentes atores sociais, provedores e usuários de informação, incluindo (mas não restrito a) taxonomistas, ecólogos, conservacionistas, educadores, apicultores, agricultores, legisladores, formuladores de políticas e tomadores de decisão;
- promover a interação dos diferentes atores sociais, direta ou indiretamente envolvidos com polinizadores e polinização.

DIAGNÓSTICO

Para desenvolver o diagnóstico foram consideradas as variáveis críticas que podem afetar um plano de ação para a conservação e o uso sustentável dos polinizadores. O diagnóstico inclui os pontos fortes e fracos, as oportunidades e ameaças que devem ser consideradas para aumentar a possibilidade de superação dos desafios. Esses pontos fortes e fracos são objeto de ações específicas no plano proposto, enquanto as oportunidades e ameaças devem ser monitoradas, mas não são objetos de ação específica.

Pontos fortes e fracos

São as variáveis que podem afetar o plano de ação de forma positiva ou negativa, respectivamente. Eles são aqui apresentados agrupados por tópicos e contêm, ao final, propostas de ações específicas para potencializar sua ação positiva ou para eliminar ou mitigar os seus efeitos negativos.

Acervos biológicos

O fato de existirem coleções biológicas em todas as regiões do Brasil, principalmente as de interesse específico para polinizadores como coleções de vertebrados, invertebrados, plantas e pólen, foi considerado um ponto forte. No entanto, como pontos fracos foram indicados problemas com a informatização dos acervos e sua disponibilização *online*, a subutilização das coleções por falta de uma interação maior com o público e a falta de coleções de referência, que hoje estão sub-representadas. Com relação à qualidade dos dados, foram citados problemas com a identificação de material biológico e com a precisão da informação geográfica. Outro ponto fraco citado é a falta de recursos estáveis para manutenção dos acervos pelas instituições.

Com relação a coletas, os especialistas indicam como ponto positivo a existência de técnicas amostrais simples e pouco onerosas e como ponto fraco o fato de que muitas regiões ainda não foram amostradas.

Esse diagnóstico indica claramente a importância das coleções biológicas e a necessidade de apoio para:

- a manutenção do acervo nas instituições. Os recursos devem ser contínuos e previstos no orçamento das instituições e não vinculados apenas aos projetos dos pesquisadores;
- a digitalização dos dados e sua disponibilização *online*;
- coletas em regiões nunca ou pouco coletadas;
- a melhora da qualidade dos dados disponíveis, tanto em relação às coordenadas geográficas como na identificação dos espécimes depositados nas coleções, o que pode ser traduzido como apoio à capacitação, programas de visita de especialistas, contratação de recursos humanos e desenvolvimento de ferramentas e chaves de identificação;
- a manutenção do acervo pelas instituições que as abrigam. Os recursos devem ser contínuos e estar previstos no orçamento das instituições e não estar vinculados apenas aos projetos dos pesquisadores.

Dados

Para dados sobre espécies, como pontos fortes foi citada a existência de listas validadas de nomes de espécies para plantas do Brasil e para abelhas da região neotropical e a existência de grande volume de informação sobre a biologia de abelhas sem ferrão e de levantamentos, ainda que restritos geograficamente, sobre espécies de abelhas solitárias no Brasil. Foram levantados os dados disponíveis sobre aves polinizadoras existentes em coleções, e mencionados os coleópteros e esfingídeos polinizadores.

Como pontos fracos os especialistas indicaram o pouco conhecimento que se tem da biologia de grupos importantes de polinizadores; a falta de revisões taxonômicas e de chaves de identificação de espécies; a insuficiência de informações decodificadas e digitalizadas para um público mais amplo; a falta de dados sobre

a situação da apicultura e meliponicultura do Brasil e a insuficiência de dados sobre a interação polinizador-planta e sobre a distribuição geográfica de espécies.

Ainda como ponto fraco, foi criticada a inexistência de dados sobre a situação sanitária das abelhas e a deficiência na informatização e georreferenciamento dos casos sanitários detectados.

Essa análise indica a necessidade de apoio a listas validadas de nomes de espécies e sua distribuição geográfica com atualização permanente (listas dinâmicas) para todos os grupos taxonômicos de polinizadores e plantas e de listas da interação polinizador-planta. Também indica a necessidade de estruturar um sistema de informação com dados sobre a apicultura e a meliponicultura do Brasil.

Sistemas de informação online e ferramentas computacionais

Com relação aos sistemas de informação *online* e ferramentas computacionais, foram relacionados como pontos positivos a existência de:

- padrões e protocolos computacionais para informatização e integração em rede dos dados dos acervos de coleções biológicas;
- uma rede de comunicação sólida, distribuída por todo o país e ligando as principais instituições de pesquisa e universidades, constituída pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), e parceiros estaduais, como a rede Academic Network at São Paulo (ANSP) e a Rede Rio;
- modelos bem-sucedidos de disseminação de dados, especificamente as experiências da rede *speciesLink* (sistema distribuído de dados de acervos de coleções biológicas) no Brasil, da Rede Inter-Americana de Informações sobre Biodiversidade – Iabin (com uma rede dedicada aos polinizadores) e da rede global Global Biodiversity Information Facility – GBIF;
- ferramentas de modelagem de nicho ecológico desenvolvidas, testadas e disponíveis localmente;
- existência de ferramentas auxiliares de identificação de espécies de fácil utilização.

Como pontos fracos foram indicados:

- existência de grandes lacunas de informação taxonômica e geográfica nos sistemas *online* de acesso aberto;
- dificuldades no acesso e uso, de forma integrada, de dados climáticos, agrícolas e econômicos;
- inexistência de um banco de dados sobre os efeitos adversos dos xenobióticos sobre os polinizadores;
- ausência de um sistema de informação adequado para membros dos poderes Executivo, Legislativo e Judiciário sobre a importância das abelhas e de outros

- animais como agentes polinizadores e que trate o assunto em linguagem e formato adequados para a formulação de políticas públicas e tomada de decisão;
- precariedade da infraestrutura de informática e de comunicação (internet) em algumas regiões e instituições.
 - falta de recursos para uso de ferramentas mais sofisticadas e de laboratórios especializados.
 - falta de recursos para o desenvolvimento de ferramentas auxiliares de identificação.

Como ação, é necessário apoiar sistemas de informação de acesso livre e aberto disponíveis na internet (existentes e novos), ampliar o escopo dos dados digitalizados e o uso por diferentes públicos. Ferramentas de identificação são citadas como ponto forte e fraco, indicando que é importante apoiar o desenvolvimento de novas ferramentas e o treinamento em sua utilização.

Capacitação/formação de recursos humanos

A capacitação e formação de recursos humanos é um ponto chave. Os especialistas indicaram como pontos fortes a existência de massa crítica e *expertise* nacional em vários temas ligados a polinizadores e polinização e em sistemas computacionais. Ainda como ponto forte é citada a cultura para a realização de trabalhos interdisciplinares e a existência de investimentos na formação de pessoal capacitado para atuar no manejo e conservação de polinizadores. São também citados como pontos fortes os programas de pós-graduação, os programas de pesquisa e as publicações resultantes.

Como ponto fraco indica-se a carência de pesquisadores trabalhando na área da sistemática em geral e em determinados grupos específicos. É também citada a ausência de políticas de contratação ou fixação de doutores com mais de cinco anos de titulação. Indicam-se como necessidades específicas de treinamento as áreas de gestão de coleções biológicas, ferramentas matemáticas, estatísticas computacionais, ecotoxicologia, controle sanitário de abelhas, apicultura, meliponicultura, avaliação e controle de produtos apícolas.

Aponta-se também como ponto fraco a falta da abordagem do tema “polinização” nos cursos de Agronomia, Técnicos Agrícolas, Zootecnia, Veterinária e muitas vezes até nos cursos de Biologia. Há necessidade de cursos específicos que permitam avaliar o custo e o benefício da polinização em culturas agrícolas em diferentes regiões do país.

Como ações, é importante fortalecer os programas de graduação e de pós-graduação, estimulando a pesquisa interdisciplinar, e estabelecer um programa de treinamento nas áreas indicadas; é importante também trabalhar com polinizadores e agricultura familiar, e estabelecer programas de restauração da propriedade agrícola para aumento da resiliência do agroecossistema e para melhores possibilidades de sobrevivência às mudanças climáticas.

Pesquisa

Os pontos fortes incluem várias características já citadas como a existência de massa crítica e *expertise*, os programas de pós-graduação e os trabalhos interdisciplinares. São também pontos fortes a estrutura das agências de fomento federais e as fundações estaduais de amparo à pesquisa.

Indica-se como ponto fraco o pouco investimento que se faz em revisões taxonômicas, inventários e monitoramento (presença e dinâmica das espécies) e diversidade genética das espécies. Apontam como necessidade, pesquisas em: protocolos para criação de polinizadores em cativeiro; estudos em nível de paisagens; estudos sobre a polinização da maioria das culturas agrícolas produzidas no Brasil e para as diferentes regiões geográficas, indicando os potenciais polinizadores para uso manejado; abelhas africanizadas como polinizadores efetivos em diferentes culturas das diferentes regiões do Brasil; padrões e protocolos para a detecção de patógenos; efeito dos defensivos agrícolas em abelhas; estudos da palinologia para identificação dos recursos florais utilizados pelas abelhas para recuperação das condições ambientais; uso das ferramentas moleculares para caracterização de polinizadores e suas populações, melhoramento genético de polinizadores, manejo de polinizadores em culturas agrícolas. Uma atenção especial deve ser dada aos estudos sobre os efeitos das mudanças climáticas sobre os polinizadores, incluindo a necessidade das bases biológicas para deslocamento assistido das populações.

É importante incluir estudos que visam à recuperação/restauração de áreas degradadas em ambientes de caatinga e cerrado para manutenção e conservação dos polinizadores. Há vários estudos de recuperação de áreas de mata, porém sobre a recuperação das savanas abertas sabe-se muito pouco.

A principal ação neste caso é estimular e fomentar pesquisas nas áreas indicadas, com ênfase em pesquisas em rede, que potencializam os resultados, as colaborações e a disseminação de conhecimento e que otimizam o uso dos recursos alocados.

POLINIZADORES COMO VALOR ECONÔMICO

O reconhecimento do valor dos polinizadores e da polinização como um importante elo entre a conservação e a produção agrícola, do potencial existente para a produção de polinizadores em larga escala e a riqueza da diversidade de espécies do Brasil, onde diferentes espécies podem ser utilizadas nas diferentes regiões geográficas para diferentes culturas agrícolas, são citados como pontos fortes a serem explorados economicamente.

No entanto, identifica-se também a falta de conhecimento dos produtores e da população em geral do papel ecológico, econômico e da importância dos polinizadores agrícolas, o que pode ser atribuído em parte à falta de articulação da co-

munidade acadêmica com grupos da área aplicada. Outro ponto fraco é a falta de informação sobre como manejar os polinizadores nas áreas de produção agrícola e como manter os polinizadores silvestres nessas áreas e nas áreas do entorno. É ainda citada como deficiência a insuficiência de laboratórios para diagnóstico de doenças das abelhas nas diferentes regiões do país, de centros de apoio tecnológico tanto para a exploração da apicultura como da meliponicultura, de centrais de reprodução de rainhas selecionadas, e de empresas dedicadas à construção de colmeias e equipamentos apícolas.

Por fim é também apontada como ponto fraco a inexistência de uma política nacional com financiamento contínuo e de longo prazo para a área de serviços ambientais, polinizadores, produção agrícola sustentável e mudanças climáticas, para servir de base à participação brasileira no Painel Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas e às decisões econômicas do CTAGRO.

Ainda na área de políticas públicas, os especialistas indicam a necessidade de uma política nacional relacionada à importação de polinizadores exóticos, ao transporte de polinizadores silvestres no território nacional para meliponários e para uso em agricultura, à regulamentação dos meliponários, à comercialização dos produtos das abelhas silvestres e de seus serviços. Identificam também a necessidade de regulamentar a apicultura migratória e o transporte de abelhas em geral para os campos com flores para uso como polinizadores.

As ações a serem implementadas consistem em reavaliação da legislação e sua aplicação, e providências no sentido de propor alterações necessárias à regulamentação sobre o uso sustentado de polinizadores na agricultura e em áreas naturais. Com relação à importação de polinizadores, como há polinizadores nativos com a mesma potencialidade de utilização agrícola, a indicação que se faz é o estímulo para implementação urgente da criação em escala destes polinizadores nas várias regiões do Brasil e a manutenção da proibição legal da importação de polinizadores. Outra ação necessária é a criação de uma política nacional com financiamento contínuo e de longo prazo em serviços ambientais, polinizadores, produção agrícola sustentável e mudanças climáticas, que inclua o apoio à pesquisa, à disseminação do conhecimento aos vários estratos da sociedade.

Oportunidades e Ameaças

Oportunidades e ameaças são variáveis externas que influenciam o plano e podem, portanto, favorecer ou prejudicar a implementação das ações, determinando seu sucesso ou fracasso. Por essa razão devem ser monitoradas, porém não são objeto de ações específicas.

O crescimento da agricultura brasileira e seu estabelecimento como *commodity* internacional, com a possibilidade de alto valor ambiental agregado, certamente é uma oportunidade que torna o tema “polinizadores e seus serviços” central para o

desenvolvimento econômico e social do país. Tem também aumentado o interesse empresarial em desenvolver ações e programas ligados ao ambiente e à biodiversidade, seja por meio de ações que visam demonstrar responsabilidade social, seja com o objetivo de explorar novos mercados e oportunidades como certificações ambientais e *pegada de carbono nula*.

O Brasil, sendo um país tropical, megadiverso e produtor agrícola, com a produção de frutas e verduras crescendo substancialmente, necessita cada vez mais de polinizadores para aumentar sua produtividade. Isso aumenta o interesse do setor agrícola no uso dos serviços de polinização para reduzir seus custos e aumentar a produção, e o interesse do mercado em produtos orgânicos e a valorização de certificação ambiental nos âmbitos nacional e internacional. A crescente conscientização sobre a importância de serviços ecossistêmicos e demanda por produtos ecologicamente corretos, com apoio da mídia, aumenta a possibilidade da implementação de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento de técnicas de criação, programas de manejo e práticas adequadas de uso integrado e sustentável do solo para a produção de alimentos.

As abelhas africanizadas apresentam alta capacidade de adaptação aos diferentes ecossistemas do país e são mais resistentes à maioria dos patógenos. Entretanto, segundo estimativas de Aizen e Harder (2009)¹, a apicultura está crescendo menos do que a demanda por polinizadores para a agricultura de frutos e verduras. Uma oportunidade a ser explorada é a grande diversidade de espécies nativas nas várias regiões do país, o que certamente aumenta as possibilidades de uso na polinização agrícola. Ainda nessa linha, uma oportunidade é a tradição popular no manejo das abelhas sem ferrão.

Uma ameaça é a lei de acesso a recursos genéticos e a excessiva burocracia nas concessões de licenças de pesquisa e coleta, que acabam dificultando ou até inviabilizando a pesquisa e o conhecimento de novas espécies de polinizadores. Tem-se também que a legislação vigente não considera a diversidade de espécies de abelhas e culturas agrícolas, o que dificulta o transporte legal e, portanto, o uso comercial de polinizadores.

A ocupação desordenada do território nacional e o aumento das áreas urbanas causam a perda e fragmentação de habitats naturais com potencial impacto na redução dos serviços de polinização. Tem-se também que a nova proposta de alteração do Código Florestal diminui as áreas de cobertura vegetal como Áreas de Proteção Permanente e Reservas Legais com potencial impacto na manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais, como a polinização de espécies nativas e cultivadas.

Uma ameaça ao desenvolvimento da pesquisa no país é a descontinuidade de programas e projetos, a burocracia pública, a dificuldade em contratar recursos

1. M. A. AIZEN & L. D. HARDER "The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination". *Curr Biol*, 19: 915-918, 2009.

humanos e a falta de mecanismos de financiamento a projetos de média e longa duração. Outra ameaça é a inexistência de estratégias para preservação, uso e disseminação aberta de dados e informações geradas por programas e projetos financiados com recursos públicos.

Uma grande ameaça é a ausência de uma estratégia eficaz em temas específicos, tais como:

- mudanças climáticas: estratégias para implementar ações mitigatórias dada a fragilidade das espécies ante às mudanças climáticas, e conhecer os efeitos das mudanças climáticas sobre as populações de polinizadores;
- mortandade de abelhas: estratégias para mitigar a ocorrência do fenômeno CCD (*Colony Collapse Disorder*) e morte pelo uso de pesticidas;
- monoculturas e desmatamento: o cultivo em regime monocultural e o desmatamento de áreas florestais adjacentes são inadequados à manutenção de polinizadores com requerimentos ecológicos complexos;
- perda e fragmentação dos ecossistemas brasileiros: a fragmentação e perda de habitats diminuem o fluxo gênico e a oferta de serviços ambientais;
- polinização artificial: existe uma tendência em estimular a polinização manual em detrimento do estudo dos potenciais polinizadores nativos.

Infelizmente não existe uma política governamental de implantação de novos laboratórios públicos em pontos estratégicos nas diferentes regiões do país para atender às demandas de diagnósticos emergenciais e levantamentos epidemiológicos na área de sanidade apícola. Aliada à falta de política de implantação de novos laboratórios, há as dificuldades criadas pelo Ministério de Agricultura e Pecuária que impõe normas que acabam dificultando o credenciamento de laboratórios. Como consequência, não existem ações efetivas na aplicação da legislação para avaliar os possíveis impactos que inseticidas, fungicidas e herbicidas possam exercer sobre polinizadores.

Uma oportunidade importante é o interesse da mídia em temas ambientais e o crescimento da percepção na sociedade em geral sobre a importância da biodiversidade, sua conservação e uso sustentável, com a consequente valorização das ações, profissões e programas relacionados.

Na esfera internacional, existem várias iniciativas colaborativas como os programas da Convenção sobre Diversidade Biológica, o Global Taxonomy Initiative (GTI), o International Pollinators Initiative (IPI) e o Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). O IPI e seus desdobramentos regionais têm obtido resultados expressivos em todos os campos de atuação e o tema polinização e polinizadores, transversal a vários programas de conservação e desenvolvimento agrícola, é mencionado cada vez com mais frequência pela sua importância ecológica e econômica.

METAS

As seguintes metas foram citadas para orientar as ações estratégicas:

- Dominar em dez anos a biologia, a criação em escala e técnicas de uso em cultivos protegidos e abertos de polinizadores nativos para as principais regiões do Brasil. Escolher pelo menos cinco espécies de abelhas solitárias e cinco espécies de abelhas sociais para essa finalidade, e aplicar todas as modalidades de metodologias e recursos disponíveis para ampliar o conhecimento sobre sua conservação e uso sustentável.
- Incluir os temas “serviços ecossistêmicos” e “polinização” nos cursos de Agronomia, Medicina Veterinária, Zootecnia, Biologia, no planejamento estratégico, nos projetos de financiamento e na recuperação ambiental das propriedades rurais, na agricultura familiar (PAC caatinga e outros).
- Desenvolver tecnologias adequadas para o uso da *Apis mellifera* como polinizadora na agricultura do Brasil, onde ela é eficiente e necessária, por ser o único polinizador manejado no país disponível em quantidade suficiente para este serviço ecossistêmico.
- Utilizar outros polinizadores nas culturas em que se mostram eficientes na medida em que são produzidos em grande número, ou quando o planejamento e manejo do entorno da paisagem agrícola o permitirem.
- Implementar ações de políticas públicas para o desenvolvimento de planos de manejo para polinizadores em paisagens agrícolas.
- Incluir o tema “polinizadores” como um dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia do MCT/CNPq, o mais breve possível, como forma de articular a comunidade de pesquisa em polinizadores do Brasil em torno de um projeto estruturante.

PLANO ESTRATÉGICO

O plano estratégico apresenta ações específicas voltadas aos dados sobre polinizadores e dos acervos em coleções biológicas, aos sistemas de informação e ferramentas computacionais, à capacitação e formação de recursos humanos e à pesquisa e ampliação do conhecimento, inclusive com a realização de estudos de valoração econômica, os tópicos identificados na análise dos pontos fortes e fracos das diferentes áreas de conhecimento relacionadas a polinizadores. As linhas básicas de ação incluem:

- pesquisa e desenvolvimento científico;
- infraestrutura de dados, informações e aplicativos de acesso aberto e livre a todos os interessados na internet;

- capacitação e formação de recursos humanos;
- políticas públicas.

EDITAL PARA O INCT POLINIZADORES

Propõe-se a formulação de um edital para a criação de mais um Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do MCT que terá como foco o tema “polinizadores”. Acreditamos que a organização como INCT favorecerá ações interdisciplinares e uma integração maior dos dados e do conhecimento de diferentes áreas de conhecimento.

O grupo vencedor deverá trabalhar em rede e atuar no aumento da base de conhecimento sobre os polinizadores do Brasil, de diversos pontos de vista, abrangendo os tópicos abordados neste volume.

O INCT deverá promover uma maior articulação das coleções biológicas com acervos importantes de polinizadores, procurando orientar e apoiar ações visando à obtenção de mais dados – com mais características, maior abrangência geográfica e taxonômica e em maior quantidade – de qualidade, e sua disponibilização livre e aberta *online*.

Deverá também promover uma maior articulação entre provedores de dados e usuários chave como a própria comunidade científica, os tomadores de decisão e formuladores de políticas públicas, agricultores, mídia, educadores.

Uma atenção especial deverá ser dada à preparação de manuais e guias para a identificação, uso e manejo de polinizadores. Textos em português e adequados aos diversos públicos usuários da informação também são necessários. Informações em todas as mídias e para públicos de diferentes faixas etárias.

Deverá incluir novos esforços de coleta e identificação de material, com georreferenciamento e digitalização de dados, incluindo DNA *barcoding*, além de imagens, áudio e vídeo, quando pertinente.

Deverá criar uma moderna infraestrutura de comunicação de dados para os grupos participantes da rede, intensivo uso de ferramentas computacionais para as pesquisas, para a publicação dos dados *online* com acesso livre e aberto.

EDITAIS PARA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Sugerimos a formulação de editais para livre concorrência em P&D nas seguintes áreas identificadas pelo estudo:

Polinizadores:

- revisões taxonômicas;

- inventários e monitoramento;
- movimentação e abundância dos polinizadores em função da estrutura da paisagem;
- biologia e manejo de espécies com potencial para uso na polinização;
- modelagem aplicada a estudos de distribuição, suporte a decisão em conservação, impacto de mudanças climáticas em polinizadores;
- estudo de variabilidade genética de populações;
- melhoramento genético de polinizadores;
- crescimento colonial;
- dietas artificiais e criação em confinamento;
- seleção de polinizadores locais para culturas com resistência ao calor;
- resposta de polinizadores e culturas às alterações climáticas;
- incentivo ao desenvolvimento de práticas amigáveis aos polinizadores (policultivos, controle biológico de pragas, manejo integrado de pragas, agricultura orgânica, recuperação de áreas degradadas etc.);
- desenvolvimento de padrões e protocolos para detecção de patógenos de abelhas
- desenvolvimento de um sistema para o levantamento epidemiológico e toxicológico sistemático de abelhas;
- técnicas amostrais e de manejo;
- recuperação/restauração de áreas degradadas para a conservação de polinizadores;
- pesquisa com pólen para identificação de recursos florais para polinizadores.

Polinização:

- mecanismos de polinização das culturas agrícolas do Brasil;
- pesquisa em valoração econômica dos serviços de polinização;
- desenvolvimento e disponibilização de aplicativos: modelagem de nicho ecológico, identificação de material, redes de interações e outros tipos de análise;
- ferramentas e equipamentos para coleta de dados e compartilhamento de dados em laboratório e em campo.

CAPACITAÇÃO E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

A formação de recursos humanos tem requisitos muito diferentes nas várias regiões do país, e mesmo nos cursos de Agronomia, Veterinária, Biologia etc. Ao mesmo tempo em que há enorme necessidade de implementar a cooperação internacional em todos os níveis, nos quais a troca de doutorandos e pós-doutores tem trazido excelentes resultados, em algumas regiões brasileiras emergentes a qualificação local está ainda em um nível muito anterior, por exemplo nas novas universidades federais recentemente estabelecidas. Precisamos criar uma escola de

transição para esta realidade, que engloba uma qualificação básica complementar, possibilidades de implementação de estudo de língua inglesa e acesso à literatura especializada, e um estudo da flora e fauna locais e da exploração dos recursos naturais locais, serviços ambientais, uso e conservação.

Graduação

- Inclusão de disciplinas e conteúdos relativos à digitalização de dados, a conceitos e ferramentas computacionais ligados ao estudo e disseminação de conhecimento sobre polinizadores;
- Realização de programas de iniciação científica ligados ao estudo e uso de conceitos e ferramentas computacionais aplicadas aos polinizadores.

Pós-graduação

- Apoio ao oferecimento de disciplinas de pós-graduação com forte conteúdo interdisciplinar voltado à interface entre polinizadores e computação, a fim de formar novos pesquisadores nessa área;
- Ampliação do oferecimento de bolsas e oportunidades em estudos voltados ao desenvolvimento e à aplicação de ferramentas computacionais nos temas ligados aos polinizadores, contemplando alunos de engenharia, computação e biologia.

Extensão

- Oferecimento de bolsas de longa duração para a preparação de materiais ligados aos polinizadores para alimentar os sistemas de informações *online*, por exemplo, as fichas de espécies;
- Incentivo a atividades de extensão participativas (dias de campo, cursos de curta duração, oficinas etc.);
- Disseminação do conhecimento sobre polinizadores para o público em geral, com material específico preparado para tomadores de decisão, legisladores e políticos;
- Instrução para crianças e escolas agrícolas.

POLÍTICAS PÚBLICAS

É necessário ampliar o diálogo entre a comunidade científica e os formuladores e gestores de políticas públicas, de modo que o conhecimento gerado subsidie as decisões do país quanto a investimentos socialmente justos para o presente e para as futuras gerações. A questão ambiental, além da avaliação em tempo real vi-

sando a (re)ações emergenciais precisa da projeção futura, para determinar ações que possam realmente promover mudanças, e a modelagem nos seus vários aspectos pode assumir esse papel. Por isso, é necessário desenvolver estudos e ferramentas que possam subsidiar a tomada de decisão e a formulação de políticas públicas que garantam a manutenção dos serviços ambientais e a preservação da importante biodiversidade brasileira. Os impactos das mudanças globais sobre a biodiversidade, sobre os serviços ambientais, e sobre a sustentabilidade dos atuais modelos agrícolas precisam ser mais estudados e decodificados para os diferentes públicos no Brasil.

Como estratégia propõe-se:

- a criação de corpo técnico brasileiro para o Painel Internacional sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES, estabelecido pela ONU em dezembro de 2010), focalizando polinizadores, segurança alimentar e produção de alimento;
- no CTAGRO, criar uma Comissão de Estudos para os Polinizadores e Polinização agrícola. As projeções para o Brasil são de uma agricultura futura que vai necessitar e se beneficiar cada vez mais de polinizadores;
- incentivo à participação de especialistas na formulação de diretrizes que irão subsidiar a elaboração de termos de referência, termos de conduta, dentre outros, que regulamentam a conservação e o manejo de polinizadores nas diversas regiões do país.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um das metas do trabalho desenvolvido pelo grupo de especialistas que participou deste projeto foi a proposição de estratégias e ações para subsidiar políticas e ações nacionais sobre o tema dos polinizadores.

Fundamentaram-se no seu conhecimento científico do tema, na sua experiência e vivência da pesquisa, educação e extensão em polinizadores no Brasil, e nos paralelos com a realidade em outros países.

O resultado é um conjunto abrangente de pontos que inicialmente apresentam um diagnóstico da situação, para então sugerir direções a tomar visando, ao final, à preservação e ao uso sustentado dos polinizadores no Brasil com base em conhecimento científico.

Espera-se que este trabalho possa alcançar seus objetivos maiores, na medida em que as propostas aqui apresentadas sejam incorporadas às agendas e políticas nacionais de pesquisa e educação, legislação, acompanhadas dos investimentos requeridos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os participantes deste projeto, que contribuíram com suas considerações e análises para a elaboração desta proposta.

Em especial agradecemos às sugestões de implementação da dra. Blandina F. Viana e do dr. Danilo Boscolo para implementação desta discussão e às contribuições dos drs. Dejair Message, Lionel S. Gonçalves e David de Jong.

Sobre os Autores

AIRTON TORRES CARVALHO

Universidade Federal da Paraíba
@ – carvalhoairton@yahoo.com.br

ANDRÉ ETEROVIC

Centro de Ciências Naturais e Humanas
Universidade Federal do ABC
@ – andre.eterovic@ufabc.edu.br

ANDRÉ LUIS ACOSTA

Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
@ – andreluisacosta@gmail.com

ANDRIGO MONROE PEREIRA

Centro de Estudos de Insetos Sociais
Universidade Estadual Paulista, *campus*
de Rio Claro
@ – andrigo@hotmail.com

ANTONIO MAURO SARAIVA

Escola Politécnica
Universidade de São Paulo
@ – saraiva@usp.br

ARIADNA VALENTINA LOPES

Centro de Ciências Biológicas
Universidade Federal de Pernambuco
@ – avflopes@yahoo.com

ARTUR CAMPOS DÁLIA MAIA

Universidade Federal da Paraíba e Université
Paul Sabatier
@ – arturmaia@gmail.com

ASTRID DE MATOS PEIXOTO KLEINERT

Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
@ – astridkl@ib.usp.br

AYRTON VOLLET-NETO

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras
de Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – ayrtonvollet@usp.br

BETINA BLOCHTEIN

Faculdade de Biociências
Pontifícia Universidade Católica do Rio
Grande do Sul
@ – betinabl@puers.br

BLANDINA FELIPE VIANA

Instituto de Biologia
Universidade Federal da Bahia
@ – blandefv@ufba.br

BRENO MAGALHÃES FREITAS

Departamento de Zootecnia
Universidade Federal do Ceará
@ – freitas@ufc.br

CAMILA MAGALHÃES PIGOZZO

Universidade Jorge Amado
@ – camilapigozzo@yahoo.com.br

CAMILA MAIA-SILVA

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – camilamaia@usp.br

CÂNDIDA MARIA LIMA DE AGUIAR

Universidade Estadual de Feira de Santana
@ – candida.aguiar@gmail.com

CARLOS ALBERTO GARÓFALO

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – garofalo@ffclrp.usp.br

CARLOS ALFREDO LOPES DE CARVALHO

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais
e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
@ – calfredo@ufrb.edu.br

CARLOS EDUARDO PINTO

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – eduepronto@gmail.com

CELSO FEITOSA MARTINS

Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Universidade Federal da Paraíba
@ – cmartins@dse.ufpb.br

CLARA TAVARES LOURENÇO

Centro de Ciências Agrárias
Universidade Federal de São Carlos, *campus*
de Araras
@ – claratavareslourengo@yahoo.com.br

CLÁUDIA INÊS DA SILVA

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – claudiainess@gmail.com

CLEMENS SCHLINDWEIN

Instituto de Ciências Biológicas
Universidade Federal de Minas Gerais
@ – cschlindwein@ufmg.br

CRISTIANE KRUG

Embrapa Amazônia Ocidental
@ – cristiane.krug@cpaa.embrapa.br

CRISTIANO MENEZES

Embrapa Amazônia Oriental
@ – cristiano@cpatu.embrapa.br

DANILO BOSCOLO

Universidade Federal de São Paulo,
campus de Diadema
@ – danilo.boscolo@gmail.com

DAVID DE JONG

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – ddjong@fmrp.usp.br

DEJAIR MESSAGE

Universidade Federal de Viçosa
Polo Regional de Desenvolvimento
Tecnológico dos Agronegócios do Vale do
Paraíba, APTA/SAA-SP
@ – dmessage@ufv.br

DENISE DE ARAUJO ALVES

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – daalves@usp.br

DORA ANN LANGE CANHOS

Centro de Referência em Informação
Ambiental
@ – dora@cria.org.br

EDUARDO MARIANO

Instituto de Biologia
Universidade Federal da Bahia
@ – marianon@gmail.com

ELAINE C. M. DA SILVA-ZACARIN

Universidade Federal de São Carlos, *campus*
de Sorocaba
@ – elaine@ufscar.br

ÉRICA WEINSTEIN TEIXEIRA

Polo Regional de Desenvolvimento
Tecnológico dos Agronegócios do Vale do
Paraíba, APTA/SAA-SP
@ – erica@apta.sp.gov.br

FAVÍZIA FREITAS DE OLIVEIRA

Instituto de Biologia
Universidade Federal da Bahia
@ – favizia.freitas@ufba.br

FELIPE ANDRÉS LEON CONTRERA

Instituto de Ciências Biológicas
Universidade Federal do Pará
@ – felipe@ufpa.br

FELIPE WANDERLEY AMORIM

Universidade Estadual de Campinas
@ – amorimfelipe@yahoo.com.br

FRANCISCO DE ASSIS RIBEIRO DOS SANTOS

Universidade Estadual de Feira de Santana
@ – f.a.r.santos@gmail.com

GIORGIO CRISTINO VENTURIERI

Embrapa Amazônia Oriental
@ – giorgio@cpatu.embrapa.br

GUARACI DURAN CORDEIRO

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – guaradc@usp.br

HELIO JORGE DA CUNHA

Fundo Brasileiro para a Biodiversidade
@ – helio.cunha@funbio.org.br

HIPÓLITO FERREIRA PAULINO-NETO

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
@ – hipolitopaulino@yahoo.com.br

ISABEL ALVES DOS SANTOS

Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
@ – isabelha@usp.br

ISABEL CRISTINA SOBREIRA MACHADO

Centro de Ciências Biológicas
Universidade Federal de Pernambuco
@ – imachado@ufpe.br

ISABELA GALARDA VARASSIN

Setor de Ciências Biológicas do Centro
Politécnico
Universidade Federal do Paraná
@ – isagalarda@ufpr.br

IVAN SAZIMA

Instituto de Biologia
Universidade Estadual de Campinas
@ – isazima@unicamp.br

JERÔNIMO KAHN VILLAS-BÔAS

Universidade Federal da Paraíba
@ – jeronimokvb@gmail.com

LEANDRO FREITAS

Instituto de Pesquisa Jardim Botânico
do Rio de Janeiro
@ – leandro@jbrj.gov.br

LIONEL SEGUI GONÇALVES

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
Cetapis - RN
Universidade Federal Rural do Semiárido
@ – lsgoncal@usp.br

LUCIANO ELSINOR LOPES

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Universidade Federal de São Carlos
@ – luciano@gaiasocial.org.br

LUIS PRIMO

Instituto de Biologia
Universidade Federal da Bahia
@ – luiprimo@yahoo.com.br

MÁRCIA MOTA MAUÉS

Embrapa Amazônia Oriental
@ – marcia@cpatu.embrapa.br

MARCO ANTONIO DEL LAMA

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Universidade Federal de São Carlos
@ – dmdl@ufscar.br

MARDIORE PINHEIRO

Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus*
de Cerro Largo
@ – mardiore.pinheiro@gmail.com

MARIA CRISTINA GAGLIANONE

Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro
@ – mcrisgag@uenf.br

MARILDA CORTOPASSI-LAURINO

Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
@ – mclaurin@usp.br

MARINA C. P. PIMENTEL LANDEIRO

Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico
@ – mlandeiro@cnpq.br

MARLIES SAZIMA

Instituto de Biologia
Universidade Estadual de Campinas
@ – msazima@unicamp.br

MICHELLE MANFRINI MORAIS

Instituto de Ciência e Tecnologia, *campus*
de São José dos Campos
Universidade Federal de São Paulo
@ – michelle.manfrini@unifesp.br

MURILO SÉRGIO DRUMMOND

Centro de Ciências da Saúde
Universidade Federal do Maranhão
@ – msdrumm@uol.com.br

OSMAR MALASPINA

Centro de Estudos de Insetos Sociais
Universidade Estadual Paulista, *campus*
de Rio Claro
@ – malaspin@rc.unesp.br

PATRÍCIA ALVES FERREIRA

Instituto de Biologia
Universidade Federal da Bahia
@ – patybio13@yahoo.com.br

PATRÍCIA NUNES-SILVA

Departamento de Ciências Animais
Universidade Federal Rural do Semiárido
@ – patriciabiene@gmail.com

PAULO DE MARCO JR.

Instituto de Ciências Biológicas
Universidade Federal de Goiás
@ – pdemarco@icb.ufg.br

PAULO EUGENIO ALVES MACEDO DE OLIVEIRA

Instituto de Biologia
Universidade Federal de Uberlândia
@ – poliveira@ufu.br

PAULO NOGUEIRA-NETO

Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
@ – paulonogueiraneto@superig.com.br

PÉRSIO DE SOUZA SANTOS FILHO

Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
@ – pssantos@ib.usp.br

REISLA OLIVEIRA

Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
Universidade Federal de Ouro Preto
@ – reisla_oliveira@yahoo.com.br

ROBERTA CORNÉLIO FERREIRA NOCELLI

Centro de Ciências Agrárias
Universidade Federal de São Carlos, *campus*
de Araras
@ – roberta@cca.ufscar.br

ROGÉRIO MARCOS DE OLIVEIRA ALVES

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano
@ – eiratama@gmail.com

RUBEM SAMUEL DE AVILA JUNIOR

Universidade Federal do Pampa, *campus*
de São Gabriel
@ – rubemavila@yahoo.com.br

SIDIA WITTER

Centro de Meteorologia Aplicada
Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
@ – sidia-witter@fepagro.rs.gov.br

SILVANA BUZATO

Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
@ – sbuzato@usp.br

SORAIA GIRARDI BAUERMANN

Universidade Luterana do Brasil, *campus*
de Canoas
@ – soraia.bauermann@ulbra.br

STEPHAN MALFITANO CARVALHO

Centro de Estudos de Insetos Sociais
Universidade Estadual Paulista, *campus*
de Rio Claro
@ – smalfitano@uol.com.br

TEREZA CRISTINA GIANNINI

Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
@ – giannini@usp.br

THAISA CRISTINA ROAT

Centro de Estudos de Insetos Sociais
Universidade Estadual Paulista, *campus*
de Rio Claro
@ – thaisaroat@yahoo.com.br

THIAGO MAHLMANN

Instituto de Biologia
Universidade Federal da Bahia
@ – thi_mahl@yahoo.com.br

TIAGO MAURICIO FRANCOY

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
@ – tfrancoy@usp.br

VERA LUCIA IMPERATRIZ-FONSECA

Instituto de Biociências
Instituto de Estudos Avançados
Universidade de São Paulo
Universidade Federal Rural do Semiárido
@ – vlifonse@ib.usp.br

Créditos das Imagens

[capa, p. 3] Giorgio Cristino Venturieri

[p. 23, 25] Michael Hrcir

[p. 47] Ivan Sazima

[p. 49] Márcia Motta Maués

[p. 67] Cláudia Inês da Silva

[p. 103] Cristiano Menezes

[p. 119] Ivan Sazima

[p. 143] Rubem Samuel de Avila Junior

[p. 153] Hipólito Ferreira Paulino-Neto

[p. 175] Giorgio Cristino Venturieri

[p. 181] Tom Wenseleers

[p. 183] Márcia Motta Maués

[p. 203] Lionel Segui Gonçalves

[p. 213] Giorgio Cristino Venturieri

[p. 237] Izabel Christina da Silva

[p. 257] Giorgio Cristino Venturieri

[p. 271, 273] Michael Hrcir

[p. 301] Fernando Dias

[p. 315] Patrícia Nunes Silva

[p. 335] Claus Rasmussen

[p. 349] Giorgio Cristino Venturieri

[p. 361] Mardiore Pinheiro

[p. 369] Cláudia Inês da Silva

[p. 385] Marilda Cortopassi-Laurino

[p. 433] Dirk Koedam

[p. 435] Michael Hrcir

[p. 463] Dirk Koedam

<i>Título</i>	<i>Polinizadores no Brasil</i>
<i>Organizadores</i>	Vera Lucia Imperatriz-Fonseca Dora Ann Lange Canhos Denise de Araujo Alves Antonio Mauro Saraiva
<i>Produção</i>	Edusp
<i>Design e editoração eletrônica</i>	Negrito Produção Editorial
<i>Revisão de texto</i>	Raíssa Nunes Costa
<i>Revisão de provas</i>	Raíssa Nunes Costa Aline Marques
<i>Formato</i>	20 x 28 cm
<i>Tipologia</i>	Granjon e Cronos
<i>Número de páginas</i>	488
<i>Papel</i>	Off-set Chambril 90 g/m ² (miolo) Cartão Supremo 300 g/m ² (capa)
<i>Tiragem</i>	1000
<i>CTP, impressão e acabamento</i>	Rettec Artes Gráficas

