

A.B.E.L.H.A.

Desafios e recomendações para o manejo e transporte de polinizadores



Ayrton Vollet Neto
Betina Blochtein
Blandina Viana
Charles Fernando dos Santos
Cristiano Menezes
Patrícia Nunes Silva
Rodolfo Jaffé
Sérgio Amoedo

Desafios e recomendações para o manejo e transporte de polinizadores

Organizadores

Ayrton Vollet Neto
Cristiano Menezes

Autores

Ayrton Vollet Neto
Betina Blochtein
Blandina Viana
Charles Fernando dos Santos
Cristiano Menezes
Patrícia Nunes Silva
Rodolfo Jaffé
Sérgio Amoedo

Desafios e recomendações para o manejo e o transporte de polinizadores

São Paulo - SP



2018

Copyright © 2018 - A.B.E.L.H.A.

Todos os direitos reservados.

Nenhuma parte deste livro pode ser utilizada ou reproduzida em quaisquer meios existentes sem autorização por escrito dos autores.

Organizadores

Ayrton Vollet Neto e Cristiano Menezes

Projeto Gráfico e Capa

Roberto Carvalho

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

A.B.E.L.H.A. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas

Desafios e recomendações para o manejo e o transporte de polinizadores – São Paulo: A.B.E.L.H.A., 2018.

100 p. :il. color. 21 cm x 28 cm

Inclui bibliografia.

Inclui fotos.

ISBN 978-85-69982-03-6

1. Polinizadores. 2. Abelhas. 3. Agricultura. 4. Conservação.
5. Manejo. I. Menezes, Cristiano. II. Título: Desafios e
recomendações para o manejo e transporte de polinizadores.

CDD 595.799

Primeira Edição - setembro de 2018

Todos os direitos desta edição, reprodução ou tradução, reservados pela A.B.E.L.H.A. – Associação Brasileira de Estudos das Abelhas.

Rua João Cachoeira, 488 – Vila Nova Conceição

São Paulo – SP – CEP 04535-001 - Tel: (0**11) 3433-6782

E-mail: faleconosco@abelha.org.br

www.abelha.org.br

Organizadores

Ayrton Vollet Neto

Cristiano Menezes

Apoio

A.B.E.L.H.A. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas

Autores

Ayrton Vollet Neto

Amazon Conservation Team - Suriname

Betina Blochtein

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Blandina Viana

Universidade Federal da Bahia

Charles Fernando dos Santos

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Cristiano Menezes

Embrapa Amazônia Oriental e Embrapa Meio Ambiente

Patrícia Nunes Silva

University of Guelph

Rodolfo Jaffé

Instituto Tecnológico Vale

Sérgio Amoedo

Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia

Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos



SUMÁRIO

7	APRESENTAÇÃO
8	PREFÁCIO
11	Capítulo 1 A relação da agricultura com a atividade de criação de abelhas
25	Capítulo 2 Endocruzamento em populações de abelhas sem ferrão
39	Capítulo 3 Influência do transporte de colmeias sobre a estrutura genética das populações de abelhas
49	Capítulo 4 Transmissão de parasitas e patógenos e espécies exóticas
65	Capítulo 5 Criação de abelhas sem ferrão – uma atividade sustentável
83	Capítulo 6 Propostas para a regulamentação do manejo e do transporte de abelhas sem ferrão

APRESENTAÇÃO

Ao longo da ocupação da Terra pela civilização humana, o homem levou consigo centenas de espécies animais e vegetais para obter alimento ou outros produtos e serviços fornecidos por eles. Essa intensa movimentação de seres vivos trouxe grandes benefícios para o estabelecimento e o progresso de muitas civilizações. Entretanto, também gerou uma série de transtornos para o meio ambiente e para o Homem. Há registros de milhares de casos de animais e vegetais que se reproduziram descontroladamente onde não eram nativos após serem transportados pelo homem, intencionalmente ou não. Muitos se tornaram pragas agrícolas, outros competiram vorazmente com espécies nativas, muitas vezes causando sua extinção.

No universo das abelhas e dos polinizadores não é diferente. No decorrer da história, diversas espécies foram transportadas ao redor do mundo, promovendo benefícios inquestionáveis, mas também prejuízos enormes, difíceis de serem calculados.

Transportar abelhas e polinizadores para obter seus produtos diretos ou para polinizar as culturas agrícolas brasileiras é uma atividade

extremamente importante e que deve ser incentivada, inclusive para incremento da produção de alimentos no campo. É, portanto, com grande entusiasmo que a Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (A.B.E.L.H.A.) apresenta este livro, elaborado por cientistas que atuam no Brasil com base nos conhecimentos científicos disponíveis até o momento.

A obra discute os desafios mais representativos do transporte de abelhas, tendo como objetivo buscar formas mais eficientes e seguras para o bom desenvolvimento da atividade de criação de abelhas e obter os benefícios do serviço de polinização oferecidos por elas. Trata ainda de providências para garantir a sustentabilidade da atividade e evitar que novos problemas de disseminação de doenças e introdução de espécies invasoras ocorram no Brasil.

Ana Lúcia Assad

Diretora-Executiva da A.B.E.L.H.A.

PREFÁCIO

Na última década, o assunto sobre a conservação das abelhas e a importância dos polinizadores para a agricultura tomou proporções mundiais e acendeu o debate sobre o impacto das atividades do homem sobre o meio ambiente. Colocou-se em xeque a sustentabilidade de um dos pilares da nossa civilização – a alimentação da humanidade.

Temos assistido a debates calorosos sobre o impacto da agricultura nas populações de abelhas e a uma busca intensa para identificar as causas do problema. Mas toda crise é também um momento de grande oportunidade para mudar o direcionamento das nossas ações e é isso que temos observado ao redor do mundo, inclusive no Brasil. Instituições governamentais, instituições acadêmicas e instituições privadas estão empenhadas em encontrar soluções de curto, médio e longo prazos para mitigar as consequências negativas da agricultura e conservar os polinizadores manejados e silvestres. Certamente essa discussão toda trará benefícios significativos para a agricultura do futuro.

A criação de abelhas é uma atividade de importante potencial econômico por gerar

produtos apícolas, mas, recentemente, vem se tornando fundamental para a produção de determinados alimentos, em virtude da polinização agrícola. Atualmente, muitas culturas dependem direta ou indiretamente do deslocamento de colmeias nas proximidades para assegurar a polinização de suas flores. O transporte de colônias também ocorre na busca por floradas para a produção de mel e pólen e para criadores que estão iniciando a atividade, em especial com as abelhas sem ferrão.

Apesar de ser aparentemente inofensivo para o meio ambiente em curto prazo, o transporte de colmeias pode afetar a estrutura ecológica e genética de populações endêmicas de abelhas, além de causar efeitos de endocruzamento em populações transportadas para fora de sua área de ocorrência, em longo prazo. Ademais, existem efeitos causados em curto e médio prazos muitas vezes negligenciados por serem quase invisíveis, como a transmissão de parasitas e patógenos, bem como a perda de colônias pouco adaptadas às novas condições ambientais.

Nesse contexto, reunimos, no presente livro, alguns dos pesquisadores que estudam as

abelhas no Brasil para revisar os temas que afetam a vida das abelhas e dos criadores. Esperamos contribuir para as tomadas de decisão, tanto por parte das instituições envolvidas quanto por parte dos criadores de abelhas e agricultores. Conforme mostramos ao longo dos capítulos, as decisões tomadas diariamente por cada pessoa envolvida nesse assunto podem ter consequências negativas ou positivas significativas na conservação das abelhas. Portanto, estamos em um momento muito oportuno para abordar esses temas porque diversas regulamentações vêm sendo revisadas ou construídas, juntamente com o fato de a atividade de criação de abelhas estar sendo muito difundida no País. Nosso objetivo é contribuir para embasar as discussões sobre a relação entre a agricultura, a criação de abelhas e a conservação ambiental.

Assim, no primeiro capítulo, discutimos a importância das abelhas para a agricultura e apresentamos caminhos que o agricultor pode trilhar para se beneficiar do serviço de polinização oferecido por elas. O segundo capítulo discorre sobre os problemas de viabilidade de populações sujeitas ao endocruzamento por conta da redução dos habitats e do transporte de abelhas para fora de suas áreas de ocorrência. Já o terceiro capítulo apresenta uma visão global sobre o transporte de abelhas e os efeitos que essas ações podem ocasionar à estrutura genética das populações de abelhas manejadas e silvestres. O quarto capítulo alerta os criadores sobre os cuidados necessários para evitar a disseminação de doenças ao redor do mundo, com base em exemplos do passado. No quinto

capítulo, por sua vez, mostramos as vantagens de criar espécies em seu lugar de origem e discutimos o grande potencial que cada região brasileira possui com suas próprias espécies de abelhas. No último capítulo, por fim, discorreremos sobre as regulamentações hoje existentes sobre a criação de abelhas no Brasil e fazemos propostas objetivas para ajudar a pensar nas reformulações que estão em andamento no País.



1

A RELAÇÃO DA AGRICULTURA COM A ATIVIDADE DE CRIAÇÃO DE ABELHAS

RESUMO

Cristiano Menezes

Embrapa Amazônia Oriental e Embrapa Meio Ambiente
cristiano.menezes@embrapa.br

O crescimento exponencial da população global ocorrido no século passado obrigou a humanidade a produzir cada vez mais alimentos para atender à crescente demanda. Conseqüentemente, o funcionamento da maioria dos ecossistemas terrestres foi alterado, ameaçando a sustentabilidade da própria agricultura mundial. Além dos clássicos exemplos relacionados aos recursos hídricos e às mudanças climáticas, há muitas conseqüências importantes que podem afetar determinados aspectos dos sistemas de produção agrícola e tornar inviáveis determinados cultivos, como é o caso da deficiência de polinização. Por causa da redução dos habitats dos polinizadores e de suas populações naturais, bem como da intensificação das práticas agrícolas, a produtividade dos cultivos dependentes de polinização foi afetada na maioria dos lugares e os agricultores precisaram recorrer aos criadores de abelhas para obter boa produtividade. Atualmente, milhões de colônias de abelhas – de várias espécies, inclusive de abelhas solitárias – são produzidas e transportadas ao redor do mundo para atender a essa demanda. Apesar de solucionar parcialmente o problema, esse transporte descontrolado de abelhas também provocou uma série de problemas ambientais. Espécies exóticas se tornaram invasoras e doenças foram disseminadas ao redor do mundo, agravando ainda mais a situação. Assim, hoje o mundo está em alerta e em busca por soluções mais sustentáveis. No Brasil, a dependência de polinizadores igualmente é alta, já que cerca de 85 cultivos são beneficiados por eles. Muitos também apresentam deficiência de polinização e precisam introduzir abelhas em suas áreas, como os de maçã e de melão. Neste capítulo, apresentamos o contexto atual da atividade de criação de abelhas no Brasil e discutimos os caminhos que precisamos trilhar para não recairmos sobre os mesmos erros cometidos anteriormente ao redor do mundo, com a proposta de soluções para atender à demanda da agricultura sem prejudicar as populações naturais de abelhas, tanto de forma imediata quanto em longo prazo.

Palavras-chave: agricultura; polinização agrícola; transporte de abelhas; meliponicultura; apicultura.

Expansão da agricultura e manutenção dos serviços ecossistêmicos

No fim do século 18, o economista britânico Thomas Malthus provocou uma onda de preocupação mundial que repercute até os dias de hoje. Ele observou que o aumento na produção de alimentos elevou o bem-estar dos homens, porém apenas temporariamente, porque também aumentou a população, como consequência. O principal fundamento da sua hipótese era a previsão de que a população humana cresceria em uma taxa muito maior que a capacidade de produzir alimentos. De fato, o crescimento populacional explodiu nos séculos seguintes, conforme ele havia previsto. A catástrofe malthusiana, como ficou conhecida sua hipótese, só não ocorreu porque a humanidade conseguiu ampliar sua capacidade de produção de alimentos acima do previsto.

A primeira saída foi a substituição de áreas de ecossistemas naturais por sistemas de produção agrícola e pecuária. Inovações tecnológicas no campo, como o uso de fertilizantes, técnicas de correção de solo, irrigação, equipamentos modernos e controle químico de pragas, contribuíram posteriormente para aumentar a produtividade das áreas. E, mais recentemente, tecnologias de seleção artificial e engenharia genética deram novo impulso à agricultura.

Dessa forma, o homem conseguiu manter a produção de alimentos acima da demanda global, mas as consequências ao meio ambiente cresceram de forma proporcional. O mundo

percebeu que, se os danos provocados fossem mantidos nos mesmos níveis do século passado, a agricultura se tornaria insustentável em longo prazo em grande parte do globo.

A Avaliação Ecosistêmica do Milênio, publicada pela Organização das Nações Unidas em 2005, alertou o mundo sobre as consequências das mudanças nos ecossistemas para o bem-estar da humanidade e apontou caminhos, com base científica, para promover a restauração dos danos. Assim, a preservação ambiental, que durante muito tempo foi considerada um custo pelos agricultores e pelas nações, já começava a ser vista como investimento. Os benefícios que os agricultores e a humanidade recebem da natureza direta ou indiretamente por meio dos ecossistemas, chamados de serviços ecossistêmicos, são indispensáveis para a sustentabilidade da produção agrícola. A partir do momento em que esses serviços são perdidos, mesmo que parcialmente, os custos de produção atingem níveis que muitas vezes inviabilizam o agronegócio, local ou regionalmente.

Além dos clássicos exemplos relacionados aos recursos hídricos, à ciclagem de nutrientes e às mudanças climáticas, há muitos outros serviços ecossistêmicos que, se perdidos, podem afetar os sistemas de produção agrícola e tornar inviáveis determinados cultivos. Esse é o caso da polinização fornecida por milhares de espécies animais à agricultura. Borboletas, pássaros, morcegos, besouros, vespas, formigas, moscas e abelhas, entre outros organismos, participam de forma importante na produção de alimentos.

Os serviços de polinização fornecidos por esses animais respondem por cerca de US\$ 235-577 bilhões da produção agrícola mundial anualmente. Ou seja, 5-8% de toda a produção de alimentos no mundo deixaria de existir se perdêssemos esse serviço (Aizen *et al.* 2009; Potts *et al.* 2016). No Brasil, os polinizadores animais contribuem com aproximadamente US\$ 12 bilhões anuais da produção agrícola, que representa um terço da produção das culturas que dependem de polinização animal (Giannini *et al.* 2015).

As pressões causadas pela expansão da agricultura têm prejudicado a manutenção desse serviço, que antes era fornecido gratuitamente pela natureza. As abelhas vêm sendo utilizadas como “espécie bandeira” sobre a temática dos polinizadores na agricultura em função da facilidade de criação e manejo de algumas espécies, bem como de sua representatividade como polinizadores importantes da maioria das culturas dependentes de polinização. Contudo, é importante lembrar que há muitos outros polinizadores relevantes além desses insetos, tanto para a agricultura quanto para as plantas não cultivadas.

Na última década, o tema ganhou destaque na mídia mundial em função dos altos índices de perdas de colônias de abelhas melíferas pelos apicultores na América do Norte e em países da Europa e por conta dos prejuízos que esse fenômeno teria causado à agricultura dessas nações. Diversas campanhas para a conservação das abelhas foram feitas por organizações não governamentais e por apicultores com o intuito

de alertar o mundo sobre a necessidade de tornar a agricultura mais amigável às abelhas e aos polinizadores, com grande repercussão.

Como consequência da enorme pressão mundial que se formou em torno do assunto, o primeiro relatório, lançado em 2016 pela Plataforma Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (IPBES), focou exclusivamente esse tema, ou seja, Polinizadores, Polinização e Produção de Alimentos (IPBES, 2016; Potts *et al.* 2016). O relatório, elaborado pelos principais cientistas do mundo que estudam o tema, apresenta uma visão global sobre os problemas relacionados à sobrevivência dos polinizadores e aponta soluções que os países devem adotar para preservá-los e manejá-los de forma segura, em longo prazo. As ações propostas pelo documento e todo esse contexto mundial representam uma grande oportunidade para promover mudanças consistentes nos sistemas de produção agrícola e alcançar um equilíbrio com as ações de conservação da biodiversidade do planeta.

Dependência de polinização cruzada

Ao longo da evolução da agricultura, o homem vem selecionando variedades vegetais que não dependem de polinização cruzada, que é a transferência de pólen de uma planta para outra. Por isso, a dependência de polinização varia muito entre as culturas agrícolas e, inclusive, de uma variedade para outra da mesma cultura.

Assim, diversos cultivos não dependem de polinização para produzir frutos e não são beneficiados pela polinização cruzada. É o caso do abacaxi e da banana, por exemplo. Outros são polinizados por sistemas abióticos, como o vento, como ocorre com o milho, com o trigo e com o arroz. Ou seja, nessas culturas, o aumento na quantidade de polinizadores não eleva a produtividade.

Há ainda cultivos que não dependem de polinização cruzada, mas que se beneficiam disso. É o caso do feijão, do pimentão, da soja e do café, nos quais há certa produtividade sem a presença de polinizadores, mas cuja quantidade de frutos ou de sementes ou cuja qualidade dos frutos produzidos aumentam quando ocorre troca de pólen entre as plantas.

Por fim, existem muitas culturas que são altamente dependentes de polinização cruzada e se tornam inviáveis sem isso, como maracujá, melancia, melão, açaí e maçã, nas quais a presença de polinizadores animais é indispensável. Se a natureza não oferecer a quantidade necessária, o produtor precisará introduzir polinizadores no plantio ou até mesmo fazer a polinização manual, que é a transferência de pólen de uma planta para a outra pelo próprio homem.

Deficiência de polinização

Diversos fatores contribuem para diminuir a população e a diversidade de polinizadores nas culturas agrícolas. Grandes áreas de monocultura reduzem a disponibilidade de

flores ao longo do ano e, por isso, prejudicam a sobrevivência de muitas espécies naquele espaço. A redução dos fragmentos florestais e dos corredores ecológicos limita as áreas em que esses animais podem construir seus ninhos e causa problemas de endocruzamento. O uso de defensivos químicos incompatíveis com as abelhas e a aplicação desses produtos durante as floradas tem potencial de diminuir a população dos polinizadores adultos daquele ambiente e prejudicar ninhos que estejam próximos. A competição com abelhas exóticas e a disseminação de doenças podem afetar a sobrevivência de outras abelhas silvestres que vivem nos fragmentos florestais próximos.

A falta de polinização nos cultivos altamente dependentes é relativamente fácil de perceber porque afeta drasticamente a produção. Por isso, os agricultores de tais culturas foram os primeiros a recorrer aos criadores de abelhas para suprir sua necessidade. Produtores de maçã e de melão, por exemplo, alugam colmeias de abelhas africanizadas durante a floração porque sabem que, sem elas, não há produção.

Nos outros cultivos beneficiados pela polinização animal, mas não dependentes disso para obter produção, é mais difícil diagnosticar a deficiência na polinização. Como diversos outros fatores podem interferir na produtividade, como a irrigação, a qualidade do solo, a temperatura e a variedade genética, é muito complexo isolar cada um deles para verificar se a deficiência de polinização está afetando a produtividade de determinada cultura. Muitas vezes, só é possível constatar a deficiência após introduzir

polinizadores artificialmente e avaliar se houve ou não aumento de produtividade. O fato é que existem poucas informações disponíveis sobre a realidade de campo na maioria desses cultivos.

Contudo, o próprio produtor também pode observar o desenvolvimento dos frutos para saber se está tendo boa produção. Frutos tortos ou pequenos, aborto de frutos e baixa quantidade de sementes são sinais que ajudam a identificar o déficit de polinização.

É importante o agricultor também observar as flores de sua cultura para avaliar a quantidade e a diversidade de polinizadores que a visitam. Não basta apenas uma única espécie de abelha – o interessante é ter diversidade. Vários estudos recentes vêm mostrando que, quanto mais espécies de polinizadores na plantação, melhor o desempenho da produção. Isso porque cada uma possui diferentes horários de forrageamento, comportamentos distintos e tamanhos e formas específicas que a complementam no seu papel como polinizadores. Além disso, a competição entre as espécies altera sua dinâmica de visitação nas flores e favorece a polinização cruzada.

Polinização oferecida pela natureza

Existem diversas soluções que o agricultor pode adotar para aumentar a diversidade e a abundância de polinizadores em sua propriedade. A maioria delas requer baixo investimento por parte do produtor e pode aumentar consideravelmente a produtividade da lavoura.

As abelhas precisam de lugar para morar

Os polinizadores precisam de locais específicos para construir seus ninhos. A maior parte das espécies de abelhas sem ferrão, por exemplo, necessita de árvores de grande porte porque elas constroem seus ninhos no oco dos troncos. Além disso, diversas abelhas solitárias e sociais constroem seus ninhos em barrancos ou no subsolo.

Assim, aumentar a área de cobertura florestal ao redor da plantação e plantar árvores que oferecem locais de nidificação são medidas que contribuem para aumentar a população de tais insetos na cultura. Outra solução é oferecer substratos para nidificação, como orifícios de bambu ou blocos de madeira perfurados.

As abelhas precisam comer

Muitas vezes, as flores da cultura não bastam para manter as populações de polinizadores nas áreas ao redor da plantação porque floradas são, em geral, concentradas em curtos períodos. A maioria das espécies de abelhas precisa de alimento ao longo de todo o ano ou, pelo menos, por períodos longos.

Por isso, uma alternativa importante é plantar flores atrativas que florescem em períodos diferentes para alimentar as abelhas silvestres quando a cultura não estiver florida. Diversificar os cultivos na propriedade também colabora para aumentar a oferta de alimento para os polinizadores.

Quadro 1. Dicas para detectar deficiência de polinização em sua cultura agrícola



Em culturas agrícolas cujos frutos possuem uma única semente, como o açai, o principal sintoma para diagnosticar déficit de polinização é a baixa quantidade de frutos produzidos. Nas fotos acima, pode-se comparar a produção em um cacho de açai que foi bem polinizado (à esquerda) com um cacho mal polinizado (à direita). É normal observar alguns cachos mal polinizados mesmo em áreas com abundância de polinizadores, mas, caso isso ocorra com alta frequência, existe a probabilidade de que haja deficiência de polinização. (foto: Cristiano Menezes)



Já em culturas agrícolas cujos frutos apresentam grande quantidade de sementes, como o melão, o principal aspecto que deve ser observado é o tamanho dos frutos produzidos. Nesses casos, frutos bem polinizados são maiores, mais pesados, com formato mais uniforme e geralmente mais doces (à esquerda). A ocorrência de frutos pequenos com baixa quantidade de sementes (à direita) configura um bom indicativo de falta de polinização. (foto: Cristiano Menezes)



Outro aspecto importante para a detecção de deficiência de polinização é o formato dos frutos produzidos. No caso do quiabo, por exemplo, frutos bem polinizados são retilíneos e maiores (à esquerda). Frutos mal polinizados são menores e/ou tortos (à direita). (foto: Cristiano Menezes)



Quando há poucas visitas de abelhas às flores de quiabo, por exemplo, um lado do ovário recebe mais grãos de pólen que o outro, formando-se mais sementes em um dos lados do fruto do que no outro. Por causa dessa diferença, um lado do fruto cresce mais do que o outro e o quiabo fica torto (à direita). Um quiabo plenamente polinizado possui um número de sementes semelhante em cada lado (à esquerda). (foto: Cristiano Menezes)

O simples fato de não remover as plantas herbáceas das entrelinhas da cultura já ajuda a fornecer alimento para os polinizadores e aumentar a diversidade de abelhas na cultura. E, obviamente, manter áreas de mata próximas à plantação contribui para diversificar o cardápio dos polinizadores, o que é muito importante para as espécies mais generalistas, como as abelhas sociais.

As abelhas precisam sobreviver na área agrícola

Contudo, não adianta oferecer casa e comida se as abelhas forem mortas pelas práticas agrícolas do produtor. Cuidados simples no manejo da área e no controle de pragas favorecem a manutenção de um ambiente saudável à vida dos polinizadores.

Por exemplo, dar preferência a produtos químicos compatíveis com as abelhas ou a métodos de controle biológico é um grande passo para manter a população de polinizadores viva dentro da cultura. Caso seja necessário usar produtos incompatíveis, é possível optar por métodos que evitem matar as abelhas, como aplicar os produtos à noite ou programar as aplicações para antes ou depois das floradas

É importante também adotar técnicas que evitem a deriva de produtos químicos para as áreas do entorno da plantação. O produtor pode minimizar esse risco controlando o tamanho da gota do pulverizador, não aplicando os produtos em dias com vento forte e plantando barreiras de vento ao redor das lavouras.

Polinização assistida

Em muitas situações, a polinização oferecida pela natureza não basta para obter boa produtividade. Isso ocorre quando a quantidade de flores é extremamente grande e concentrada em curtos períodos ou quando as áreas cultivadas são extensas e distantes das áreas naturais. Plantações com a paisagem deteriorada ou que não usem práticas agrícolas favoráveis aos polinizadores geralmente precisam recorrer a essa alternativa. Cultivos protegidos em estufa também precisam introduzir polinizadores dentro das casas de vegetação, já que eles não conseguem acessar as flores naturalmente.

Nesses casos, a aquisição de abelhas para introduzir na propriedade durante a floração é um recurso muito importante e altamente relevante em nível mundial. Apesar de essa prática ter causado determinados impactos ambientais negativos, conforme discutimos nos próximos capítulos, ela vem trazendo, por outro lado, muitos benefícios ambientais, pois ajuda a conscientizar os agricultores sobre o uso indiscriminado de produtos químicos para o controle de pragas (Velthuis e Van Doorn, 2006). Os agricultores que pagam pelo serviço de polinização passam a se preocupar imediatamente em como não matar as abelhas que acabaram de adquirir. Dessa forma, a polinização assistida estimula a busca por produtos e métodos para controle de pragas mais amigáveis para as abelhas, como o controle biológico de pragas e o uso de produtos químicos compatíveis.

*Aluguel de colônias de *Apis mellifera**

O modelo de polinização assistida mais comum é o aluguel de abelhas, adotado inicialmente na América do Norte e hoje praticado em todo o mundo. Agricultores interessados em aumentar a quantidade de abelhas em seus plantios alugam as colmeias dos apicultores, que as instalam dentro do plantio durante a floração. Os preços para o aluguel de uma colmeia nos Estados Unidos variam de US\$ 40 a US\$ 200 por mês ou por florada, de acordo com a cultura agrícola a ser polinizada. Agricultores dos cultivos mais dependentes de polinização, como amêndoas, pagam mais caro do que os de culturas que são menos beneficiadas pela polinização, como a alfafa.

Há contratos bem estabelecidos entre as partes que definem as condições das colônias a ser alugadas, bem como os cuidados que o agricultor deve adotar para não prejudicar as colmeias alugadas. Os contratos também preveem possíveis indenizações ao apicultor caso suas abelhas morram devido a práticas agrícolas inadequadas do agricultor.

Os apicultores migram suas colônias de norte a sul, de acordo com demanda, calendário de floração e variações climáticas. Eventualmente, estacionam suas abelhas em áreas de descanso para manutenção e alimentação, revisão das colmeias e controle de parasitas e doenças.

No Brasil, esse modelo é adotado principalmente para atender à polinização de maçã no Sul e de melão no Nordeste. Recentemente, tem

sido também usado por produtores de café no Espírito Santo. O potencial de crescimento dessa atividade no Brasil é muito grande porque temos diversas culturas de larga escala que poderiam ser beneficiadas por essa prática, como algodão, girassol, canola e soja, além daquelas de menor escala, mas com produção de frutos de alto valor agregado, como kiwi, morango, macadâmia e lichia.

*Biofábricas e venda de colônias de *Bombus**

Outro modelo de polinização assistida foi desenvolvido na Europa durante a década de 80 para a criação e a venda de colônias de *Bombus*, principalmente da espécie *B. terrestris*. As abelhas são produzidas em verdadeiras fábricas, com altíssima capacidade de produção. Uma única fábrica chega a produzir 900 mil colônias por ano.

O sistema de comercialização é distinto porque o ciclo biológico dessas espécies é diferente das colônias de *Apis mellifera*. Elas não são perenes, ou seja, as colônias morrem depois de algumas semanas por causa de seu ciclo biológico natural. Por isso, o agricultor precisa comprar as colônias, e não alugá-las, como no modelo anterior. Atualmente, o valor dessas colônias gira em torno de US\$ 20 a US\$ 30 a unidade. Em culturas de ciclo de floração longo, como tomate, o agricultor precisa adquirir colônias com certa frequência para manter a abundância de polinizadores alta ao longo de toda a floração. Há, hoje, biofábricas de abelhas *Bombus* em vários países, inclusive no continente americano.

O Brasil possui espécies do gênero *Bombus* com ciclo biológico diferente das espécies de clima temperado. São mais populosas e bem mais agressivas, além de possuírem ninhos perenes. Até pouco tempo atrás, acreditava-se que não era possível criá-las em escala comercial, porém avanços recentes nas técnicas de criação mostram um cenário otimista para seu uso na polinização agrícola.

Captura e venda de abelhas solitárias

Outro grupo produzido em escala comercial é o das abelhas solitárias, que não formam colônias – as fêmeas vivem sozinhas ou em pequenos grupos de fêmeas, mas cada uma constrói seu próprio ninho. Elas representam a maior diversidade de abelhas, com cerca de 20 mil espécies reconhecidas, e configuram importantes visitantes florais de diversas espécies economicamente importantes. O principal modelo de produção existente é a captura por meio de ninhos-armadilha e posterior venda dos ninhos ocupados. A produção comercial desses polinizadores em larga escala já ocorre nos Estados Unidos e em países da Europa, porém ainda não existe no Brasil.

Criadores dessas abelhas espalham tubinhos de bambu ou de papelão pelo ambiente e, quando os ninhos estão preenchidos com células de cria, recolhem-nos e vendem-nos para agricultores com interesse em polinização. Em alguns lugares, esses insetos são criados dentro de estufas, onde são plantadas flores de que eles gostam e ofertados locais de nidificação. Geralmente, possuem ciclo anual, ou seja, as

fêmeas se reproduzem apenas uma vez por ano e só estão ativas durante um período curto, morrendo depois de construir alguns ninhos e botar seus ovos.

Abelhas sem ferrão na polinização de culturas

As abelhas sem ferrão têm grande potencial para a polinização agrícola. São sociais, formam colônias perenes e populosas e não representam riscos à saúde humana. Somam cerca de 600 espécies no mundo, distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do globo. O Brasil é o país com a maior diversidade, tendo cerca de 240 espécies descritas. Muitas já podem ser criadas em caixas e são facilmente multiplicadas, sem necessidade de recorrer aos estoques naturais para ampliar os plantéis.

A grande diversidade de características morfológicas e comportamentais desse grupo abre um enorme leque de opções para seu uso em escala comercial. Por exemplo, as espécies de pequeno porte, com menos de 2 mm, são mais fáceis de direcionar para a cultura-alvo porque possuem raio de voo limitado. Por isso, são interessantes para culturas pouco atrativas para abelhas. Já as espécies de grande porte, como as do gênero *Melipona*, são interessantes para polinizar culturas que precisam de polinização por vibração, como tomate e berinjela.

Apesar de ainda ser incipiente, o emprego dessas abelhas para polinização começa a se tornar realidade nas áreas tropicais e subtropicais do mundo. Produtores de mirtilo e de macadâmia na Austrália alugam ou compram colmeias

de *Tetragonula carbonaria* para melhorar sua produtividade. Na Indonésia e na Tailândia, produtores de manga têm utilizado a espécie *T. fuscobalteata*. No Brasil, a utilização desse recurso é ainda embrionária, mas já começa a despertar interesse em produtores de morango e tomate nas Regiões Sul e Sudeste e em produtores de açaí na Região Norte.

Atualmente, há um grande esforço de pesquisa para o desenvolvimento tecnológico da criação e para a divulgação do conhecimento sobre esses insetos e de sua importância como polinizadores. Já são conhecidas diversas culturas agrícolas que se beneficiam das abelhas, como tomate, café, morango e açaí, e gradativamente esse conhecimento tem sido ampliado (Heard, 1999; Nunes e Freitas, 2012). Apesar disso, o uso em escala comercial ainda esbarra na falta de colmeias.

Esse cenário está mudando pouco a pouco. O Brasil é pioneiro nas tecnologias de criação dessas abelhas e, após décadas de pesquisa científica, a meliponicultura, nome dado à atividade de criação das abelhas, tornou-se amplamente difundida em todas as regiões do País. Os maiores criadores dedicam-se primordialmente à produção de mel, um produto com alto valor agregado, mas, nos últimos anos, têm se expandido para outras finalidades, como animais de estimação, lazer e conservação.

A expansão dessa atividade é bem-vista porque estimula a conservação das espécies de abelhas criadas, bem como da natureza como um todo. Os criadores dependem de áreas conservadas

para ter bom desempenho produtivo, por isso os meliponicultores contribuem muito para o reflorestamento de áreas degradadas, para o plantio de árvores e para atividades conservacionistas. O crescimento dessa prática, por outro lado, também tem gerado consequências negativas para o meio ambiente, como a retirada excessiva de ninhos naturais e, como tratamos adiante, o transporte indiscriminado de tais abelhas para regiões onde não ocorrem naturalmente.

Conclusão

A criação e o manejo de polinizadores é uma prática necessária para aumentar a produtividade da agricultura e pode gerar muitos benefícios econômicos e ambientais. Contudo, o transporte indiscriminado de polinizadores pode causar problemas ambientais graves e muitas vezes irreversíveis. Diversas espécies foram introduzidas em locais de onde não são nativas e causaram impactos negativos para as populações de abelhas silvestres e manejadas. Por isso, nos próximos capítulos, abordamos assuntos específicos relacionados ao transporte de abelhas com o objetivo de conscientizar tomadores de decisão e subsidiá-los com informações cientificamente embasadas sobre as diversas consequências dessa prática. Damos enfoque especial às abelhas sem ferrão, mas também lançamos um olhar sobre o que já aconteceu em outros grupos de abelhas ao redor do mundo.

Apesar de bastante polêmicas, as discussões atuais sobre o papel dos polinizadores e sua

situação atual no mundo vão gerar impactos muito positivos na produção de alimentos e na agricultura do futuro. Este livro busca incrementar esse debate, focando, em particular, as consequências do transporte das abelhas para o meio ambiente, para a agricultura e para a atividade de criação desses insetos. As discussões propostas aqui permitirão melhorar a produtividade da agricultura brasileira, ajudar a manutenção de populações de abelhas silvestres, gerar renda para os criadores de polinizadores, estimular o uso correto de defensivos químicos e ainda gerar divisas para o agronegócio brasileiro.

Referências bibliográficas

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. *Ann. Bot.* v. 103, p. 1579-1588, 2009.

HEARD, T.A. The role of stingless bees in crop pollination. *Ann. Rev. Entomol.* v. 44, p. 183-206, 1999.

IPBES. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo, (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, 2016.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização Agrícola e sua Importância no Brasil. In: Polinizadores no Brasil - contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. Ed. São Paulo: EDUSP, p. 103-118, 2012.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *J. Econ. Entomol.* v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, v. 540, p. 220-229, 2016.

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.* v. 37, p. 1-31, 2006.





2

ENDOCRUZAMENTO EM POPULAÇÕES DE ABELHAS SEM FERRÃO

RESUMO

Ayrton Vollet Neto

Universidade de São Paulo
ayrtonvollet@gmail.com

A perda e a fragmentação de habitats, bastante comuns em sistemas de agricultura intensiva ao redor do mundo, provocam a redução do tamanho de populações de animais e plantas dessas áreas. Pequenas populações de todos os seres vivos sexuados estão sujeitas aos efeitos deletérios do endocruzamento, causado pela perda de diversidade genética, o que resulta na extinção de diversas espécies de tais fragmentos. As abelhas são insetos de grande importância nesses fragmentos, visto que contribuem para sua manutenção por meio da polinização da maior parte da vegetação nativa, bem como polinizam culturas economicamente relevantes nas áreas adjacentes. As consequências do endocruzamento são particularmente mais severas para as abelhas, bem como para as formigas e as vespas, insetos da ordem Hymenoptera. Além dos efeitos usuais, o endocruzamento afeta esses insetos em outro nível, devido ao seu sistema de determinação sexual. Fêmeas que se acasalam com machos aparentados ou que possuem os genes de determinação sexual similares aos seus podem produzir uma prole de machos inférteis ou inviáveis, os chamados machos diploides. Tal fenômeno tem potencial de aumentar significativamente o risco de extinção de espécies, em especial em populações pequenas. Para a criação de abelhas sem ferrão, particularmente, a produção de machos diploides é um importante fator a considerar. Plantéis de abelhas criadas fora de sua área de ocorrência natural estão sujeitos a altas taxas de produção de machos diploides, capazes de inviabilizar a criação em alguns casos. Algumas alternativas que podem amenizar os efeitos do endocruzamento e da produção de machos diploides em populações naturais e manejadas de abelhas sem ferrão incluem a criação de espécies dentro de sua área de ocorrência natural e a restauração e o aumento da área de fragmentos florestais em paisagens rurais.

Palavras-chave: machos diploides; riscos de extinção; fragmentação de populações.

Glossário

- Acasalamento pareado: acasalamento entre uma rainha e um macho que compartilham os mesmos alelos que determinam o sexo.
- Diploide: célula ou organismo que contém duas cópias de cada cromossomo, os cromossomos homólogos. Consequentemente, apresentam duas cópias de cada gene.
- Endocruzamento: acasalamento de indivíduos geneticamente próximos ou relacionados.
- Gene: menor unidade do DNA que codifica uma proteína. Assim, o gene determina alguma característica em um organismo quando codificado em proteína (expresso).
- Genes de determinação sexual: aqueles que controlam o desenvolvimento de características sexuais (macho ou fêmea) de um organismo.
- Haploide: célula ou organismo que contém apenas uma cópia de cada cromossomo. Consequentemente, apresentam apenas uma cópia de cada gene.
- Haplodiploide: sistema de determinação do sexo de insetos da ordem Hymenoptera, no qual, em geral, os indivíduos haploides tornam-se machos e os diploides tornam-se fêmeas.
- Homozigoto: célula ou indivíduo diploide que contém dois alelos **iguais** para determinado gene.
- Heterozigoto: célula ou indivíduo diploide que contém dois alelos **diferentes** para determinado gene.
- Macho diploide: no contexto deste livro, refere-se a um indivíduo diploide da ordem Hymenoptera, que normalmente originaria uma fêmea, mas que, devido à combinação de dois alelos similares no gene para determinação sexual, dá origem a um macho. A morfologia e a fisiologia dos machos diploides variam de acordo com a espécie. Em geral, são morfologicamente muito similares aos machos haploides, porém apresentam pouca viabilidade (morrem antes de tornarem-se adultos) e são inférteis (não produzem espermatozoides viáveis).
- Plantel: conjunto de animais selecionados para procriação.

Os efeitos do endocruzamento em abelhas

A perda e a fragmentação de habitats devido ao desmatamento e à agricultura intensiva constituem uma das maiores ameaças à conservação da biodiversidade. A diminuição do território causa a redução do número de indivíduos que formam as populações das espécies de um fragmento. Uma área reduzida determina uma quantidade menor de potenciais parceiros de acasalamento. Dessa forma, pequenas populações de animais e plantas sexuais tendem a sofrer efeitos do endocruzamento, isto é, do cruzamento entre indivíduos aparentados durante várias gerações. Ocasionalmente pela perda de diversidade genética que a simples diminuição da população acarreta, esses efeitos são diversos e atingem as diferentes espécies de seres vivos, com intensidades e formas variáveis. Um efeito

comum à maioria das espécies é a supressão da diversidade de alelos – as diferentes variações de um determinado gene (*quadro 1*). Isso pode gerar um acúmulo de alelos prejudiciais em homocigosidade nos indivíduos de uma população. Em outras palavras, aumentam as chances de que dois alelos prejudiciais iguais se combinem em um indivíduo. Além disso, gradualmente a variabilidade na composição genética de uma população se perde, o que diminui a capacidade dos indivíduos de enfrentar variações do ambiente em longo prazo.

As abelhas estão sujeitas a vários desses efeitos do endocruzamento, que acometem os organismos sexuais em geral e podem prejudicar pequenas populações. No entanto, além dos tradicionais efeitos, o endocruzamento causa uma consequência deletéria ainda maior nesses insetos, por conta da produção de machos diploides (Zayed & Parker 2005). Para

Quadro 1. O que são alelos?

A compreensão do conceito de **alelo** é de fundamental importância para o entendimento dos efeitos do endocruzamento e da produção de machos diploides. Os genes controlam o desenvolvimento de características específicas, como a cor da pelagem em coelhos. Existem várias formas distintas de um gene, que resultam em cor de pelos diferentes. Um dado gene simbolizado pela letra “A” dá origem a pelos castanhos, enquanto o gene simbolizado pela letra “B” dá origem a pelos brancos. Essas variações e formas alternativas de um gene são os alelos. No caso acima, identificamos dois alelos para cor de pelagem.

Em geral, um único gene controla a determinação do sexo das abelhas – e sabemos que existem vários alelos para esse gene. O macho é haploide, ou seja, possui um único alelo para cada um de seus genes. Já a fêmea é diploide – assim como nós, os seres humanos – e possui dois alelos para cada um de seus genes. Como descrevemos a seguir, nas abelhas existem indivíduos diploides machos e, nesses casos, os dois alelos sexuais desses indivíduos são idênticos.

compreender tal fenômeno, é fundamental entender primeiro como se dá a determinação de sexo nas abelhas, ou seja, porque uma abelha nasce macho ou fêmea.

O sistema de determinação de sexo nas abelhas é peculiar. O fato mais impressionante ocorre com os machos: eles não têm pai. E não é que sejam órfãos, já que os machos morrem ao se acasalar com as rainhas, deixando, assim, todas as suas filhas órfãs de pai. Um macho literalmente não tem pai porque o óvulo do qual ele é proveniente não foi fertilizado por um espermatozoide (figura 1). Dessa forma, ele possui informações genéticas herdadas apenas de sua mãe. As fêmeas, por sua vez, provêm de ovos fertilizados, que contêm, portanto, informações genéticas provenientes de sua mãe e de seu pai. Esse sistema leva a outra característica fantástica das abelhas: as fêmeas possuem o controle de determinar o sexo da prole. Isso é possível porque as fêmeas reprodutivas, que, no caso das abelhas sociais, são as rainhas, possuem um órgão no qual estocam os espermatozoides ao longo de sua vida: a espermateca, que se assemelha a um pequeno saco em que os gametas são mantidos vivos e viáveis por anos. Desse modo, quando um óvulo é fertilizado por um espermatozoide, origina-se uma fêmea. Quando o óvulo não é fertilizado, origina-se um macho (figura 1).

Em nível genético, o que ocorre é que tanto espermatozoides quanto óvulos possuem uma informação neutra em relação ao sexo a que darão origem, pois nenhum determina especificamente nada sozinho, mas, na verdade,

Rainha que se acasalou com macho com alelo sexual diferente

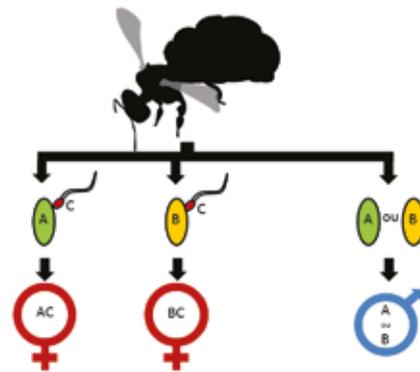


Figura 1. Situação mais frequente na natureza, em que a rainha se acasala com um macho com um alelo sexual diferente do dela (representado pelas cores e letras dos óvulos/espermatozoides). Neste caso, todos os indivíduos diploides possuem alelos sexuais diferentes (o que dá origem a fêmeas – operárias ou outras rainhas).

trabalham em um sistema complementar. Quando está sozinho, o gene de determinação de sexo ativa uma cascata de outros genes que origina um macho. Quando estão em dose dupla, esses genes desencadeiam uma cascata de genes que origina uma fêmea. Esse sistema de determinação de sexo é chamado de *haplodiploide*. A denominação traz informações que facilitam o entendimento: *haploide* (do grego *haplós*, simples ou único) é o nome que se dá a organismos ou células que possuem apenas um conjunto do material genético de sua espécie, enquanto *diploide* (do grego *diplóos*, duplo) se refere ao dobro de material. Assim, o *haplo* designa a formação de machos e o *diplo*, a formação de fêmeas.

Os machos diploides são aqueles que, em vez de apresentarem a quantidade de material genético que daria origem a um macho haploide

“normal”, possuem o dobro, o mesmo que uma fêmea. Ou seja, o óvulo é fecundado por um espermatozoide e, então, os indivíduos são realmente diploides e, no lugar de uma fêmea, desenvolve-se um macho. Esse fenômeno ajudou os cientistas a desvendar o sistema de determinação de sexo nas abelhas, formigas e vespas: para dar origem a uma fêmea, além de um indivíduo ter os alelos para determinação de sexo em dobro, é necessário que o organismo apresente esses alelos diferentes um do outro. A vespa parasitoide *Habrobracon hebetor* foi o modelo biológico usado na descoberta de tal fenômeno. Em 1943, Whiting verificou que, sob condições de endocruzamento, o número de machos na prole começou a aumentar. Por meio da contagem do número de cromossomos nas células, ele concluiu que os machos eram diploides. Dessa forma, machos tinham a mesma quantidade de cromossomos que as fêmeas, quando deveriam possuir a metade. Análises dos cruzamentos e da prole indicaram que um único *locus* gênico, ou seja, um único gene, era responsável pelo fenômeno: quando possui dois alelos diferentes (em heterozigose), desenvolve-se uma fêmea e, quando os alelos são iguais (em homozigose), desenvolve-se um macho diploide. Por sua vez, quando esse alelo sexual está sozinho (em hemizigose), o indivíduo desenvolvido é um macho haploide (figura 2).

Os machos diploides em abelhas sociais

Duas consequências da produção de machos diploides fazem deles grandes “vilões” para a sobrevivência de uma colônia de abelhas sociais: em geral, são inférteis ou produzem

Rainha que se acasala com macho com o mesmo alelo sexual

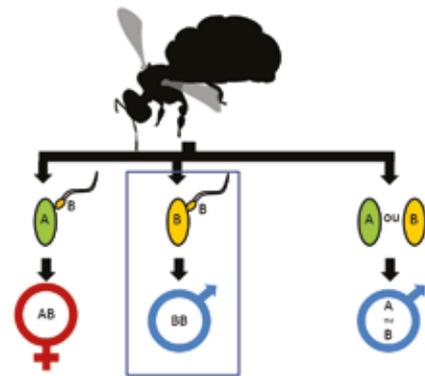


Figura 2. Situação menos comum na natureza, em que a rainha se acasala com um macho com o mesmo alelo sexual que o dela (representado pelas cores e letras dos óvulos/espermatozoides). Neste caso, metade dos indivíduos diploides possui alelos sexuais diferentes (o que origina fêmeas – operárias e outras rainhas) e a outra metade possui alelos sexuais iguais (o que origina machos diploides).

cria infértil, de forma que não contribuem para a “força reprodutiva” da colônia, e, além disso, desenvolvem-se a partir de óvulos fertilizados por um espermatozoide, os quais, supostamente, dariam origem a fêmeas, que constituem a força de trabalho de uma colônia. Para entender esses dois efeitos dos machos diploides nas colônias, é importante compreender o papel dos machos haploides nas abelhas sociais. Os machos são veículos dos espermatozoides de uma colônia. Se algum deles consegue se acasalar, o sucesso reprodutivo de sua mãe será enorme, já que, na população, existem muito mais machos do que rainhas. Assim, a primeira consequência pode ser compreendida: os machos diploides não contribuem para as atividades reprodutivas, já que normalmente são estéreis ou produzem cria inviável, de modo que nem sequer

cumprem a função de um macho normal, que é fertilizar uma rainha.

Para compreender a segunda consequência, é necessário analisar o papel das operárias e dos machos na colônia. As operárias desempenham importantes e diferentes tarefas no ninho: elas são responsáveis pela coleta de alimento nas flores, pela manutenção da temperatura para o desenvolvimento da cria, pela construção de células de cria, pela limpeza, pela defesa, etc. Diferentemente das operárias, os machos têm apenas a função reprodutiva e não contribuem nessas atividades de manutenção da colônia. Pelo contrário, são bastante “custosos”, pois consomem recursos ao ser produzidos, já que ingerem a mesma quantidade de alimento larval depositado numa célula de cria de uma operária. Além disso, após emergirem adultos de suas células de cria, alimentam-se durante os dias em que permanecem no ninho, antes de deixá-lo, enquanto ainda não atingiram a maturidade sexual.

Portanto, a fertilização de um óvulo pela rainha tem, como finalidade, produzir uma fêmea, que, na maioria das vezes, será uma operária. É normal que, entre as abelhas sociais, haja um investimento muito maior em operárias, pois elas são necessárias em maior número para manter uma colônia. Assim, cada operária produzida compensa, posteriormente, todo o investimento que recebeu por meio de seu esforço de trabalho, visto que realiza todas as tarefas mencionadas anteriormente. Entretanto, quando um macho diploide se desenvolve no lugar de uma “suposta” operária, a colônia perde todo o

investimento, inclusive os recursos alimentares que a larva ingeriu durante seu desenvolvimento, o tempo e o esforço de trabalho das operárias adultas na construção, no cuidado e no aquecimento da célula de cria e mais recursos quando esse macho se alimenta após emergir.

Nem toda a cria de uma rainha que se acasala com um macho com o mesmo alelo sexual será de machos diploides. A rainha sempre tem dois alelos sexuais diferentes, já que é uma fêmea e deve ser, portanto, diploide e possuir alelos distintos, pois, se fossem iguais, ela seria um macho diploide. Caso se acasale com um macho com o mesmo alelo sexual, apenas um desses alelos vai ser igual, já que o macho é haploide e tem apenas um alelo sexual (*figura 2*). Se uma rainha com dois alelos diferentes, representados pelas letras A e B, se acasala com um macho que possui o alelo sexual B, metade dos óvulos vai conter o alelo A e a outra metade, o alelo B. Isso ocorre porque, durante a formação dos óvulos das rainhas, apenas metade dos genes vai para um único óvulo, ou seja, ou o alelo A ou o B estarão presentes. Todos eles vão ser fertilizados pelo espermatozoide com o alelo B do macho. Consequentemente, de forma aleatória, metade da cria diploide será de fêmeas (AB) e a outra metade, de machos diploides (BB) (*figura 2*).

Nas abelhas melíferas, o efeito dos machos diploides diminui devido ao fato de elas se acasalarem com vários machos, o que, apesar de aumentar a chance de acasalamento com um macho com o mesmo alelo sexual, reduz a proporção de machos diploides na cria, pois os espermatozoides se misturam dentro



Figura 3. Operárias e rainha de *Scaptotrigona depilis* inspecionam uma célula de cria aberta contendo alimento larval, na qual ela irá realizar a postura de um ovo. O desenvolvimento desse ovo resultará em uma fêmea, se fertilizado (indivíduo diploide, $2n$), ou em um macho, se não fertilizado (haploide, n). (foto: Ayrton Vollet-Neto)

da espermoteca das rainhas e elas acabam fertilizando seus óvulos com espermatozoides de machos variados. Além disso, as operárias de *Apis mellifera* reconhecem larvas de machos diploides por meio da composição química de suas cutículas quando eles ainda são bem jovens. Após o reconhecimento, essas larvas são mortas, o que evita o desperdício de recursos ao alimentá-las. Dessa forma, as abelhas melíferas possuem vários recursos para lidar com os machos diploides.

Nas abelhas sem ferrão (*figura 3*), em geral a rainha se acasala com um único macho. O espermatozoide dele fica armazenado na espermoteca e é usado gradualmente ao longo de sua vida. No caso de um acasalamento

com um macho com o mesmo alelo sexual, a proporção de fêmeas e de machos diploides na cria da rainha será, na média, igual (ou seja, de uma fêmea para um macho diploide). Por meio da proporção de machos na cria, é possível identificar se uma colônia de abelhas sem ferrão está produzindo machos diploides. Ao desopercular cerca de 30 células de cria, ou seja, abrir e retirar a camada superior dessas células, escolhidas ao acaso de um favo com abelhas prestes a emergir, verifica-se a proporção de fêmeas e machos. Se for de 1:1, ou seja, o mesmo número de fêmeas e de machos, a chance de serem diploides é muito alta (*figura 4*). Quanto mais células de cria forem verificadas, mais contundente a conclusão.

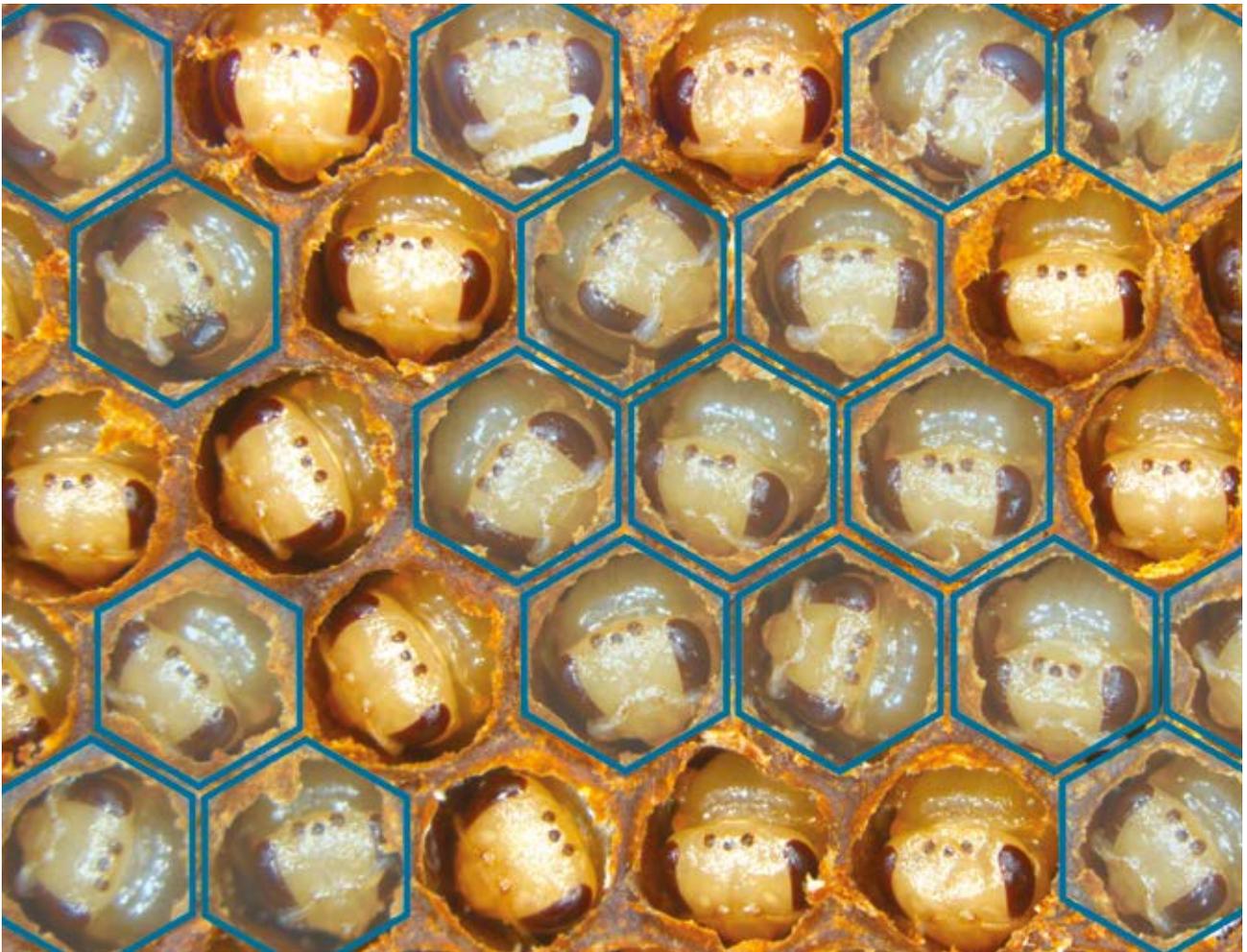


Figura 4. Favo de cria em que as células contendo pupas foram abertas com ajuda de uma pinça fina. As pupas marcadas em azul são machos. É possível identificá-los por conta de seus olhos próximos um do outro e maiores ou mais globosos que os das operárias. (foto: Ayrton Vollet-Neto)

Portanto, em uma colônia de abelhas sem ferrão na qual a rainha produz machos diploides, cerca de metade dos indivíduos que supostamente seriam operárias se desenvolve como machos diploides. Assim, há uma redução drástica da população colonial, com muito menos operárias para coletar pólen e néctar nas flores, construir células de cria, defender o ninho e regular a temperatura. Conseqüentemente, todas essas tarefas ficam comprometidas e a colônia cresce em uma velocidade muito menor do que uma colônia que não produz machos diploides. O

fim dessa história, intuitivamente, seria a morte da colônia. A história, porém, não é bem assim, como mostrado a seguir.

Consequências dos machos diploides para as abelhas sem ferrão e para a meliponicultura

Um fenômeno muito interessante foi observado em algumas espécies de abelhas sem ferrão em que as rainhas se acasalaram com machos que compartilham o mesmo alelo sexual. Em *Melipona quadrifasciata* (mandaçaia;

Camargo, 1979), *M. scutellaris* (uruçu nordestina; Alves, *et al.* 2011) e *Scaptotrigona depilis* (mandaguari, Vollet-Neto *et al.* 2017), já foi verificado que as rainhas que produzem machos diploides morrem de modo precoce, supostamente mortas pelas operárias. Até o momento, pouco se sabe sobre os mecanismos que atuam nesse comportamento, que é muito complexo. Contudo, já foi verificado que, em *S. depilis*, o sinal não está na rainha, mas na emergência dos machos diploides, pois rainhas que não estavam produzindo machos diploides foram mortas quando colocadas em colônias na presença dos machos diploides. Nessa espécie, as rainhas morrem cerca de 10 a 20 dias depois de esses machos começarem a emergir. Tal comportamento pode estar relacionado a sinais químicos que diferenciam os machos haploides dos diploides e que poderiam ser percebidos pelas operárias (Vollet-Neto *et al.* 2017). A morte da rainha possibilita que uma nova rainha, filha da anterior, tenha a chance de se acasalar com um macho que não compartilhe o mesmo alelo sexual que ela. Dessa forma, em teoria, a colônia continuaria a prosperar, provavelmente com uma rainha que se acasalou com um macho com alelo sexual diferente do seu.

No entanto, diversos fatores atuam nesse sistema e não foram analisados sistematicamente em uma investigação científica, de forma que ainda não é sabido qual o sucesso das colônias que tiveram suas rainhas mortas. Após a morte da rainha e o acasalamento de sua filha com um novo macho, a manutenção da colônia sofre impactos por muitos dias. Além da sua população de operárias estar quase pela metade – já que a

outra metade é composta de machos diploides –, a colônia permanece órfã e, portanto, sem a produção de novas abelhas até que uma nova rainha inicie a postura de ovos, o que diminui consideravelmente sua população. Se isso ocorre em uma época desfavorável, como seca e/ou inverno, a chance de que a colônia morra é alta. Se não morrer, fica bastante comprometida, o que impede qualquer tipo de manejo para divisão ou para produção de mel.

Outra complicação que pode existir é a nova rainha se acasalar com um macho com o mesmo alelo sexual e novamente produzir machos diploides. Se isso ocorrer, muito provavelmente a colônia já estará bastante debilitada em termos populacionais e de recursos, o que reduziria suas chances de sobrevivência. Em uma população natural saudável, essa situação não é comum, pois, como há muitos ninhos na área espera-se encontrar uma alta diversidade de alelos sexuais e, conseqüentemente, uma baixa chance de acasalamentos com machos com o mesmo alelo sexual. Mas o que acontece, na prática, é que as matas nativas que abrigam as populações naturais estão fragmentadas em grande partes do território nacional. Com a diminuição do número de ninhos nas matas, a diversidade genética também se reduz consideravelmente. As chances de uma rainha se acasalar com um macho com o mesmo alelo sexual dependem da quantidade de alelos sexuais em determinada população. Esse número está altamente relacionado com o tamanho da população, uma vez que as populações pequenas acabam perdendo a variedade dos alelos sexuais de forma aleatória, simplesmente pelo fato de que

os alelos precisam estar presentes nas rainhas e nos machos reprodutivos. Quanto menor o número de rainhas e machos, menor é a variedade de alelos sexuais diferentes.

No entanto, o problema mais comum de produção de machos diploides se observa nas tentativas de criação de espécies não nativas na região. Quando uma população de abelhas sem ferrão é introduzida em um local onde não existia previamente, a diversidade de alelos sexuais é exatamente a que continham as colônias fundadoras. Ou seja, se uma população é fundada com apenas três colônias, a diversidade máxima de alelos sexuais é de nove alelos diferentes. Isso porque cada rainha possui dois alelos sexuais diferentes, já que ela é uma fêmea, mais um alelo sexual do macho com o qual se acasalou, contido nos espermatozoides armazenados em sua espermateca. Então, se assumirmos que todos eles são diferentes entre as rainhas, essa nova população terá, no máximo, um total de nove alelos diferentes. Contudo, pode ser que esse número seja menor, já que há probabilidade de as rainhas dos diferentes ninhos compartilharem alguns alelos sexuais. Nessa situação hipotética de nove alelos sexuais, a chance de um acasalamento pareado é de cerca de 22%! Ou seja, a cada cinco acasalamentos, um será entre rainhas e machos que compartilham o mesmo alelo sexual. Isso pode ser traduzido da seguinte forma: a cada cinco divisões que um meliponicultor faz, uma será malsucedida apenas em razão da produção de machos diploides.

Esse problema não é incomum e pode afetar todos os meliponicultores, mesmo os que criam espécies dentro de sua área natural de ocorrência. Revisar as colônias com rainhas recém-fecundadas, a fim de encontrar alguma pista para a ocorrência de machos diploides, pode contribuir para saber a frequência de seu aparecimento e para tentar auxiliar as colônias nessa situação, que enfraquecem bastante. É importante observar que esse enfraquecimento se dá apenas em divisões recentes, já que a rainha é nova e realizou um acasalamento recentemente, ou em colônias já antigas, mas que tiveram a rainha substituída. Portanto, convém marcar as rainhas para saber sua idade. Uma forma muito prática de fazer essa marcação é cortar a ponta das asas. Rainhas jovens possuirão as asas inteiras, de forma que será possível perceber a substituição da rainha.

Ao se deparar com uma colônia com a presença de muitos machos, deve-se avaliar a cria prestes a emergir, ou seja, os favos mais antigos. As células de cria podem ser desoperculadas com a ajuda de uma pinça fina ou alfinete e o sexo das pupas pode ser determinado (*figura 4*). Machos das abelhas sem ferrão possuem a cabeça ligeiramente menor e os olhos saltados e maiores do que os das operárias. Um grande número de machos vai indicar a produção de machos diploides. O principal manejo, nessa situação, é aumentar a população da colônia. Isso deve ser feito por meio da introdução de favos com abelhas prestes a emergir, que devem vir de outras colônias mais saudáveis da mesma população mantida pelo próprio meliponicultor. Também é importante manter a alimentação

artificial regular das colônias nessa situação, bem como um pasto apícola com diferentes espécies de plantas com flores.

Tentativas de determinar o número mínimo de colônias que suportam uma população sustentável de alelos sexuais já foram feitas (Kerr & Vencovsky 1982; Alves *et al.* 2011). Por meio de cálculos complexos, uma estimativa de 44 colônias foi inicialmente proposta (Kerr & Vencovsky 1982). Investigações mais recentes chegaram a um número relativamente alto, de cerca de 180 colônias de abelhas (Alves *et al.* 2011). No entanto, existem exemplos em que poucas colônias podem sustentar uma população (Alves *et al.* 2011). Essa situação, porém, demanda um manejo intenso. Estudos que comparam a performance de multiplicação e produção em espécies nas suas áreas de ocorrência natural e fora dela poderiam ajudar a compreender melhor o que ocorre, de fato. Uma prática muito comum entre os meliponicultores é a troca e a venda de favos com o objetivo de aumentar a diversidade genética de seus plantéis de abelhas. Isso pode funcionar em curto prazo, mas populações não nativas da área de ocorrência tendem a perder alelos com o tempo, pela simples aleatoriedade do processo de acasalamento. Além disso, a troca de favos pode levar à transmissão de doenças e patógenos (*ver capítulo 4*), assim como implicar o risco de homogeneizar geneticamente as populações e causar a perda de adaptações (*ver capítulo 3*).

Assim, apesar de medidas paliativas serem possíveis, a forma mais segura e correta de

evitar a produção de machos diploides é criar espécies nativas da região onde o meliponário está instalado, o que proporciona fluxo gênico entre as colônias manejadas e as colônias da natureza por intermédio dos machos. Ou seja, aqueles produzidos nas colônias da natureza vão se acasalar com as rainhas provenientes das colônia manejadas, dando origem a novos alelos sexuais para a população do meliponicultor. Isso pode ocorrer mesmo se o meliponário não estiver muito próximo da mata onde estão as colônias de populações naturais, já que os machos tendem a se dispersar e não ficar nas regiões de suas colônias de origem. Portanto, o que vale, nesse caso, é o velho dito popular: “É melhor prevenir do que remediar”. Ao criar espécies em suas regiões de origem, o número de rainhas que se acasalam com um macho com o mesmo alelo sexual é muito baixo. Com espécies exóticas, essa frequência pode ser tão alta a ponto de inviabilizar a criação, mesmo “remediando” as colônias que estiverem nessa situação.

Referências bibliográficas

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. *Conserv. Genet.* v. 12 n. 3, p. 647-658, 2011.

CAMARGO, C. A. Sex determination in bees. XI Production of diploid males and sex determination in *Melipona quadrifasciata*. *J. Apic. Res.* v. 18, n. 2, p. 77-84, 1979.

KERR, W. E.; VENCOVSKY, R. Bee breeding. 1. Effect of the number of colonies. *Brazil J. Genet.* v. 5, p. 279-285, 1982.

VOLLET-NETO, A.; OLIVEIRA, R. C.; SCHILLEWAERT, S.; ALVES, D. A.; WENSELEERS, T.; NASCIMENTO, F. S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; RATNIEKS, F. L. Diploid male production results in queen death in the stingless bee *Scaptotrigona depilis*. *J. Chem. Ecol.* v. 43, n. 4, p. 403-410, 2017.

ZAYED, A.; PACKER, L. Complementary sex determination substantially increases extinction proneness of haplodiploid populations. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* v. 102n. 30, 10742-10746, 2005.

WHITING, P. Multiple alleles in complementary sex determination of *Habrobracon*. *Genetics*, v. 28, n. 5, p. 365, 1943.



Foto: Ayrton Vollet Neto



3

INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE DE COLMEIAS SOBRE A ESTRUTURA GENÉTICA DAS POPULAÇÕES DE ABELHAS

RESUMO

Rodolfo Jaffé

Instituto Tecnológico Vale, Belém-PA, Brasil
rodolfo.jaffe@itv.org

O transporte de colônias, uma prática comum entre apicultores e meliponicultores, pode colaborar para o aumento da produção de mel e para o fornecimento dos serviços de polinização. Contudo, também é capaz de causar consequências negativas para as abelhas, contribuindo para a transmissão de doenças, a competição entre espécies exóticas e nativas e a modificação da composição genética das populações selvagens e manejadas. Neste capítulo, são revisadas as consequências do transporte de colmeias sobre a composição genética das populações selvagens e manejadas. Começamos apresentando o caso das abelhas africanizadas, o exemplo mais conhecido. Continuamos mostrando o caso da introdução de diferentes subespécies da abelha melífera em regiões da Europa que já possuíam populações de outras subespécies nativas. Finalmente, são discutidas as consequências do transporte de colmeias em mamangavas e abelhas sem ferrão. Os impactos conhecidos do transporte de colônias sugerem que políticas que reduzam a hibridização entre abelhas introduzidas e abelhas locais têm possibilidade de contribuir para a conservação das diferentes subespécies e sua adaptação aos ambientes locais. Entretanto, apesar de a fiscalização do transporte ilegal de colônias ser importante para minimizar essa hibridização, a simplificação dos processos de cadastro de colônias e a solicitação de licenças de transporte são necessárias para promover boas práticas em meliponicultura. Por outro lado, incentivos econômicos podem também motivar os meliponicultores a criar e preservar abelhas locais.

Palavras-chave: adaptações locais; hibridização; homogeneização genética.



Figura 1. Apicultores australianos transportam colmeias à procura de florações sazonais (foto: Rodolfo Jaffé)

O transporte de colmeias

O transporte de colônias é uma prática frequente entre apicultores e meliponicultores (*figura 1*). Criadores amadores compram suas colônias de algum criador conhecido e as levam para casa. Apicultores e meliponicultores comerciais comumente compram colônias de fornecedores distantes e as transportam por distâncias de até milhares de quilômetros. Já apicultores e meliponicultores itinerantes, produtores de mel, transportam constantemente suas colmeias seguindo as florações sazonais e, quando elas acabam, mudam o apiário inteiro para um outro lugar. Finalmente, apicultores e meliponicultores itinerantes especializados em fornecer serviços de polinização para culturas comerciais transportam constantemente suas colmeias,

levando-as para as culturas que precisam ser polinizadas (Imhoof 2012; Costa 2017) (*ver capítulo 1*).

O transporte de colônias pode ser benéfico para os apicultores e meliponicultores, contribuindo para o aumento da produção de mel e o fornecimento dos serviços de polinização. Contudo, também têm potencial de causar consequências negativas para as abelhas. Por exemplo, colônias infectadas por algum patógeno ou parasita podem transmitir doenças às populações locais de abelhas (Graystock *et al.* 2015) (*ver capítulo 4*). Além disso, o transporte de abelhas fora de sua área de ocorrência natural é capaz de levar à competição entre espécies exóticas e nativas por recursos alimentares ou lugares de nidificação (Moritz *et al.* 2005; Vit *et*

al. 2013). Entretanto, como discutido a seguir, mesmo o transporte de colmeias saudáveis e livres de doenças, dentro da área de ocorrência natural de uma espécie, pode influenciar a composição genética das populações selvagens e manejadas (Byatt *et al.* 2016; Jaffé *et al.* 2016).

A abelha melífera

O exemplo mais conhecido das consequências do transporte de colônias é o caso das abelhas africanizadas. As abelhas melíferas (*Apis mellifera*) foram introduzidas no continente americano pelos colonizadores europeus para a produção de mel e cera. Em pouco tempo, estabeleceram populações silvestres que povoaram o continente. Visando a aumentar a produtividade e a resistência das abelhas europeias às doenças tropicais, o professor Warwick Estevam Kerr, em 1956, importou 49 rainhas da África do Sul, que foram instaladas no apiário experimental de Rio Claro, no Estado de São Paulo. Algumas dessas colmeias enxamearam e acabaram escapando do apiário e cruzando com as abelhas europeias que ocupavam a região. Em poucos anos, o cruzamento entre abelhas africanas e europeias resultou na completa “africanização” das abelhas brasileiras (Moritz *et al.* 2005). Em 20 anos, as abelhas africanizadas atingiram o norte da América do Sul e, em 40 anos, o sul da América do Norte (figura 2).

O processo de africanização implicou a mistura do material genético das abelhas europeias e africanas. Essa mistura, ou hibridização, fez com que as abelhas europeias que ocupavam o continente americano adquirissem algumas

características das africanas, como uma maior produção de mel e uma maior tolerância às doenças tropicais. No entanto, a hibridização também resultou no aumento da agressividade e da taxa de enxameação, o que dificulta o manejo. A taxa de acidentes cresceu devido aos ataques das abelhas africanizadas – chamadas pela mídia de “abelhas assassinas” – e muitos apicultores abandonaram a atividade nos primeiros anos da africanização. Os remanescentes passaram a utilizar técnicas de manejo mais apropriadas para as abelhas africanizadas, que hoje constituem as práticas comuns da apicultura brasileira.



Figura 2. Processo de africanização das abelhas no continente americano (fonte: Moritz *et al.* 2009).

O transporte de colônias de abelhas pode ter consequências importantes ainda quando feito dentro da área de ocorrência natural da espécie. Isso acontece porque uma espécie pode possuir subpopulações geneticamente diferenciadas (linhagens ou raças), com características ligeiramente diferentes. Na Europa, o transporte de colmeias vem resultando na hibridização

das raças nativas de abelhas melíferas. Embora não tenha ocasionado nada parecido com o processo de africanização, essa mistura está modificando aspectos originais dessas raças. Na Alemanha, por exemplo, os apicultores resolveram substituir todas as suas colmeias da linhagem da abelha melífera preta (a subespécie nativa) pela linhagem carnica (*A. m. carnica*), que é bem menos agressiva (porém originária do leste da Europa). Atualmente, as abelhas na Alemanha não possuem mais as características da abelha preta, sendo mais similares à carnica.

Mais de dez subespécies de *Apis mellifera* foram descritas ao longo da sua distribuição natural (figura 3). Elas possuem características únicas, que constituem adaptações às condições ambientais dos locais em que habitam. Por



Figura 3. Distribuição das subespécies da abelha melífera (*Apis mellifera*) ao longo da sua área de ocorrência natural (fonte: <http://www.bee-ecology.com>).

exemplo, a abelha melífera “preta” (*A. m. mellifera*) é conhecida por sua coloração escura, por sua agressividade e pelo tamanho de suas colônias, que são extremamente grandes, permitindo sua sobrevivência durante os invernos europeus. Já a abelha “amarela” ou “italiana” (*A. m. ligustica*) tem uma coloração mais clara, é menos agressiva e produz mais mel, porém só consegue sobreviver nos invernos suaves do sul da Europa.

Essas raças ou subespécies constituem um reservatório de adaptações a condições ambientais locais, que foram moldadas pela seleção natural ao longo de muitas gerações. A conservação desse acervo genético é importante, uma vez que tais adaptações irão determinar a sobrevivência das populações selvagens (Randi 2008; Byatt *et al.* 2016). Assim, o transporte de colônias de uma raça para uma área ocupada por outra raça representa uma ameaça para a conservação desse acervo, visto que pode resultar na hibridização e na consequente perda das adaptações locais. Introduzir colmeias de uma raça adaptada a climas quentes em um lugar de clima frio, por exemplo, pode modificar as adaptações das abelhas nativas e comprometer sua capacidade de sobreviver aos invernos.

As mamangavas

As mamangavas (*Bombus* sp.) são polinizadores efetivos de culturas importantes, como o tomate, e, por esse motivo, muitos esforços foram investidos no desenvolvimento de sistemas de criação comercial dessas abelhas. A criação comercial cresceu rapidamente e hoje mais de

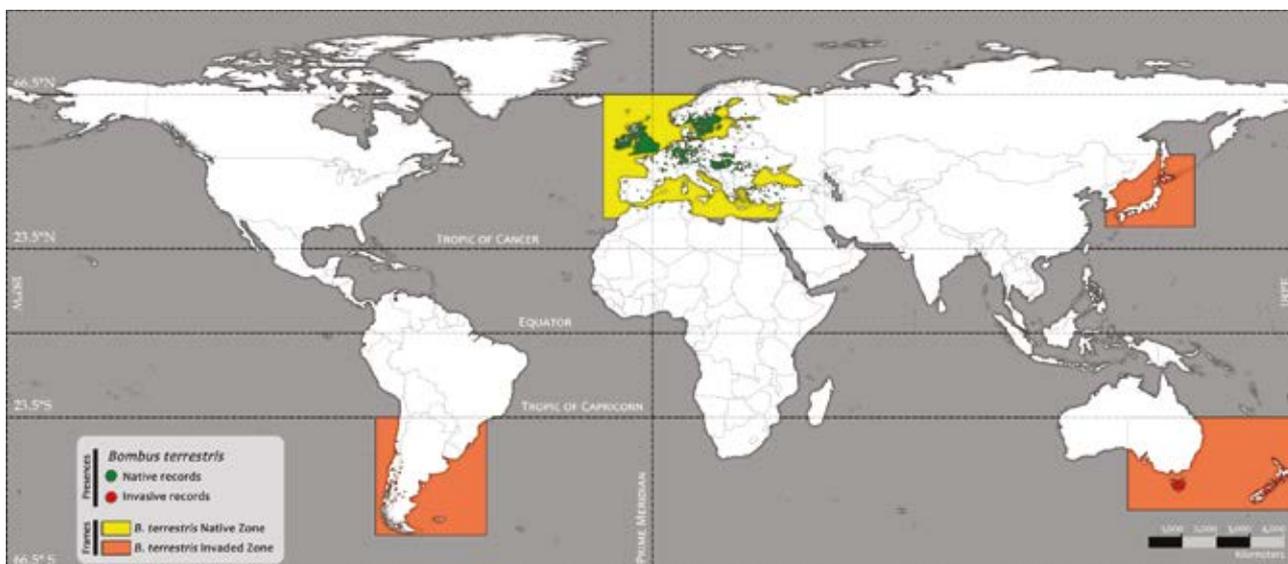


Figura 4. Distribuição da mamangava *Bombus terrestris* no mundo. As áreas de ocorrência nativa estão marcadas em amarelo, enquanto as áreas onde a espécie foi introduzida são representadas em laranja (fonte: Acosta *et al.* 2016).

1 milhão de colônias são produzidas por ano. Apesar de existirem mais de 30 produtores, as colônias criadas localmente por pequenos empresários são, em geral, mais caras do que as criadas pelos grandes produtores, razão pela qual a produção comercial de colônias de mamangavas tem se concentrado em poucas grandes empresas, que exportam para o mundo todo (Velthuis & Doorn 2006).

Embora cinco espécies de mamangavas sejam criadas comercialmente, a principal é *Bombus terrestris*, nativa da Europa e da Ásia Central. De forma similar ao caso da abelha melífera, diversas subespécies que ocorrem ao longo da distribuição natural da mamangava foram transportadas a regiões distantes para ser empregadas na polinização comercial de culturas. Atualmente, colônias de *B. terrestris* (sobretudo da subespécie *B. t. dalmatinus*) são utilizadas para polinização comercial na sua

área de distribuição natural e na Ásia Oriental (Japão, Coreia do Sul e China), na Oceania (Nova Zelândia e Tasmânia) e na América do Sul (Chile e Argentina), de onde colônias dessa espécie são regularmente exportadas (figura 4). A abelha *B. impatiens* é a principal espécie cultivada na América do Norte. Nativa do leste desse continente, foi introduzida no oeste e no México para a polinização comercial de culturas e, na atualidade, já estabeleceu populações selvagens nessas áreas.

Os tomadores de decisões geralmente têm favorecido a introdução de colônias de mamangavas para a polinização de culturas, considerando os benefícios para os agricultores, entre os quais estão o aumento da produtividade das culturas, a maior qualidade dos frutos e a redução dos custos envolvidos na polinização manual. No entanto, o transporte e a introdução de colônias de mamangavas fora da sua área

de ocorrência natural envolvem uma série de riscos ambientais, incluindo a hibridização com subespécies ou espécies locais – e perda de valiosas adaptações locais –, a competição com outras abelhas por recursos alimentares e locais de nidificação e a introdução de doenças e parasitas (Velthuis & Doorn 2006) (ver capítulo 4). Embora poucos estudos tenham avaliado as consequências da introdução de colônias de mamangavas fora da sua área de ocorrência natural, um trabalho recente indicou que as espécies introduzidas no sul da Argentina (*B. ruderatus* e *B. terrestris*) substituíram a espécie nativa *B. dahlbomii* (Morales *et al.* 2013). Adicionalmente, uma avaliação da composição genética das mamangavas de três estufas localizadas na Polônia e das populações nativas da região mostrou uma forte hibridização entre elas (Kraus *et al.* 2011), o que poderia causar a perda das adaptações locais das populações nativas de mamangavas, tornando-as mais suscetíveis à extinção.

As abelhas sem ferrão

Amplamente distribuídas entre as regiões tropicais, as abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) são polinizadores-chave da flora nativa e dos cultivos comerciais (Vit *et al.* 2013). Muitas dessas espécies são criadas de forma racional e utilizadas para a produção de mel e a polinização de culturas (Jaffé *et al.* 2015). Poucos estudos têm avaliado a influência do transporte de colmeias sobre os padrões de diversidade e diferenciação genética nesse grupo de abelhas. Um primeiro trabalho encontrou uma baixa diferenciação genética entre populações

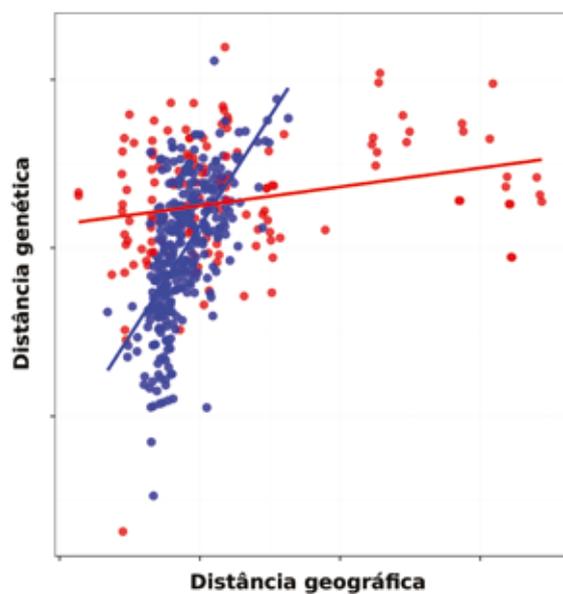


Figura 5. Isolamento por distância em espécies selvagens (azuis) e manejadas (vermelhas) de abelhas sem ferrão (fonte: figura modificada de Jaffé *et al.* 2016).

manejadas da abelha urucu (*Melipona scutellaris*), presumivelmente devido à troca de colônias entre apicultores (Carvalho-Zilse *et al.* 2009). Já uma metanálise recente analisou dados de 135 populações de 17 espécies de abelhas sem ferrão, tendo avaliado a influência da distância geográfica, do uso da terra e das práticas de manejo sobre os padrões de fluxo genético nesses polinizadores (Jaffé *et al.* 2016). Em condições naturais, populações vizinhas possuem uma maior similaridade genética do que populações mais afastadas. O estudo quantificou esse efeito – chamado de isolamento por distância – e constatou que as espécies manejadas mostram um menor isolamento por distância do que as selvagens (figura 5).

O fato de as espécies manejadas apresentarem um isolamento por distância mais fraco do que

as silvestres sugere que o transporte artificial de colônias está facilitando o fluxo genético das abelhas. Além disso, o estudo não encontrou nenhum efeito de rios e estradas, sugerindo que a prática de transportar colmeias não se restringe a regiões vizinhas conectadas por rotas. Assim, o trabalho mostra que o transporte de colônias resulta na mistura genética entre as abelhas introduzidas e as populações locais. De forma similar ao caso das abelhas melíferas e das mamangavas, essa prática indiscriminada constitui uma ameaça à conservação de abelhas sem ferrão porque pode levar à perda de valiosas adaptações locais. Nesse grupo, também existem subespécies ou ecótipos adaptados a condições ambientais particulares, embora tenham sido menos estudadas do que as subespécies da abelha melífera (ver referências em Jaffé *et al.* 2016).

Criação sustentável de abelhas

As consequências conhecidas do transporte de colônias de abelhas sugerem que políticas que reduzam a hibridização entre abelhas introduzidas e as locais podem contribuir com a conservação das diferentes subespécies ou ecótipos e suas adaptações aos ambientes locais. Assim, apicultores e meliponicultores que desejem preservar esse acervo devem avaliar os benefícios e os custos envolvidos com o transporte de colmeias. No caso do Brasil, isso vale só para as abelhas sem ferrão, já que a melífera não é uma espécie nativa – embora tenha se estabelecido no continente todo. As áreas de ocorrência das diferentes espécies e subespécies de abelhas sem ferrão poderiam

ser avaliadas, seja com registros de ocorrência, seja com ferramentas moleculares, antes de transportar colmeias de uma localidade para outra. O transporte de colônias dentro da área de ocorrência natural de uma subespécie ou ecótipo não representa um risco para a conservação da diversidade genética dessa subespécie e pode ser permitido.

Apicultores e meliponicultores selecionam, direta ou indiretamente, características favoráveis nas suas abelhas. Ao multiplicar colônias, por exemplo, os meliponicultores geralmente favorecem as mais produtivas, substituindo aquelas que produzem menos mel. Muitos apicultores comerciais já implementam programas de melhoramento genético, desenvolvendo linhagens de abelhas muito produtivas, pouco agressivas, higiênicas e com uma menor taxa de enxameação. Essas características favoráveis para os criadores podem chegar a ser desfavoráveis para a sobrevivência das abelhas na natureza, onde as abelhas agressivas e com uma alta taxa de enxameação sobrevivem melhor. Assim, a hibridização entre abelhas manejadas e selvagens pode levar à transferência dessas características selecionadas às populações selvagens, tornando-as menos aptas para sobreviver na natureza. Portanto, é importante manter populações selvagens isoladas, sem que fiquem expostas à hibridização com as populações manejadas. As áreas de conservação atuais constituem possíveis reservatórios de populações selvagens e têm potencial para contribuir com a conservação do seu acervo

genético, desde que elas não se misturem com populações manejadas.

Os órgãos regulatórios governamentais desempenham um papel importante na fiscalização e na regulamentação do transporte de colmeias. Não obstante, muitos meliponicultores consideram problemática a legislação atual sobre meliponicultura, bem como a burocracia envolvida no cadastro de colmeias e na solicitação de licenças de transporte e venda de produtos (Jaffé *et al.* 2015). A simplificação desses processos irá seguramente incentivar os meliponicultores a cadastrar suas colmeias e solicitar licenças de transporte que estabeleçam áreas permitidas de movimentação de cada espécie ou subespécie (*ver capítulo 6*). Adicionalmente, incentivos econômicos podem motivar os meliponicultores a criar e preservar abelhas locais. Uma alternativa possível seria valorizar os produtos de abelhas locais, criando uma denominação de origem controlada, como é feito com outros produtos, como vinhos e queijos.

Referências bibliográficas

- ACOSTA, A. L.; GIANNINI, T. C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Worldwide Alien Invasion: A Methodological Approach to Forecast the Potential Spread of a Highly Invasive Pollinator. PLoS ONE, v. 11, e0148295, 2016.
- BYATT, M. A.; CHAPMAN, N. C.; LATTY, T.; OLDROYD, B. P. The genetic consequences of the anthropogenic movement of social bees. Insectes Sociaux, v. 63, p. 15-24, 2016.
- 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)? Gen. Mol. Res. v. 8 p. 758-765, 2009.
- COSTA, P. S. C. Curso Apicultura Migratória - Produção Intensiva de Mel. CPT. 2017.
- GRAYSTOCK, P.; BLANE, E. J.; MCFREDERICK, Q. S.; GOULSON, D.; HUGHES, W. O. H. Do managed bees drive parasite spread and emergence in wild bees? Int. J. Parasitol. Parasites Wildl. v. 5, n. 1, p. 64-75, 2015.
- IMHOOF, M. More than honey. Switzerland. 2012.
- JAFFÉ, R.; POPE N, ACOSTA AL *et al.* Beekeeping practices and geographic distance, not land use, drive gene flow across tropical bees. Mol. Ecol. v. 25, p. 5345-5358, 2016.
- JAFFÉ, R.; POPE, N.; CARVALHO, A. T. *et al.* Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. PLoS One. v. 10, e0121157. 2015.
- KRAUS, F. B.; SZENTGYÖRGYI, H.; ROZEJ, E. *et al.* Greenhouse bumblebees (*Bombus terrestris*) spread their genes into the wild. Conserv. Gen. v. 12, p. 187-192, 2011.
- MORALES, C.L.; ARBETMAN, M. P.; CAMERON, S. A.; AIZEN, M. A. Rapid ecological replacement of a native bumble bee by invasive species. Front. Ecol. Environ. v. 11, p. 529-534, 2013.
- MORITZ, R. F. A.; HÄRTEL, S.; NEUMANN, P. Global invasions of the western honeybee (*Apis mellifera*) and the consequences for biodiversity. Ecoscience. v. 12, p. 289-301, 2005.
- RANDI, E. Detecting hybridization between wild species and their domesticated relatives. Mol Ecol. v. 17, 285-293, 2008.
- VELTHUIS, H. H. W.; DOORN, A. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie. v. 37, p. 421-451, 2006.
- VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. W. Pot-Honey: *A legacy of stingless bees.* Springer. 2013.



4

TRANSMISSÃO DE PARASITAS E PATÓGENOS E ESPÉCIES EXÓTICAS

RESUMO

Patrícia Nunes-Silva

School of Environmental Sciences, University of Guelph
silvap@uoguelph.ca

Nos últimos anos, várias espécies de abelhas têm sofrido declínio populacional e, apesar de haver inúmeras causas para esse fenômeno, uma delas é a introdução de parasitas e patógenos entre tais insetos. Isso pode ser causado pelo manejo e pelo transporte de colônias para a produção de mel e para a polinização, que aumentam a transmissão dessas doenças ao elevar a densidade de abelhas para níveis não naturais, o que também pode ocorrer pelo transporte dos materiais contaminados das colônias, como cera, mel e pólen, e pelo uso desses materiais em colônias saudáveis. Um exemplo é o caso das abelhas *Apis mellifera*, entre as quais o transporte global introduziu o ácaro parasita *Varroa destructor*, que debilita seu sistema imunológico e lhes transmite vírus patogênicos. Por sua vez, esses agentes se espalharam para outras espécies, não só de abelhas, mas de artrópodes. O fato é que o transporte de abelhas pode interferir na saúde de tais insetos. Medidas como monitorar a saúde das colônias antes do transporte dentro da região de ocorrência, não transportar as espécies e seus materiais para locais onde não ocorram naturalmente e não utilizar material de espécies diferentes para fortalecer colônias sem esterilização podem prevenir a disseminação de parasitas e patógenos. A seleção de colônias por meio do comportamento higiênico também configura uma solução. Ainda não é bem conhecido o mecanismo pelo qual as abelhas sem ferrão são afetadas por diversas doenças. Tomar essas medidas preventivas em relação a esse grupo é uma precaução importante para evitar epidemias.

Palavras-chave: doenças em abelhas; transmissão; sanidade apícola.

Introdução

Diante do cenário atual de declínio das populações de várias espécies de abelhas, é necessário elucidar quais os fatores responsáveis por essa diminuição para subsidiar a criação de medidas para evitá-la. Patógenos e parasitas configuram uma das causas da redução de populações de abelhas em vários países, razão pela qual a prevenção da sua transmissão e proliferação torna-se importante, já que elas sofrem com inúmeras doenças causadas por esses agentes. Tal situação é agravada pelo transporte de colônias na apicultura migratória e para a polinização agrícola, visto que essas práticas podem aumentar a transmissão de doenças e parasitas entre as populações de abelhas, tanto nas manejadas quanto nas silvestres.

A transmissão de patógenos pode ocorrer de diversas maneiras, seja entre indivíduos da mesma espécie de abelha seja entre indivíduos de espécies diferentes. Quando se dá entre as rainhas e seus filhos ou entre os machos e seus filhos, é chamada de vertical. Rainhas de *Apis mellifera*, por exemplo, podem transmitir pequenas cargas virais para a cria durante a formação dos ovos; da mesma forma, no sêmen dos machos já foi encontrado genoma viral. Como são produzidos milhares de filhos durante a vida de uma rainha, a transmissão vertical torna-se um risco para as colmeias manejadas. Dessa forma, o movimento de rainhas dentro dos apiários e entre eles deve ser regulamentado.

Já a transmissão horizontal de patógenos é assim denominada quando ocorre entre o ambiente e as operárias, entre os parasitas e as operárias e entre as próprias operárias, bem como quando se dá entre machos e rainhas. Alguns patógenos, como o fungo *Nosema apis* e vários vírus presentes no mel e no pólen, são transmitidos oralmente entre as operárias de *A. mellifera* por meio da trofalaxia, que consiste na troca de alimento entre os indivíduos da colônia. Outro comportamento que pode causar a disseminação de doenças entre essas abelhas é a retirada de larvas e pupas mortas. Embora a eliminação das larvas contaminadas contribua para a contenção da infecção dentro da colônia, o contato com essas larvas ao removê-las ou ingeri-las pode contaminar a operária, que, dessa maneira, tem possibilidade de transmitir o patógeno para outras operárias ou para a superfície da colmeia.

O comportamento de detecção, desoperulação da célula e remoção da cria doente ou morta é chamado de higiênico e, apesar do perigo de contaminação das operárias que o realizam, constitui um mecanismo que, na verdade, reduz infecções na colônia. Isso ocorre quando as operárias removem as larvas contaminadas antes que os patógenos e parasitas entrem na fase reprodutiva e possam infectar outras abelhas, como nas doenças causadas por fungos, em que a remoção é feita antes da formação dos esporos, que respondem pela infecção. Como se trata de um comportamento geneticamente controlado e variável entre as colônias, pode-se selecionar colônias higiênicas. Assim, é muito estudado e utilizado em *A. mellifera*

para combater a varroatose e outras doenças (Spivak & Gilliam, 1998). Também se observa nas abelhas sem ferrão, como já comprovado para *Melipona beecheii*, *M. quadrifasciata*, *M. scutellaris*, *Plebeia remota*, *Scaptotrigona depilis*, *S. pectoralis* e *Tetragonisca angustula* (Medina *et al.*, 2009; Nunes-Silva *et al.*, 2009; Toufalia *et al.*, 2016).

Um caso importante de transmissão horizontal está na disseminação de várias espécies de vírus pelo *Varroa destructor*. Um agente é especialmente ligado a esse ácaro, o vírus da asa deformada (DWW), o qual se replica mais intensamente no interior do ácaro, levando a uma contaminação com uma carga viral maior quando a transmissão ocorre por meio dele. Essa diferença na quantidade de vírus transmitida determina a gravidade dos sintomas apresentados pelas abelhas contaminadas, que podem ter desde deformações nas asas até não sobreviverem (Genersch & Aubert, 2010).

Outras situações pelas quais pode haver contaminação e espalhamento de patógenos incluem: (a) roubo de recursos de colônias doentes pelas operárias; (b) enxameação; (c) transporte de colônias entre regiões pelo homem; (d) utilização de equipamentos contaminados; e (e) emprego de materiais apícolas, como mel, pólen e cera, contaminados. Além disso, grande parte dos patógenos de intestino de *A. mellifera* apresenta transmissão fecal-oral e alguns vírus são transmitidos pelas fezes. Uma vez que as abelhas geralmente defecam fora da colmeia, pode haver contaminação das flores e seus recursos (néctar e pólen), bem como de água,

que se tornam outras fontes de contaminação, não apenas para *A. mellifera*, como também para outras espécies de abelhas e insetos. Já foram encontrados patógenos/parasitas em flores e já se demonstrou que o uso dessas flores contaminadas pode ser um meio de transmissão de patógenos entre os indivíduos que as utilizam.

Introduções de *A. mellifera* fora de suas áreas de ocorrência e seus parasitas e patógenos

Originalmente, as abelhas melíferas ocorrem em grande parte da Europa, da África e da Ásia Ocidental, ocupando ambientes muito diversos. Existe uma grande variedade de características comportamentais e algumas morfológicas nessa espécie, visto que habitam diversos ambientes e regiões, resultando em mais de 20 subespécies que refletem suas regiões de origem. Com a expansão e a colonização europeia ao redor do mundo, as abelhas *A. mellifera* foram introduzidas em locais fora de sua área natural de ocorrência. No Brasil, a primeira introdução ocorreu em 1839 e cresceu nos anos seguintes com a vinda de imigrantes, que trouxeram para cá apenas subespécies europeias.

Em 1956, quando rainhas de abelhas de uma subespécie africana (*A. mellifera scutellata*) foram introduzidas no País, 26 colônias enxamearam acidentalmente e se estabeleceram como selvagens. A partir de então, iniciou-se o processo de africanização, ou seja, houve cruzamento de abelhas das subespécies europeias com a africana, resultando em um poli-híbrido. Como nesse híbrido predominam

características da subespécie africana, como alta atividade enxameadora, adaptabilidade, produtividade e forte comportamento defensivo, essas abelhas foram chamadas de africanizadas e, em 15 anos, as colônias de todo o Brasil sofreram africanização.

Juntamente com as abelhas, vieram os ácaros *V. destructor*, descobertos em nosso país em 1978. De fato, originalmente esse ácaro era parasita de outra espécie do gênero *Apis*, *A. cerana*, na Ásia, e, quando entrou em contato com *A. mellifera*, foi transportado em suas colônias para vários países, causando alta mortalidade e a necessidade de utilização de acaricidas para controle. Assim, a descoberta do varroa foi uma grande preocupação para a apicultura brasileira. No entanto, as abelhas africanizadas se mostraram bastante resistentes a esse ácaro, quando comparadas às raças europeias, o que é atribuído a seus comportamentos higiênico e de autolimpeza eficientes, à menor duração da cria operculada – período em que a varroa se reproduz – e também à baixa fertilidade das fêmeas dos ácaros quando parasitam essas abelhas. Desse modo, enquanto há elevada mortalidade devido à varroatose em abelhas de subespécies europeias de países europeus e asiáticos e nos Estados Unidos, no Brasil, o efeito desse parasita nas abelhas africanizadas é tão pequeno que parece não causar mortalidade de colônias, e sem que medidas de controle sejam adotadas (Calderón *et al.* 2010).

Quando ocorre mortalidade, é possível que seja consequência de infecções secundárias de patógenos transmitidos pelos ácaros, em

especial de agentes virais (*quadro 1*). Em território brasileiro, detectou-se a presença de três vírus em amostras de apiários do Estado de São Paulo no ano de 2007: o vírus da paralisia aguda, o vírus da realeira negra e o vírus da asa deformada. Outros três agentes testados, o vírus da paralisia crônica de abelhas, o vírus Caxemira e o vírus da cria ensacada, não estavam presentes nessas amostras (Teixeira *et al.* 2008). No entanto, em 2011, o vírus da cria ensacada foi flagrado em um apiário de São Paulo (Freiberg *et al.* 2012). Já em 2014, um estudo identificou os vírus da cria ensacada e de *Varroa destructor*-1 em ácaros coletados em 2012 de apiários do Rio Grande do Sul. O ácaro *V. destructor* configura um importante vetor desses agentes, especialmente do vírus da asa deformada, motivo pelo qual é necessário ter cautela ao manejar as colônias de *A. mellifera* para não contaminar outras colônias, tanto com o ácaro quanto com os vírus que ele transmite (Evans & Schwarz, 2011).

Outro patógeno detectado no Brasil foi a cria pútrida americana, no fim de 2000, ocasião do encontro de esporos dessa bactéria no Rio Grande do Sul. Felizmente, não há registros dos sintomas da doença e é possível que esteja sob controle, já que as abelhas africanizadas são mais resistentes devido a seu comportamento higiênico. A cria pútrida americana, ou loque americana, é causada pela bactéria *Paenibacillus larvae* e afeta apenas as larvas de *A. mellifera*. Além da mortalidade, outros problemas relacionados à doença surgem quando se utilizam antibióticos para tratá-la, como a contaminação do mel e do pólen, a

Quadro 1. Vírus e seus sintomas em *Apis mellifera*

Vírus	Sintomas	Virulência ligada a Varroa destructor?
Asa deformada	<i>Os adultos apresentam asas deformadas, abdômes encurtados e cutícula descolorida. No entanto, as infecções podem ser assintomáticas. Nesses casos, também causa mortalidade.</i>	Sim
Cria ensacada	<i>As larvas se tornam amarelo-claro e, quando morrem, ficam marrons com a cabeça negra. Um líquido se acumula em seu interior, fazendo-as parecer um saco.</i>	Não
Caxemira	<i>Sem sintomas aparentes, porém causa mortalidade.</i>	Sim
Paralisia crônica	<i>Conjunto 1: as abelhas tremem, rastejam e formam grupos no chão ou no caule de plantas; apresentam abdome inchado e disenteria, morrendo poucos dias depois. Conjunto 2: as operárias não possuem cerdas, têm aparência oleosa e, depois de alguns dias, param de voar e começam a apresentar tremores, morrendo logo.</i>	Aparentemente não
Paralisia aguda	<i>Causa os mesmos sintomas que a paralisia crônica, porém a morte é mais rápida. As pupas morrem antes de emergir.</i>	Sim
Realeira negra	<i>Assintomática em operárias e na cria. As pupas das rainhas se tornam amarelo-claro e, como um líquido se acumula em seu interior, parecem um saco, como as larvas de cria ensacada. As pupas escurecem quando morrem e a célula real passa a ter parede negra.</i>	Sim

morte da microbiota benéfica das abelhas e, possivelmente, a resistência aos antimicrobianos (Evans & Schwarz, 2011). Uma forma de transmissão desses patógenos ocorre quando as abelhas roubam material das colônias infectadas e os disseminam num raio de até 2 km, o que diminui substancialmente a partir dessa distância (Lindström *et al.* 2008). Assim, é importante que colônias infectadas sejam identificadas e tratadas ou removidas de perto de colônias saudáveis, assim como que os materiais de colônias mortas não sejam deixados no local.

Outros patógenos de *A. mellifera* são os fungos do filo Microsporidia, *N. apis* e *N. ceranae*, organismos parasitas intracelulares obrigatórios de células que invadem o epitélio do intestino médio. Ali, no interior das células, eles se

dividem inúmeras vezes até formarem esporos infecciosos, produzindo infecções de milhões de esporos por abelhas. Causam danos ao intestino e resultam em aumento dos requerimentos nutricionais, redução da longevidade e mortalidade. O fungo *N. ceranae*, como o varroa, também passou de sua hospedeira asiática, *A. cerana*, para *A. mellifera*, e se espalhou para outros continentes. Em 2013, uma análise genética de zangões do ano de 1979 mostrou que *N. ceranae* e *N. apis* estão presentes no Brasil pelo menos desde então, embora seu impacto não seja conhecido (Teixeira *et al.* 2013). O movimento de rainhas, colônias e produtos apícolas pode ter contribuído para a introdução desses patógenos nos diversos países.

Um levantamento realizado em 2015 em quatro localidades do Rio Grande do Sul detectou *N. ceranae* em duas delas, com uma incidência de 10%, em Cambará do Sul, e de 100%, em Porto Alegre. Também foi verificada a presença de organismos da subfamília Leishmaninae, visto que, em *A. mellifera*, encontram-se *Crithidia mellificae* e *Lotmaria passim*. Já *L. passim* foi descrita apenas recentemente, podendo, contudo, ter sido identificada antes como *C. mellificae*. É encontrada nos apiários dos Estados Unidos, da Bélgica e também do Chile, onde sua prevalência varia de acordo com a região do país. Esse patógeno igualmente foi encontrado em duas de quatro localidades investigadas, com uma incidência de 80%, em Cambará do Sul, e de 100%, em Porto Alegre (Nunes-Silva *et al.* 2016). O papel de *L. passim* na saúde de *A. mellifera* é incerto, mas outros tripanossomas podem afetar negativamente o comportamento, a longevidade e o sistema imunológico dessa espécie, especialmente sob condições estressantes, por exemplo.

Introduções de mamangavas (*Bombus* spp.) fora de suas áreas de ocorrência e seus parasitas e patógenos

Ao contrário das abelhas *A. mellifera*, cuja domesticação foi motivada pela produção de mel e outros produtos apícolas, o motivo principal para a domesticação das espécies de *Bombus* foi a polinização. Inicialmente, houve introduções de várias espécies de mamangavas do Reino Unido na Nova Zelândia com o

intuito de melhorar a polinização do trevo, uma forragem de pasto. Assim, *Bombus hortorum*, *B. ruderatus*, *B. subterraneus* e *B. terrestris* ali se estabeleceram. Posteriormente, as abelhas *B. ruderatus* foram levadas da Nova Zelândia para o Chile, onde também se estabeleceram e de onde se expandiram para a Argentina.

Após a domesticação, nos anos 70, e o início da criação comercial, em 1987, havia mais de 30 produtores de colônias de *Bombus* no mundo em 2006, mas apenas três delas dividiam quase totalmente o mercado. A espécie mais comercializada é *B. terrestris*, usada na Europa, no norte da África, na América do Sul, na Ásia e na Australásia, embora seja nativa apenas da Europa, do norte da África e de partes da Ásia. A espécie *B. terrestris* apresenta várias subespécies, que, assim como as subespécies de *A. mellifera*, possuem distribuição geográfica distinta. A comercialização introduziu as subespécies em áreas em que elas não ocorriam naturalmente e, de forma experimental, foi demonstrada a formação de híbridos (*ver capítulo 3*), além de outros riscos ambientais, como a disseminação de doenças e parasitas. No entanto, muitos países não permitem a criação e a comercialização de colônias originadas de fora de seu território. Como, nas últimas décadas, esse comércio se tornou mais intenso, Canadá, Austrália, Estados Unidos, México e Japão restringiram a importação de *B. terrestris* (Velthuis & van Doorn, 2006).

Já na América do Norte, a principal espécie comercializada é *B. impatiens*. Outra espécie, *Bombus occidentalis*, também era criada, mas

uma infestação de *Nosema bombi*, um fungo parasita, tornou a criação inviável. Esse patógeno pode enfraquecer os indivíduos, levando-os à morte, e, além disso, rainhas jovens infestadas não são sexualmente atrativas aos machos, o que evita o acasalamento (Velthuis & van Doorn, 2006). Ocorre em várias espécies de *Bombus* e pode afetar negativamente a reprodução e o crescimento de suas colônias, infectando tanto adultos como larvas. A contaminação se dá no ambiente e nas flores, possivelmente a partir de néctar e pólen contaminados. A forrageira traz o alimento para a colônia, o qual infecta as larvas, que, por sua vez, infectam a colônia quando emergem e defecam dentro do ninho. Como forrageira, ela contamina as flores e, assim, o patógeno passa para outras colônias. Além disso, machos contaminados também transmitem *N. bombi* para as rainhas e há evidências de que as rainhas o transmitam para seus filhos.

Assim como para *B. terrestris*, há muita crítica em introduzir *B. impatiens* nos locais de onde não é nativa, pois existem grandes riscos ambientais. Abelhas *Bombus* coletadas próximas de estufas comerciais apresentam um maior nível de *Crithidia bombi*, *N. bombi* e *Locustacarus buchneri*, um ácaro traqueal, que abelhas coletadas em áreas sem estufas, o que evidencia que colônias comerciais podem introduzir patógenos e parasitas em uma área, levando à contaminação de abelhas silvestres (Colla *et al.* 2006).

Na América do Sul, após a introdução de *B. ruderatus* no Chile, em 1982, a abelha *B. terrestris*

começou a ser importada intensamente por esse país em 1998, da Europa e do oeste da Ásia. Poucos anos depois, em 2001, foi reportado que ela já havia sido encontrada na natureza e, em 2006, colônias de *B. terrestris* já tinham se estabelecido em áreas naturais também na Argentina. Essa espécie tem se expandido rapidamente, em uma velocidade estimada de 200 km/ano, um fato preocupante porque, no Brasil, não há comercialização de mamangavas exóticas e ainda não se observou *B. terrestris* no País. No entanto, é possível que ela invada a porção sul do País, vinda da Argentina e do Uruguai, provavelmente pela costa continental, expandindo-se até o Sudeste (Acosta *et al.* 2016).

Em resumo, o comércio internacional de *B. terrestris* e seu transporte para fora da sua área de ocorrência tornaram essa espécie invasiva em vários países, como Argentina, China, Chile, Japão, México, Israel, África do Sul, Coreia do Sul, Nova Zelândia, Tasmânia e Taiwan. Isso é particularmente preocupante, pois o declínio populacional de abelhas mamangavas (*Bombus* spp.) foi correlacionado com o derramamento de patógenos a partir de espécies de mamangavas criadas comercialmente. Apesar de as colônias de *B. terrestris* serem vendidas como livres de doenças, um estudo mostrou que cinco espécies de micróbios parasitas (*Apicystis bombi*, *C. bombi*, *N. bombi*, *N. ceranae* e vírus da asa deformada) estavam presentes nesse grupo e 77% das colônias de três produtores apresentavam pelo menos um deles. Esses patógenos podem infectar tanto outras espécies de *Bombus* quanto de *A. mellifera* (Graystock *et*

al. 2013). Além disso, um modelo criado para *C. bombi* estimou que, em três meses, esse organismo infectaria até 20% das mamangavas selvagens em um raio de 2 km de uma estufa que contivesse colônias comerciais contaminadas, modelo confirmado pela avaliação das mamangavas selvagens. Dessa maneira, é necessário se preocupar com os efeitos do transporte das colônias manejadas e a possível invasão de *B. terrestris* ao Brasil.

O parasita *C. bombi* está presente na América do Sul, no Chile e na Argentina (Plischuk & Lange, 2009; Plischuk *et al.* 2016), na mamangava nativa *B. dahlbomii* e nas introduzidas, *B. ruderatus* e *B. terrestris*. Entre seus efeitos negativos estão os prejuízos à reprodução, visto que rainhas infectadas perdem mais massa e têm menos sucesso ao fundar colônias novas, a redução do tamanho das colônias e a menor produção de machos. Além disso, pelo menos em *B. impatiens*, abelhas altamente infectadas apresentam dificuldade de aprendizagem motora e demoram muito mais tempo para aprender a manusear flores – assim, é provável que o parasita *C. bombi* prejudique o forrageamento.

Outra doença importante de mamangavas é a causada pelo protista *A. bombi*. Ocorre em quase 20 espécies de *Bombus* no mundo e causa sérios problemas físicos, como alterações no tecido adiposo, e comportamentais, como um aumento da mortalidade das operárias e rainhas, falhas na comunicação entre operárias e rainhas e redução do sucesso do estabelecimento das colônias. Na América do Sul, detectou-se *A. bombi* em colônias de *B. terrestris* no Chile e, em

baixa incidência, em colônias de *A. mellifera* e *B. terrestris* na Patagônia (Argentina). Não pode ser descartado um futuro espalhamento desse patógeno para outras áreas de ocorrência de *B. terrestris*, como os pampas, visto que espécies nativas de *Bombus* não apresentavam *A. bombi* antes da chegada de *B. terrestris*. Esta última, portanto, pode ser um vetor de *A. bombi* para outras espécies de abelhas.

Alguns patógenos de *A. mellifera* também podem infectar mamangavas, a exemplo do vírus da asa deformada. As espécies *B. terrestris* e *Bombus pascuorum* são infectadas por esse vírus e apresentam os sintomas de deformações na asa. Os vírus da asa deformada, da cria ensacada e da realeira negra de *A. mellifera* também foram encontrados em colônias comerciais de uma espécie nativa da América do Sul denominada *Bombus atratus*, na Argentina, porém não se sabe o efeito desses agentes em tal grupo. Mesmo se a saúde dessas abelhas não for afetada negativamente, existe a possibilidade de elas atuarem como um reservatório de tais vírus, os quais podem ser transmitidos novamente para *A. mellifera* ou, ainda, para outras espécies de abelha. O contrário também ocorre, visto que a gregarina *A. bombi*, protista parasita do intestino de invertebrados, que infecta as mamangavas (*Bombus*), pode também infectar *A. mellifera*. Apesar de se saber que colônias localizadas nas regiões tropicais são mais suscetíveis, outros aspectos biológicos das gregarinas nas abelhas melíferas são pouco conhecidos, como sua biogeografia, sazonalidade e virulência.

Todos esses casos mostram como a introdução de espécies exóticas e sua comercialização e transporte, até mesmo dentro de suas áreas de ocorrência, podem introduzir patógenos em novos locais e alterar sua distribuição nas populações de hospedeiros. Portanto, é necessário ter cautela durante essas atividades.

Patógenos e parasitas em abelhas sem ferrão

O conhecimento sobre os patógenos e parasitas que ocorrem em abelhas sem ferrão ainda é muito limitado. O primeiro relato, do fim dos anos 40, foi de uma doença que atinge larvas de *Melipona quadrifasciata* e *M. bicolor bicolor*, possivelmente causada pela bactéria *Bacillus paraalvei*, porém a identificação se deu apenas por microscopia e não houve estudos subsequentes. Em 2017, foi descoberta uma bactéria, *Lysinibacillus sphaericus*, que causa doença em larvas de *Tetragonula carbonaria*, uma espécie de abelha da Austrália muito utilizada na meliponicultura. As colônias infectadas apresentam alterações estruturais, como potes de alimentos e invólucros grossos e escuros em relação ao normal, alimento larval amarelo-escuro a esverdeado, discos de cria falhos, com células também engrossadas e opérculo reto, e cheiro de podre. A população se reduz e as operárias se mexem muito pouco, rastejam para fora do ninho e não o defendem agressivamente, como de costume. Essa doença pode causar a perda de colônias (Shanks *et al.* 2017).

Além desse patógeno, o ácaro parasita *Pyemotes tritici* causa a mortalidade de colônias

de abelhas sem ferrão, tendo sido já reportados casos para *Frieseomellita varia*, *Melipona colimana*, *M. asilvae*, *M. subnitida* e *Tetragonisca angustula*. Sabe-se que a infecção se dá por meio da transferência dos favos infectados e da manipulação das colônias, aparentemente ocorrendo apenas dessa maneira, já que outras colônias da área não foram contaminadas durante os estudos. Assim, a dispersão do ácaro é limitada e exemplifica a necessidade de cuidados sanitários no manejo de colônias e de inspeção de materiais do ninho antes de sua utilização em outras colônias (Menezes *et al.* 2009). Essa medida não se estende apenas às abelhas sem ferrão, já que o gênero *Pyemotes* também parasita abelhas solitárias (Anthophoridae e Megachilidae), bem como *A. mellifera*, causando a morte da colônia no último caso.

Já em 2013, um outro parasita foi descoberto no Rio Grande do Norte, atacando colônias de *Melipona subnitida*. Trata-se de *Plega hagenella*, um inseto da ordem *Neuroptera* cujas larvas se desenvolvem dentro das células de cria da abelha. Após consumir as larvas, os imaturos de *P. hagenella* constroem um casulo duro, que fica aparente depois de as operárias removerem a cera ao seu redor. Quando eclodem, os indivíduos saem das colônias. Não se sabe como se dá a infestação – se as fêmeas ovipositam diretamente nas células de cria, se ovos ou larvas são transportados pelas forrageiras ou se as larvas entram nas colônias pelas frestas. No entanto, a taxa de infecção é alta, pois cerca de 48% das colônias estudadas continham esse parasita (Maia-Silva *et al.* 2013).

Além de seus próprios patógenos, os de *A. mellifera* podem infectar abelhas sem ferrão. Atualmente, sabe-se que três vírus que ocorrem nessa espécie estão presentes em meliponíneos. No México, os vírus da asa deformada e da realeira negra foram detectados em populações de *Scaptotrigona mexicana* e, no Brasil, o vírus da paralisia aguda foi identificado em *Melipona scutellaris* (Guzman-Novoa *et al.* 2016). Não se sabe se esses agentes podem causar doenças e danos às abelhas sem ferrão, mas é possível, já que o vírus da asa deformada diminui a longevidade e provoca deformidades às asas de mamangavas (*Bombus*) (Fürst *et al.* 2014). Existe a possibilidade de a apicultura funcionar como uma fonte potencial de risco para as abelhas sem ferrão, pois pode ser um fator-chave no derramamento de patógenos. Potenciais vetores de vírus entre as abelhas sem ferrão são os forídeos, visto que já foi encontrado o vírus da asa deformada em forídeos que atacam *A. mellifera* (Core *et al.* 2012). É possível que isso também ocorra nos forídeos que atacam as abelhas sem ferrão, o que merece investigação, já que estes são uns dos principais inimigos dessas abelhas.

Recentemente, foi realizado, no sul do Brasil, um levantamento de patógenos (Leishmaninae, Nosematidae e Neogregarinorida) em seis espécies de abelhas sem ferrão: *Melipona bicolor*, *Plebeia droryana*, *P. emerina*, *P. remota*, *P. saiqui*, *Tetragonisca fiebrigi* e *A. mellifera*. Observou-se a presença de *A. bombi* (Neogregarinorida) nas abelhas sem ferrão *P. emerina* e *T. fiebrigi* em baixa incidência, mas não em *A. mellifera*. Como já mencionado, esse patógeno está presente nas espécies de *Bombus*, habitando países que

fazem fronteira com o sul do Brasil, inclusive em *B. atratus*, que também ocorre no País, assim como em *A. mellifera*, indicando que *A. bombi* possa ter sido passado dessas espécies para as abelhas sem ferrão. A análise genética do patógeno indicou que sua origem é europeia, mas não há confirmação de sua rota (Nunes-Silva *et al.* 2016).

O pólen é uma possível fonte de transmissão de doenças para as abelhas sem ferrão, pois aquele proveniente de colônias de *A. mellifera* pode conter *A. bombi* e é comumente utilizado na alimentação suplementar de colônias dessas abelhas. Como esse patógeno foi encontrado em baixa incidência em apenas dois dos nove lugares estudados, e os outros demais agentes investigados não foram encontrados, é possível que as abelhas sem ferrão estejam ainda livres de muitos microrganismos. Alguns mecanismos poderiam ser responsáveis por isso, como uma barreira fisiológica que não permite que elas sejam infectadas por alguns patógenos ou pelo uso de própolis na construção das estruturas do ninho, que seria capaz de impedir a proliferação desses agentes na colônia (Nunes-Silva *et al.* 2016).

Apesar de não terem sido encontrados patógenos da família Nosematidae no Rio Grande do Sul, *N. ceranae* está presente em cinco espécies de *Melipona*, em Goiás, quais sejam, *M. fasciculata*, *M. quadrifasciata quadrifasciata*, *M. mandacaia*, *M. marginata* e *M. rufiventris*, e em *T. fiebrigi* e *Scaptotrigona jujuyensis*, na Argentina (Porrini *et al.* 2017).



Figura 1. Ácaro *Leptus* sp. parasitando macho de *Melipona flavolineata*, em Belém-PA. Nessa região, esses ácaros são frequentemente encontrados em machos de abelhas sem ferrão, mas até o momento não foram registrados problemas para a criação de tais abelhas. Contudo, há um risco de se tornar uma praga ou um transmissor de doenças se for transportado para outras regiões do Brasil. Em abelhas africanizadas (*A. mellifera*), esses ácaros são capazes de transmitir doenças, como a bactéria *Spiroplasma*, agente causador da “doença de maio” (Martin & Correia-Oliveira, 2016). (foto: Cristiano Menezes)

O conhecimento atual sobre os patógenos e parasitas de abelhas sem ferrão ainda é muito restrito e, dessa forma, há necessidade de muita pesquisa para saber o status sanitário desses insetos. Muitos insetos, ácaros, microrganismos e outros organismos vivem em harmonia dentro das colônias de abelhas sem ferrão, mas suas relações ainda são pouco conhecidas (*figura 1*). Existe um grande risco de alguns desses organismos causarem problemas para a meliponicultura se forem transportados para fora de sua área de ocorrência natural e infectarem outras espécies de abelhas que não estão adaptadas à presença deles (*figura 2*).

Em tal cenário, leis e medidas preventivas se tornam muito importantes para a proteção das abelhas sem ferrão contra patógenos e parasitas exóticos, assim como para evitar o espalhamento dos agentes infecciosos entre populações e regiões. Assim, para melhorar a tomada de decisões quanto ao manejo das abelhas, as pesquisas devem inicialmente identificar quais os microrganismos presentes nesse grupo e seus efeitos nas colônias, informação básica para estabelecer as espécies que devem ser o foco de medidas preventivas.



Figura 2. Baratas encontradas recentemente dentro das colônias de abelhas sem ferrão do gênero *Melipona*, em Belém-PA. Elas não ocorriam no meliponário experimental da Embrapa Amazônia Oriental, mas, nos últimos anos, se espalharam para caixas de diversas espécies de *Melipona*. Não se sabe ainda se causam problemas de sanidade nas colônias infestadas. (fotos: Cristiano Menezes)

Prevenção

Algumas medidas podem ser adotadas para prevenir a disseminação de parasitas e patógenos:

1. Não transportar as espécies e seus materiais para locais onde elas não ocorram naturalmente.
2. Monitorar a saúde das colônias antes do transporte.
3. Não utilizar material (pólen, mel, cera) para fortalecer colônias sem antes realizar sua esterilização.
4. Cuidar da limpeza e da esterilização dos materiais utilizados no manejo das colônias, pois essas ferramentas também podem espalhar doenças entre colônias da mesma espécie ou de espécies diferentes.
5. Ter colônias higiênicas também pode ser uma solução. Realizar o melhoramento genético para essa característica, selecionando colônias higiênicas, pode ajudar a evitar a propagação de patógenos e parasitas.

Referências bibliográficas

- ACOSTA, A. L. T.; GIANNINI, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA A. M. Worldwide Alien Invasion: A Methodological Approach to Forecast the Potential Spread of a Highly Invasive Pollinator. *PLoS One*. 11: e0148295, 2016.
- CALDERÓN, R. A.; VAN VEEN, J. W.; SOMMEIJER, M. J.; SANCHEZ, L. A. Reproductive biology of *Varroa destructor* in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Exp. Appl. Acarol.* v. 50, p. 281–297, 2010.
- COLLA, S. R.; OTTERSTATTER, M. C.; GEGEAR, R. J.; THOMSON, J. D.; Plight of the bumble bee: Pathogen spillover from commercial to wild populations. *Biol. Conserv.* v. 129, p. 461-467, 2006.
- CORE, A.; RUNCKEL, C.; IVERS, J.; QUOCK, C.; SIAPNO, T.; DENAULT, S.; BROWN, B.; DERISI, J.; SMITH, C. D.; HAFERNIK, J. A new threat to honey bees, the parasitic phorid fly *Apocephalus borealis*. *PLoS One*. v. 7, p. 1–9, 2012.
- EVANS, J. D.; SCHWARZ, R. S. Bees brought to their knees: microbes affecting honey bee health. *Trends Microbiol.* v. 19, p. 614-620, 2011.
- FREIBERG, M.; JONG, D.; DE MESSAGE, D.; COX-FOSTER, D. First report of sacbrood virus in honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Brazil. *Genet. Mol. Res.* v. 11, p. 3310-3314, 2012.
- FÜRST, M. A.; MCMAHON, D. P.; OSBORNE, J. L.; PAXTON, R. J.; BROWN, M. J. F. Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators. *Nature*. v. 506, p. 364-366, 2014.
- GENERSCH, E.; AUBERT, M. Emerging and re-emerging viruses of the honey bee (*Apis mellifera* L.). *Vet. Res.* v. 41, p. 54, 2010.
- GRAYSTOCK, P.; YATES, K.; EIVSON, S. E. F.; DARVILL, B.; GOULSON, D.; HUGHES W. O. H. The Trojan hives: Pollinator pathogens, imported and distributed in bumblebee colonies. *J. Appl. Ecol.* v. 50, p. 1207-1215, 2013.
- GUZMAN-NOVOA, E.; HAMIDUZZAMAN, M. M.; ANGUIANO-BAEZ, R.; CORREA-BENÍTEZ, A.; CASTAÑEDA-CERVANTES, E.; ARNOLD N. I. First detection of honey bee viruses in stingless bees in North America. *J. Apic. Res.* v. 54, p 93-95, 2016.
- LINDSTRÖM, A.; KORPELA, S.; FRIES I. Horizontal transmission of *Paenibacillus larvae* spores between honey bee (*Apis mellifera*) colonies through robbing. *Apidologie*. v. 39, p. 515-522, 2008.
- MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; KOEDAM, D.; MACHADO, R. J. P.; IMPERATRIZ-FONSECA V. L. Out with the garbage: The parasitic strategy of the mantisfly *Plega hagenella* mass-infesting colonies of the eusocial bee *Melipona subnitida* in northeastern Brazil. *Naturwissenschaften*. v. 100, p. 101–105, 2013.
- MARTIN, S. J.; CORREIA-OLIVEIRA, M.E. The occurrence of ecto-parasitic *Leptus* sp. mites on Africanized honey bees. *J. Apic. Res.* v. 55, p. 1–4, 2016.
- MEDINA, L. M.; HART, A. G.; RATNIEKS F. L. W. Hygienic behavior in the stingless bees *Melipona beecheii* and *Scaptotrigona pectoralis* (Hymenoptera: Meliponini). *Genet. Mol. Res.* v. 8, p. 571-576, 2009.

MENEZES, C.; COLETTTO-SILVA, A.; GAZETA, G. S.; KERR W. E. Infestation by *Pyemotes tritici* (Acari, Pyemotidae) causes death of stingless bee colonies (Hymenoptera: Meliponina). Genet. Mol. Res. v. 8, p. 630-634, 2009.

NUNES-SILVA, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GONÇALVES, L. S. Hygienic behavior of the stingless bee *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). Genet. Mol. Res. v. 8, p. 649-654, 2009.

NUNES-SILVA, P.; PIOT, N.; MEEUS, I.; BLOCHTEIN, B.; SMAGGHE, G. Absence of Leishmaniinae and Nosematidae in stingless bees. Sci. Rep. v. 6, 32547, 2016.

PLISCHUK, S.; LANGE, C. E. Invasive *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) parasitized by a flagellate (Euglenozoa: Kinetoplastea) and a neogregarine (Apicomplexa: Neogregarinorida). J. Invertebr. Pathol. v. 102, p. 263-265, 2009.

PLISCHK, S.; SALVARREY, S.; ARBULO, N.; SANTOS, E.; SKEVINGTON, J. H.; KELSO, S.; REVAINERA, P. D.; MAGGI, M. D.; INVERNIZZI, C.; LANGE, C. E. Pathogens, parasites, and parasitoids associated with bumble bees (*Bombus* spp.) from Uruguay. Apidologie. v. 48, p. 298-310, 2016.

PORRINI, M. P.; PORRINI, L. P.; GARRIDO, P. M.; DE MELO E SILVA NETO, C.; PORRINI, D. P.; MULLER, F.; NUÑEZ, L. A.; ALVAREZ, L.; IRIARTE, P. F.; EGUARAS, M. J. *Nosema ceranae* in South American Native Stingless Bees and Social Wasp. Microb. Ecol. p. 1-4. 2017.

SHANKS, J. L.; HAIGH, A. M.; RIEGLER, M.; SPOONER-HART, R. N. First confirmed report of a bacterial brood disease in stingless bees. J. Invertebr. Pathol. v. 144, p. 7-10, 2017.

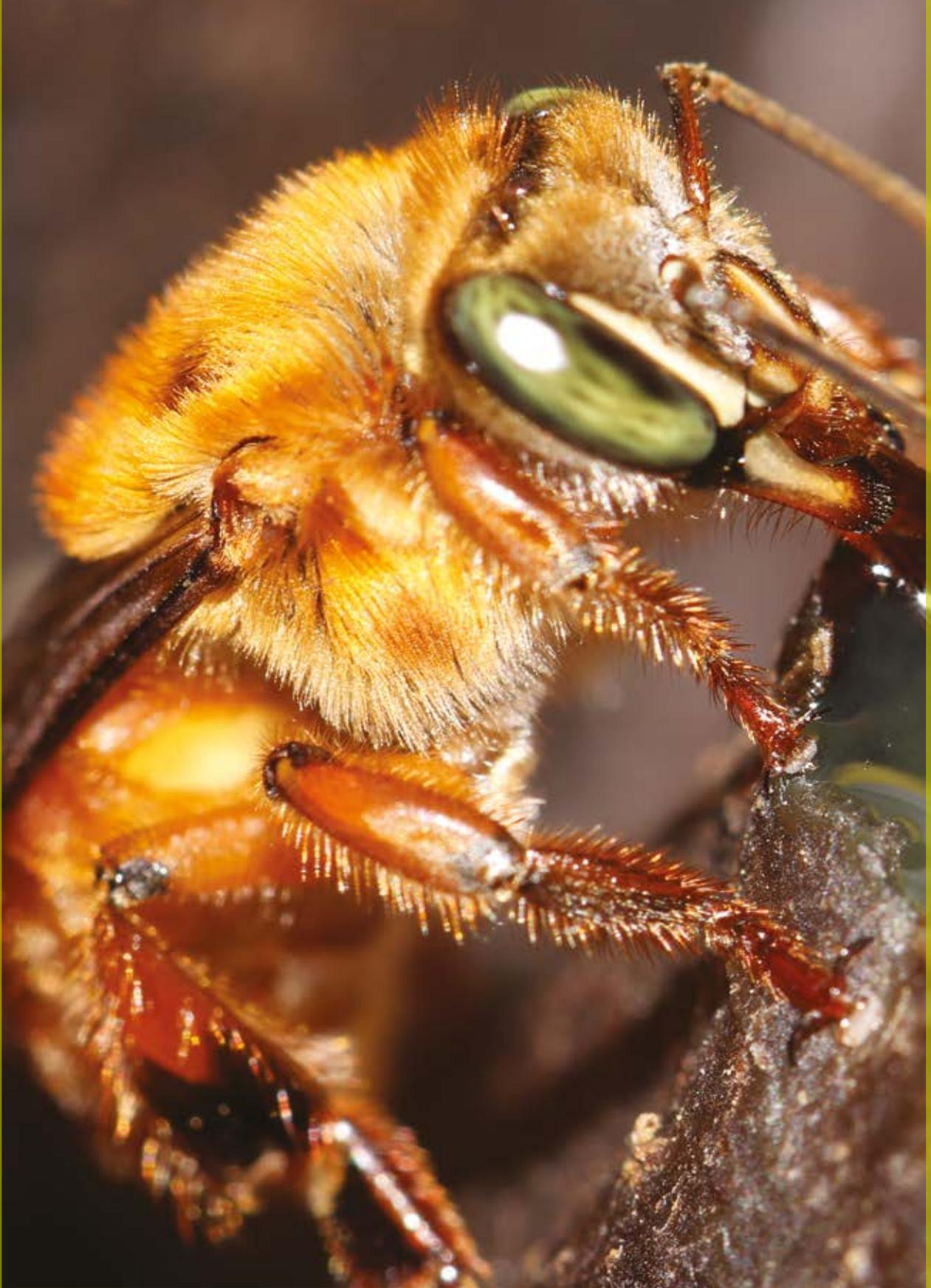
SPIVAK, M.; GILLIAM, M. Hygienic behaviour of honey bees and its application for control of brood diseases and varroa Part I. Hygienic behaviour and resistance to American foulbrood. Bee World. v. 79, p. 124-134, 1998.

TEIXEIRA, E. W.; CHEN, Y.; MESSAGE, D.; PETTIS, J.; EVANS, J. D. Virus infections in Brazilian honey bees. J. Invertebr. Pathol. v. 99, p. 117-119, 2008.

TEIXEIRA, E. W.; DOS SANTOS, L. G.; SATTLER, A.; MESSAGE, D. M.; ALVES, M. L. T. M. F.; MARTINS, M. F.; GRASSI-SELLA, M. L.; FRANCOY, T. M. *Nosema ceranae* has been present in Brazil for more than three decades infecting Africanized honey bees. J. Invertebr. Pathol. v. 114, p. 250-254, 2013.

AL TOUFAILIA, H.; ALVES, D. A.; BENTO, J. M. S.; MARCHINI, L. C.; RATNIEKS, F. L. W. Hygienic behaviour in Brazilian stingless bees. Biol. Open. v. 5, p. 1712-1718, 2016.

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. v. 37, p. 421-451, 2006.





5

CRIAÇÃO DE ABELHAS SEM FERRÃO – UMA ATIVIDADE SUSTENTÁVEL

RESUMO

Charles Fernando dos Santos
& Betina Blochtein

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
charles.santos@pucrs.br
betinabl@pucrs.br

A criação de abelhas sem ferrão é uma atividade sustentável e amigável ao meio ambiente porque disponibiliza ao ecossistema uma grande quantidade de insetos polinizadores que contribuem para a reprodução das plantas, além de favorecer a conservação das próprias espécies de abelhas que estão sendo criadas. Entretanto, o transporte de colônias para fora de sua área de ocorrência natural pode causar impactos ambientais negativos à própria meliponicultura. O transporte indevido de colmeias de espécies de abelhas sem ferrão para localidades de onde elas não são nativas é capaz de prejudicar seu manejo em longo prazo devido às dificuldades de adaptação à vegetação e ao clima distintos da sua área de origem. Além disso, existe a possibilidade de as abelhas sem ferrão exóticas competirem por recursos florais com as espécies nativas, comprometendo a viabilidade e a saúde das populações locais ao longo das gerações. Nesse sentido, identificar e reconhecer o desempenho de espécies de abelhas sem ferrão locais para a obtenção de produtos das colônias ou para o uso na polinização agrícola são fatores determinantes para uma meliponicultura de sucesso e para a conservação ambiental. Portanto, a escolha das espécies constitui um passo fundamental para o sucesso da criação, pois é preciso considerar os possíveis riscos às populações de abelhas nativas com a introdução de espécies exóticas. A criação de abelhas sem ferrão locais pode ser uma boa fonte de renda para as pessoas envolvidas nessa atividade e para o agronegócio regional. Sua contribuição na preservação de espécies nativas e do meio ambiente como um todo agrega valor a essa atividade e beneficia toda a sociedade.

Palavras-chave: área de ocorrência; diversidade; endemismo; preservação; regionalismo.

Meliponicultura: uma atividade conservacionista

A criação de abelhas sem ferrão é uma atividade econômica com alto potencial conservacionista, desde que as espécies criadas ocorram naturalmente na região onde o meliponário está instalado¹. A sustentabilidade dessa atividade é observada logo que ela se inicia, ou seja, os enxames, em vez de ser obtidos por meio da coleta predatória na natureza, são adquiridos por compra ou troca com outros meliponicultores da região ou, ainda, capturados por meio de ninhos-iscas (figura 1). Essas práticas evitam a derrubada desnecessária de árvores, contribuindo, assim, para a conservação das plantas que oferecerão abrigos e/ou recursos alimentares para as populações de abelhas sem ferrão. Atitudes como essas fazem da meliponicultura uma atividade viável e de longo prazo porque ela incorpora princípios não apenas econômicos



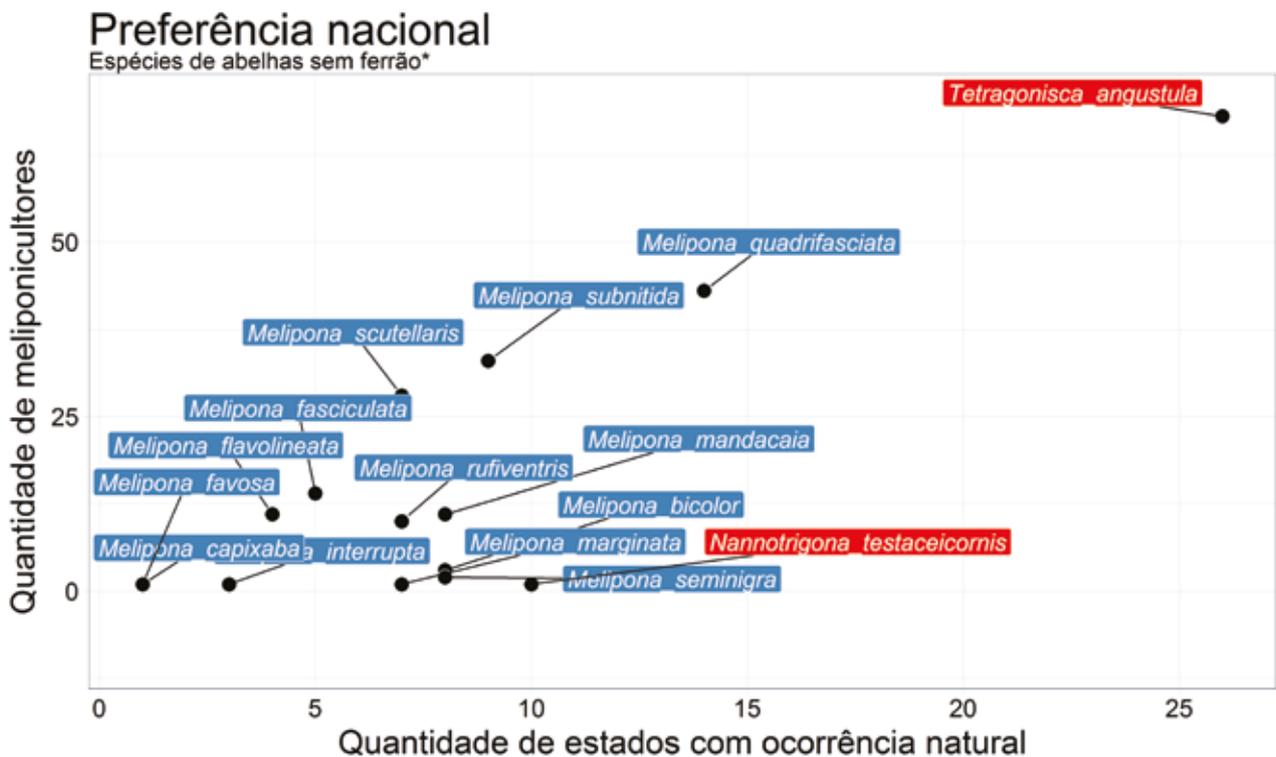
Figura 1. Ninho-armadilha confeccionado com garrafa PET. Aqui, é possível observar a obtenção ambientalmente adequada de captura de enxames de abelhas sem ferrão na natureza. Esse método contribui não apenas para a manutenção de populações silvestres saudáveis, já que o enxame é obtido de colônias locais, bem como colabora para a preservação das plantas, já que elas não precisam ser derrubadas para a obtenção do enxame. (foto: Cristiano Menezes)

para a geração de renda, mas também valores ambientais e sociais para seu manejo eficiente e duradouro.

Embora a meliponicultura seja uma atividade benéfica para o meio ambiente, algumas práticas podem causar impacto ambiental negativo. Uma das mais preocupantes é a introdução de espécies de abelhas sem ferrão oriundas de fora de sua área de ocorrência natural, com potencial de causar problemas de competição, transmissão de doenças, endocruzamento e até extinção de outras espécies. Parte do interesse em adquirir espécies de abelhas sem ferrão de outras regiões geográficas se deve ao fato de que muitos meliponicultores desejam ter espécies com grande capacidade de produção de mel. Elas também são geralmente de fácil manejo e pouco defensivas, o que acaba aumentando ainda mais o interesse por essas espécies.

Ao longo deste capítulo, apresentamos argumentos para não criar abelhas fora de suas regiões de ocorrência natural. Um deles é que existem opções de espécies nativas, e com as características desejadas pelos criadores, em todas as regiões e Estados brasileiros. Nesse sentido, o Brasil é um país privilegiado porque aqui há cerca de 240 espécies de abelhas sem ferrão formalmente descritas (Pedro 2014). Assim, por mais que certas espécies sejam pouco interessantes para o manejo devido ao baixo acúmulo de produtos com potencial de utilização nas colônias ou por sua agressividade, há, em todas as regiões brasileiras, diversas espécies adequadas para criação. Apesar

¹ Essa atividade, porém, possui alguns aspectos negativos de homogeneização das populações, aumento da competição entre espécies e maiores chances de transmissão de doenças, como discutido em capítulos anteriores. Entretanto, se bem direcionada, esses efeitos podem ser contornados e seus impactos negativos, reduzidos.



FONTE: Adaptado de Jaffé et al. 2015; Pedro 2014

Figura 2. Meliponas (uruçus, jandaíras) vs. outras espécies de abelhas sem ferrão: o gênero *Melipona* é bastante representativo na meliponicultura brasileira. Azul: meliponas; vermelho: não meliponas. *Espécies de abelhas representadas apenas pelos seus gêneros, como *Plebeia* sp. e *Scaptotrigona* sp., não foram consideradas aqui (figura 3).

disso, os dados atuais demonstram que a meliponicultura brasileira maneja apenas 2% (Jaffé et al. 2015) de todas as espécies existentes no território brasileiro (Pedro 2014) e, destas, cerca de dois terços são representados por apenas cinco espécies de abelhas sem ferrão. Isso demonstra que, além de haver uma baixa utilização das outras espécies disponíveis, há um viés para a criação de espécies do gênero *Melipona* e *Tetragonisca* (Jaffé et al. 2015) (figuras 2 e 3).

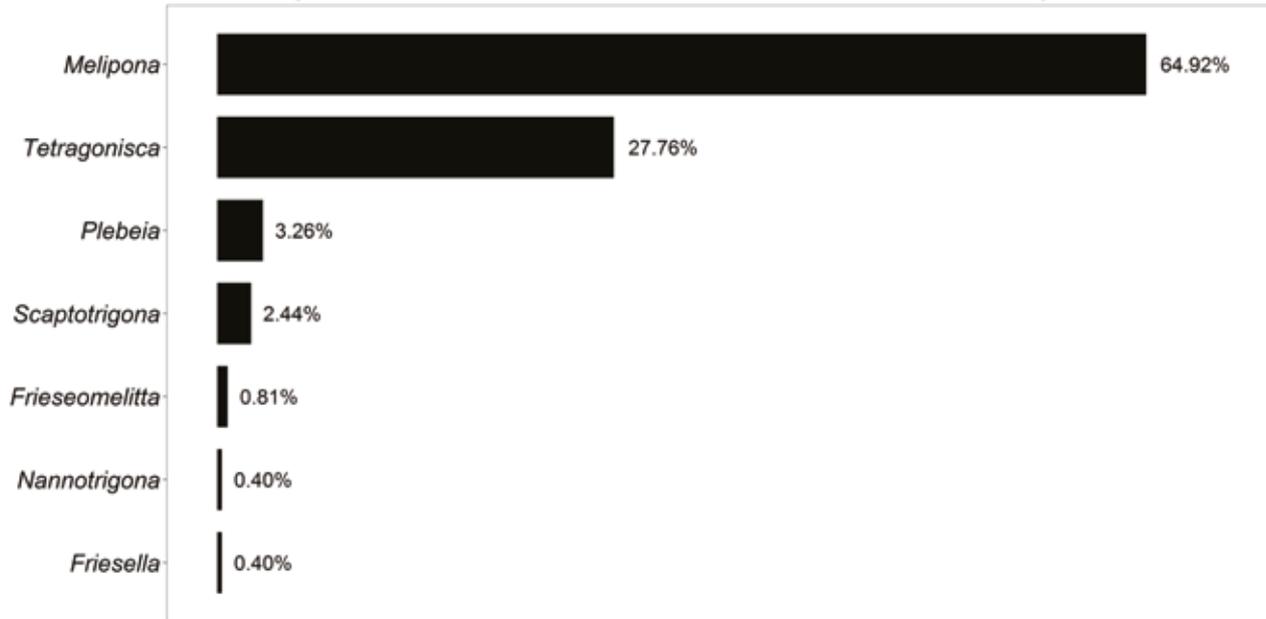
A abelha jataí (*Tetragonisca angustula*) é tradicionalmente conhecida por seu fácil manejo, baixa defensividade e boa produção de mel

em todo o território nacional, um aspecto interessante porque a *Melipona* sp. também apresenta essas características, embora tenha porte maior. De qualquer modo, esses dados sugerem que se cria no Brasil uma baixa variedade de espécies de abelhas sem ferrão com potencial de manejo. Isso demonstra que muitas espécies ainda recebem pouca atenção por parte dos meliponicultores (figura 3).

A criação de abelhas sem ferrão locais pode contribuir para a conservação dessas espécies, inclusive daquelas ameaçadas de extinção. Por exemplo: atualmente, há quatro espécies de abelhas sem ferrão vulneráveis, segundo a

² Segundo um levantamento feito no Brasil com diversos meliponicultores, Jaffé et al. (2015) observaram que pouco mais de 75% das abelhas sem ferrão criadas correspondiam às espécies *Tetragonisca angustula*, *Melipona quadrifasciata*, *M. subnitida*, *M. scutellaris* e *M. fasciculata*. Ou seja, apenas 2% de pelo menos 240 espécies reconhecidamente nativas no País.

Porcentagem de abelhas sem ferrão sendo criadas conforme o gênero



FONTE: Adaptado de Jaffé *et al.* 2015

Figura 3. Principais gêneros de abelhas sem ferrão criados no Brasil: no território nacional, há cerca de 29 gêneros de abelhas sem ferrão (Pedro, 2014). Contudo, pode-se observar que a meliponicultura brasileira tem se baseado na criação de apenas sete desses gêneros, com predominância de *Melipona* e *Tetragonisca* (cerca de 92% dos gêneros criados).

lista brasileira de espécies ameaçadas da fauna (MMA 2014). Duas delas têm sido beneficiadas pela criação em larga escala (*Melipona rufiventris*, *Melipona scutellaris*), enquanto, para outras duas (*Melipona capixaba*, *Partamona littoralis*), o manejo inexistente ou ocorre em pequena escala (Jaffé *et al.* 2015). Esse fato é representativo porque somente algumas delas recebem considerável atenção dos meliponicultores. É possível que a criação das duas últimas seja mais difícil devido a limitações técnicas, como ausência de caixas padronizadas ou falta de interesse imediato no seu manejo. Entretanto, a troca de experiências entre os meliponicultores da região poderia contribuir para alcançar formas alternativas de criar espécies locais obtidas por meio de multiplicação de colônias ou por meio

de ninhos-iscas, de acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama 2004), sem necessidade de recorrer a espécies de fora.

Portanto, considerando-se a grande diversidade de espécies de abelhas sem ferrão que existe no território brasileiro, a prática de buscar espécies de fora da região, além de arriscada, pode homogeneizar a atividade, o que limitaria a variedade de produtos que poderiam ser obtidos caso espécies locais fossem mais criadas e manejadas. Conforme discutimos neste capítulo, a criação de espécies que ocorrem naturalmente em determinada região traz diversos benefícios, tanto para os criadores quanto para as próprias abelhas sem ferrão. A razão central disso é que elas já se adaptaram às condições ambientais

³ Aqui, condições ambientais incluem variáveis bióticas como tipo de vegetação, organismos causadores de doenças (bactérias, vírus e ácaros) e variáveis abióticas, inerentes à geografia local, a exemplo da altitude e condições climáticas como temperatura, irradiação solar e umidade relativa.

regionais de onde são nativas, o que facilita sua busca por alimento e reduz de modo considerável a necessidade de cuidados especiais por parte do meliponicultor. Ademais, dificilmente sofrem os efeitos negativos de endocruzamentos e são mais resistentes a doenças, parasitas e patógenos locais.

A rica diversidade regional de abelhas sem ferrão e sua utilização

Diversas espécies de abelhas sem ferrão podem ser criadas e manejadas em caixas padronizadas para obter seus produtos ou seus serviços de polinização agrícola, estes últimos predominantemente nas zonas rurais. Quando uma colônia de abelhas é capturada por meio de ninho-isca ou adquirida de meliponicultores vizinhos, seu manejo em longo prazo na região

de onde ela foi adquirida fica facilitado. Isso permite que a atividade possa ser, inclusive, desenvolvida em centros urbanos nos quais a diversidade de plantas não chega a ser tão alta quanto nas zonas rurais. Dados recentes demonstram, por exemplo, que a quantidade de colônias manejadas em áreas urbanas é praticamente a mesma das zonas rurais (Jaffé *et al.* 2015) (figura 4A). Além disso, quase metade dos meliponicultores brasileiros está localizada exclusivamente nas áreas urbanas (Jaffé *et al.* 2015) (figura 4B).

Essa flexibilidade de locais (zonas rurais ou urbanas) onde a meliponicultura pode ser praticada é ou promovida pela enxameação de espécies de abelhas sem ferrão locais para ninhos-iscas (Oliveira *et al.* 2012; Silva *et al.* 2014) ou devida à sua facilidade de se multiplicar (Jaffé

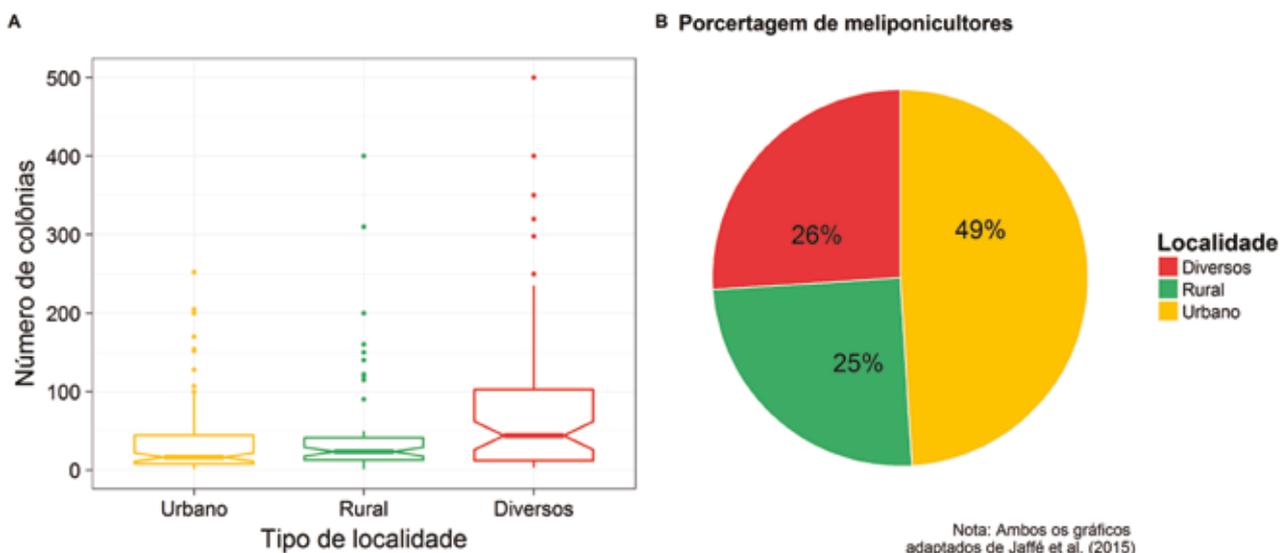


Figura 4. Abelhas sem ferrão que ocorrem em suas próprias regiões de origem podem ser criadas com sucesso tanto em áreas rurais quanto nas urbanas. A – A quantidade de colônias em áreas urbanas e rurais é praticamente a mesma. A categoria *Diversos* aqui significa ambas as áreas ou outros tipos de localidades. B – Metade dos meliponicultores brasileiros está estabelecida em áreas urbanas do País.

et al. 2015). Entretanto, o que fazer caso espécies nativas pouco tradicionais colonizem os ninhos-iscas? Esse é um impedimento que precisa ser contornado por meio do melhor conhecimento da biologia das espécies incomuns, a fim de aumentar a diversidade de abelhas sem ferrão regionais mantidas dentro dos meliponários. Certamente, isso demandará alguns cuidados dos meliponicultores para manter tais abelhas saudáveis em longo prazo.

Embora se busque também despertar no meliponicultor o interesse em explorar mais a diversidade de abelhas sem ferrão comuns da sua própria região, obtidas naturalmente de modo sustentável, há evidentemente espécies pouco recomendadas para a criação para fins comerciais. Abaixo, destacam-se algumas espécies ou gêneros dessas abelhas que possuem certas restrições de manejo⁴:

- Abelhas caga-fogo (*Oxytrigona* spp.) – são muito agressivas e liberam uma substância ácida que causa queimaduras na pele.
- Abelhas iratim (*Lestrimelitta* sp.) – são cleptobióticas, ou seja, roubam alimento de ninhos de outras espécies de abelhas sem ferrão, colocando em risco outras espécies que forem criadas no local.
- Abelhas necrófagas (*Trigona hypogea*, *Trigona necrophaga*, *Trigona crassipes*) – possuem o hábito de se alimentar de proteína animal, ou seja, podem visitar carcaças de animais também a fim de obter

suas necessidades proteicas, o que torna o mel impróprio para consumo.

- Abelhas mutualísticas (*Schwarzula* spp., *Scaura* spp.) – apresentam comportamento altamente especializado, necessitando de parceiros específicos (cochonilhas) para sobreviver ou substratos de nidificação (cupinzeiros). As espécies de *Schwarzula* spp. precisam coletar o honeydew⁵ secretado por cochonilhas dentro de seu próprio ninho para se alimentar e construir os ninhos. Algumas espécies de *Scaura* necessitam de cupinzeiros para estabelecer seus ninhos.
- Abelhas de solo (*Mourella caerulea*, *Schwarziana* spp., *Geotrigona* sp.) – têm o hábito de fazer ninhos no solo. Embora se conheçam os esforços empregados na tentativa de manter colônias dessas espécies em colmeias adaptadas de diferentes modelos, as chances de sucesso são extremamente baixas. Assim, recomenda-se proteger os ninhos conhecidos, mantendo-os nos seus locais originais, a fim de evitar perdas.

Apesar de as espécies mencionadas representarem alguma limitação à sua criação ou ao interesse imediato no seu manejo, os criadores no Brasil dispõem ainda de uma diversidade de espécies que merecem atenção não apenas para a produção do mel, como ocorre tradicionalmente, mas também de outros produtos das colônias (pólen, cera, própolis) ou mesmo para a polinização agrícola. Neste

⁴ Embora o manejo das espécies/gêneros listados aqui seja restrito ou não recomendado, os ninhos naturais dessas abelhas devem ser mantidos vivos e protegidos, pois contribuem para a diversidade da fauna local de abelhas e para a dinâmica de populações da localidade.

⁵ Por honeydew, entende-se aqui a substância açucarada comumente excretada por insetos da ordem Hemiptera, como cigarrinhas e cochonilhas.

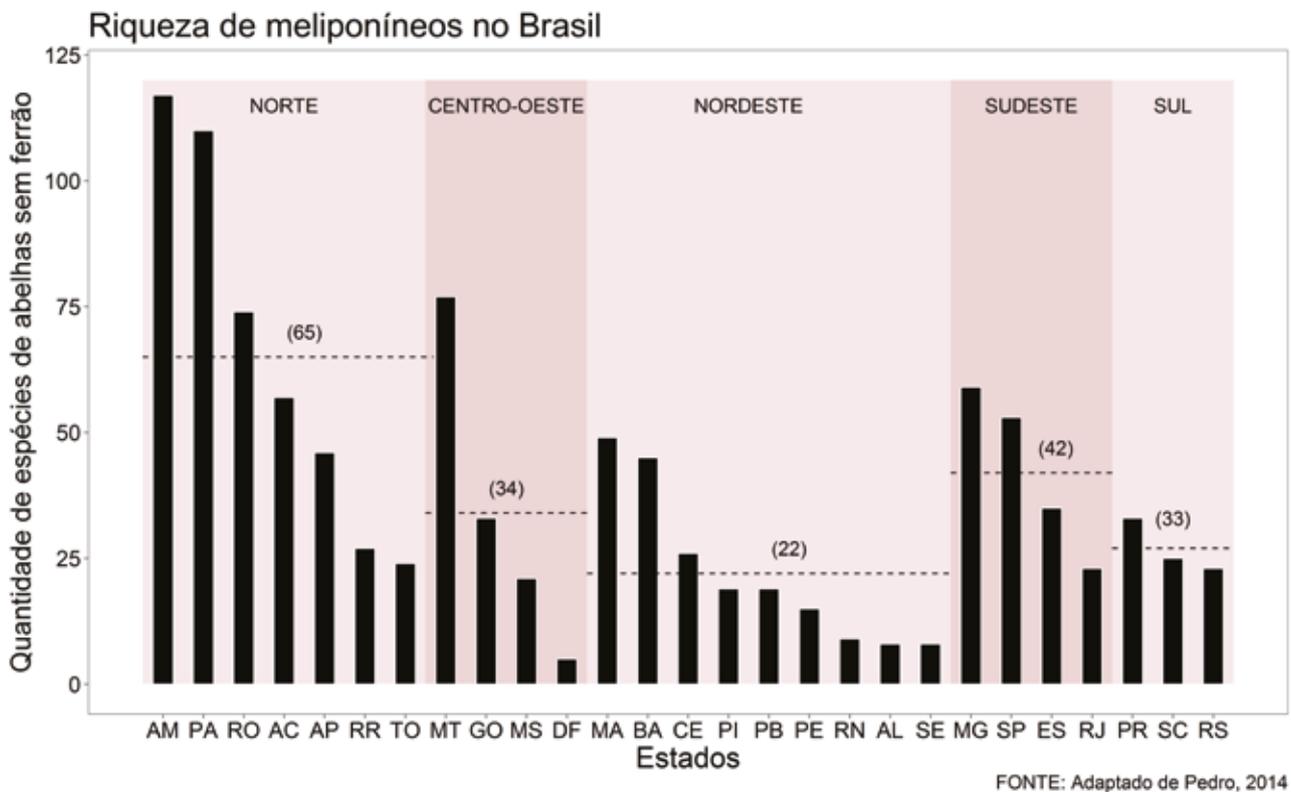


Figura 5. Riqueza de abelhas sem ferrão conforme a região geográfica e o Estado brasileiro: o quadro mostra que as diferentes regiões brasileiras possuem, de modo geral, uma grande diversidade de espécies de abelhas sem ferrão, que se distribuem de forma desigual no território nacional e são naturalmente adaptadas aos respectivos biomas (Amazônia, Pantanal, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampas), onde têm ocorrência natural. A linha tracejada indica a média, em parênteses, por região do País.

último caso, é sabido que muitas espécies de abelhas sem ferrão que não possuem potencial produtor de mel são úteis na agricultura (Slaa et al. 2006) e elevam o valor econômico das colheitas (Giannini et al. 2015). Portanto, sugere-se que o meliponicultor, além de selecionar espécies de fácil manejo e de bom desempenho na sua região para a produção de mel, escolha aquelas com potencial de atender às novas oportunidades e necessidades que surgem no mercado de agronegócios.

Cada uma das cinco regiões brasileiras possui mais de 20 espécies de abelhas sem ferrão (figura 5). Isso significa que, de um modo geral,

praticamente todos os Estados brasileiros possuem ao menos uma espécie de abelha sem ferrão de gêneros comumente valorizados pelos meliponicultores (Jaffé et al. 2015), como é o caso da jataí (*Tetragonisca* spp.), que ocorre em todo o território nacional, assim como das uruçus (*Melipona* spp.), das tubunas (*Scaptotrigona* spp.) e das mirins (*Plebeia* spp.)

Se esse esforço para evitar o transporte generalizado de colmeias de abelhas por todo o território nacional for alcançado, todos os biomas brasileiros serão favorecidos (figura 5). Do mesmo modo, a diversidade de abelhas sem ferrão de cada Estado será protegida e

beneficiada por essa atitude responsável dos meliponicultores. O potencial local deve ser valorizado pelos criadores de abelhas sem ferrão porque disso resultará o reconhecimento da sociedade, que poderá desfrutar de mais tipos de mel, pólen, própolis e outros produtos e serviços derivados da meliponicultura.

Criação de espécies regionais e agregação de valor aos seus produtos

De acordo com os meliponicultores, a legislação brasileira (Conama 2004) é um dos principais problemas para praticar essa atividade no Brasil (Jaffé et al. 2015). Dentre todas as restrições ali presentes, uma das que mais parecem incomodar os criadores é a impossibilidade de comercializar e transportar ninhos de abelhas sem ferrão fora de sua área nativa. Por isso, é comum a justificativa de que as abelhas sem ferrão “são brasileiras” – logo, pode-se criá-las em qualquer região do País. Algumas pessoas também pontuam que os meliponicultores ajudam a preservar as abelhas sem ferrão no Brasil – portanto, podem fazer isso onde quiserem. De fato, os meliponicultores possuem um papel importante na preservação das abelhas sem ferrão, mas apenas quando o manejo ocorre em consonância com os princípios da meliponicultura sustentável e nas áreas endêmicas dessas espécies.

A maior parte do transporte e da comercialização de colmeias de abelhas sem ferrão (87%) está voltada para a obtenção de renda com a venda do mel e de enxames (Jaffé et al. 2015). Por

isso, é compreensível que os meliponicultores desejem espécies não locais cujas colônias desenvolvam-se em curto período para posterior venda e que sejam também boas produtoras de mel. No entanto, os criadores que possuem os maiores plantéis e que têm tido sucesso na atividade trabalham com espécies locais. Isso provavelmente ocorre porque elas se desenvolvem com mais facilidade e contornam as adversidades próprias da região. Os dados demonstram que a maioria dos meliponicultores de sucesso (com mais de 50 colônias) utiliza espécies nativas, sugerindo que essa escolha configura um importante fator que contribui para uma criação bem-sucedida (figura 6).

Portanto, ao invés de adquirir colônias de fora, os meliponicultores poderiam criar espécies nativas a fim de explorar e valorizar os distintos méis e suas características específicas regionais (Souza et al. 2006). Cada espécie de abelha produz um mel característico, com propriedades exclusivas e com sabor peculiar e único. Assim, se determinada região possui uma espécie de abelha endêmica, que ocorre somente ali, é possível agregar um valor especial a esse mel. Mas tal valor se perderia caso essa abelha fosse levada para outros lugares e se tornasse comum entre os criadores de outros locais. Economicamente, considera-se mais interessante focar em um mel regional, com certificado de origem que lhe agrega valor, do que criar abelhas de outras regiões e produzir tipos de mel que todos produzem.

Meliponicultores de sucesso criam espécies nativas

Espécies de abelhas sem ferrão nativas vs. abelhas sem ferrão exóticas

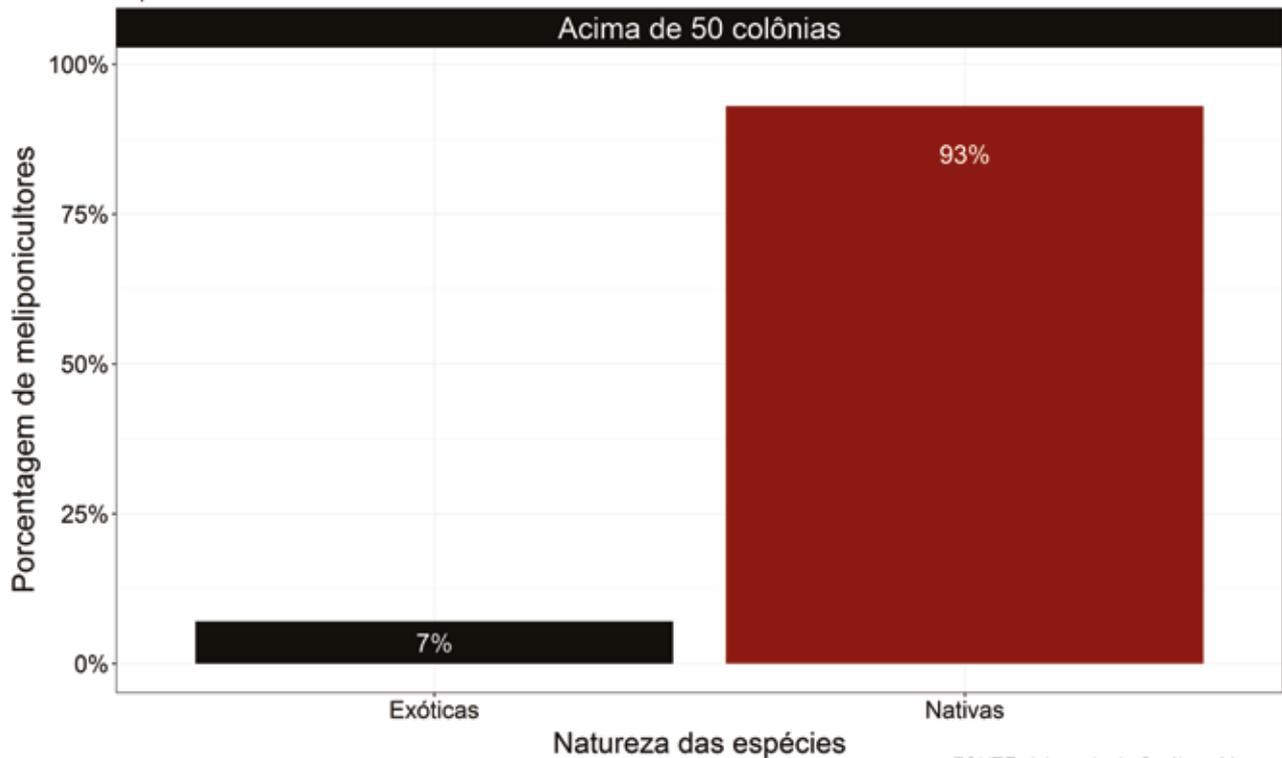


Figura 6. Criação de abelhas sem ferrão nativas – uma atividade bem-sucedida: a maioria dos meliponicultores de sucesso, ou seja, aqueles que possuem mais de 50 colônias, tem, como principal espécie no meliponário, abelhas sem ferrão que ocorrem na sua própria região.

Abelhas sem ferrão são adaptadas ao clima e à vegetação regionais

Ao longo de milhões de anos de evolução, as abelhas sem ferrão se adaptaram ao clima e à geografia do local onde ocorrem atualmente (Camargo and Pedro 1992). Por conta disso, apresentam comportamentos específicos nas distintas estações do ano e períodos do dia, otimizando as atividades externas das colônias para buscar alimento (*figura 7*) nos melhores horários e locais (Ramalho 2004; Nunes-Silva *et al.* 2010; Aleixo *et al.* 2016; Keppner and Jarau

2016), o que configura um aspecto fundamental para sua sobrevivência. Se a biologia básica das abelhas sem ferrão é ignorada e a escolha equivocada por enxames de outras regiões é feita, até mesmo a insolação, que difere em cada parte do País, pode afetar os horários de forrageio. Desse modo, uma vez que a incidência solar afeta diretamente a termorregulação e, conseqüentemente, o comportamento de forrageio das abelhas sem ferrão (Biesmeijer *et al.* 1999), espécies deslocadas de sua área original enfrentam mais dificuldades para manter a colônia saudável.

Transportar espécies de abelhas sem ferrão de uma região para outra tem consequências drásticas para o desenvolvimento das colônias. Por exemplo: um estudo comparou o desempenho de forrageio de *M. subnitida* (jandaíra) com *M. quadrifasciata* (mandaçaia) (Maia-Silva *et al.* 2014). No estudo, a jandaíra foi introduzida artificialmente em São Paulo, de onde a mandaçaia é nativa. Constatou-se que a jandaíra tinha limitações para forragear em períodos do ano em que as temperaturas eram mais frias e diferentes daquelas a que estava habituada, mas às quais a mandaçaia estava adaptada. Como consequência, cerca de 50% das colônias de jandaíra foram perdidas e pereceram ao longo de um ano de observações. Isso constitui uma clara evidência de que as espécies de abelhas sem ferrão possuem limitações fisiológicas e comportamentais para sobreviver em um local onde o clima e a vegetação são distintos daqueles em que elas se desenvolveram e aos quais se adaptaram.

Não apenas as condições ambientais climáticas relacionadas às paisagens nas quais essas abelhas se desenvolveram afetam sua biologia, mas também o fato de elas coexistirem localmente com outras espécies de abelhas competidoras. A abelha sem ferrão *Partamona orizabaensis*, por exemplo, é capaz de forragear na chuva para evitar a competição com uma espécie mais agressiva que ocorre na mesma região, *Trigona fuscipennis* (Keppner e Jarau 2016). Isso demonstra que abelhas sem ferrão que já convivem há milhões de anos na mesma região conseguem partilhar recursos e coexistir com outras espécies locais, desde que estejam em sua área de ocorrência natural.

A adaptação das abelhas sem ferrão ao clima regional é notável em algumas espécies de *Plebeia* e *Melipona*, por exemplo, que conseguem prever condições ambientais desfavoráveis e, em resposta, cessam a produção de crias, um evento conhecido como diapausa reprodutiva



Figura 7. Espécies de abelhas sem ferrão são importantes visitantes florais e/ou polinizadoras: à esquerda, a abelha arapuá (*Trigona spinipes*) visitando flor de morango e, à direita, a abelha urucu-da-bunda-preta (*Melipona melanoventer*) visitando flor de urucum.

Ambas as espécies visitam flores para a coleta de pólen e/ou néctar. O exemplo demonstra que mesmo espécies relativamente agressivas ou pouco produtivas, portanto, pouco atraentes para a criação, podem atuar como agentes polinizadores. (fotos: Cristiano Menezes)

(revisto por Santos *et al.* 2014). Com a aproximação da estação fria, elas não apenas modificam os horários de forrageamento e os tipos de alimentos que entram nas colônias (Nunes-Silva *et al.* 2010), como também alteram a estrutura do ninho para resistir melhor ao inverno, aumentando as camadas de invólucro ao redor da cria (exemplos em Santos *et al.* 2014).

É importante destacar que, mesmo que uma espécie de abelha sem ferrão possua uma ampla distribuição geográfica, como *Plebeia droryana* (nove Estados) e *Melipona marginata* (cinco Estados), elas diferem geneticamente ao longo de sua distribuição. Deve-se ter atenção à origem de suas colônias, pois as linhagens que não estão adaptadas a fazer diapausa no inverno em uma determinada porção do Nordeste, por exemplo, podem sofrer ou mesmo perecer nesse período na Região Sul, de onde também são nativas. Essa é uma outra demonstração do quão importante é criar abelhas sem ferrão locais, uma vez que já estão adaptadas ao clima e ao ambiente regionais. Dentre as variáveis ambientais, a temperatura é um dos principais fatores que afetam sua sobrevivência e seu desenvolvimento (Torres *et al.* 2007; Vollet-Neto *et al.* 2015; Santos *et al.* 2015b). Portanto, realocar tais espécies para fora de sua área de ocorrência natural pode acarretar estresse fisiológico e comprometer, assim, o manejo bem-sucedido de suas colônias.

Em geral, os estudos que avaliam o efeito da variação do clima (temperatura, umidade relativa, precipitação) sobre as populações de

abelhas sem ferrão, como *Melipona bicolor bicolor*, *Melipona bicolor schencki*, *Melipona scutellari* e *Plebeia droryana*, apontam que, se as condições climáticas mudarem na área de ocorrência dessas espécies, elas enfrentarão problemas para sobreviver em tais locais (Giannini *et al.* 2012; Santos *et al.* 2015a). Assim, as estimativas sugerem que, se essas abelhas estiverem expostas a condições ambientais diferentes daquelas às quais estão adaptadas, a viabilidade e a sobrevivência de suas colônias ficarão comprometidas (Giannini *et al.* 2012; Santos *et al.* 2015a).

A partir de simulações computacionais, é possível determinar, com alto grau de precisão, o nível de adequabilidade de habitat dessas espécies, ou seja, quanto estão aptas a sobreviver em determinado local, dependendo das condições ambientais encontradas ali. A fim de exemplificar essa metodologia, geramos um modelo de adequabilidade de habitat para a distribuição geográfica de *Plebeia droryana* para demonstrar quanto seria inviável realocar colônias dessas espécies para outras regiões do País onde as condições climáticas são diferentes da sua área de ocorrência natural. Desse modo, é possível observar, na figura 8, que a área maior do mapa, na cor cinza, é inadequada para a criação dessa espécie quando considerados seu clima, sua vegetação e sua geografia. Nessa porção, o meliponicultor teria dificuldades para manter a espécie, visto que seria necessário despender muito esforço e recursos financeiros para tentar atender às demandas alimentares (nutricionais) e de termorregulação dessas abelhas. Assim



Figura 8. Condições ambientais regionais são importantes para a manutenção e a viabilidade em longo prazo das populações de abelhas sem ferrão: modelagem da adequabilidade de habitat para a distribuição geográfica das populações de *Plebeia droryana* segundo pontos georreferenciados obtidos da literatura e das seguintes fontes: Museu de Ciência e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; SpeciesLink [<http://splink.cria.org.br/>]; Global Biodiversity Information Facility. Figura de *Plebeia droryana* cedida por Kátia Paula Aleixo. Mapa gerado por André Luis Acosta. (foto: Kátia Aleixo)

sendo, o fato de *P. droryana* ocorrer em parte do território brasileiro e poder ser considerada “brasileira”, de modo geral, não implica que esteja apta a sobreviver adequadamente em qualquer região do País. Mesmo porque o Brasil tem dimensões continentais e, de acordo com os ecossistemas que compõem cada bioma, as condições ambientais mudam drasticamente, diferindo de uma região para outra no território nacional. É possível imaginar o estresse de colônias de *P. droryana* caso fossem transportadas do Rio Grande do Sul para o

Amazonas, de onde elas não são nativas (Pedro 2014).

Especificamente o fato de a abelha-mirim (*P. droryana*) não ocorrer no Amazonas, por exemplo, não significa que os meliponicultores daquela região estejam desprovidos de espécies alternativas de *Plebeia* sp. naquele local. O criador de abelha sem ferrão do Amazonas pode obter, por ninhos-iscas ou com outros meliponicultores da região que eventualmente já as criam, espécies-irmãs de *P. droryana*, como *P. alvarengai*, *P. margaritae*, *P. minima* e *P. variicolor*

(Pedro 2014), ou seja, pelo menos quatro espécies alternativas que são aparentadas e muito similares biologicamente à mirim droryana. Do mesmo modo, um meliponicultor do Rio Grande do Sul não precisaria obter espécies amazônicas de mirim (*Plebeia* spp.) para o Sul porque na região ocorrem ao menos seis espécies-irmãs de *P. droryana*, como *P. catamarcensis*, *P. emerina*, *P. nigriceps*, *P. remota*, *P. saiqui* e *P. wittmanni* (Pedro 2014).

Introdução de abelhas sem ferrão pode causar problemas ambientais

O transporte de abelhas sem ferrão para regiões onde elas não ocorrem naturalmente pode contribuir indiretamente para a extinção de espécies locais. Isso porque, se uma for muito similar à outra, porém mais eficiente na coleta ou na ocupação de recursos (loais de forrageamento, nidificação), é provável que possa prevalecer e afetar a outra. Essa competição pode ser gerada tanto pelas colônias de espécies exóticas mantidas nos meliponários quanto por aquelas exóticas que eventualmente enxamearem desses locais. Sabe-se, por exemplo, que a introdução de abelhas melíferas africanas no Brasil, na década de 50, saiu do controle quando algumas rainhas escaparam com operárias e fundaram ninhos na natureza (Michener 1973). Isso demonstra que mesmo o manejo de uma espécie exótica e bem conhecida pode fugir ao controle do criador, ainda que experiente.

Um caso semelhante, e ainda mais recente, com consequências ambientais registradas, ocorreu com a introdução, no Chile, de mamangavas *Bombus terrestris* originárias da Europa, na década de 80. Algumas rainhas fugiram e, uma década depois, ninhos silvestres dessa espécie foram encontrados na Argentina (Morales *et al.* 2013). Agora, há grandes chances de essas mamangavas invadirem o Brasil nos próximos anos (Acosta *et al.* 2016). Entretanto, na Argentina, onde a mamangava exótica está presente, embora seja polinizadora efetiva de culturas agrícolas, tanto ela quanto outra mamangava introduzida naquele país (*Bombus ruderatus*) estão causando redução drástica da população da nativa *Bombus dahlbomii* devido à competição por alimento nas flores (Morales *et al.* 2013).

O dano ambiental causado pela introdução de abelhas sem ferrão em áreas não endêmicas pode se dar não apenas por causa da interferência na competição por alimento ou por substratos para nidificação. O transporte indevido e não autorizado de colônias de espécies de abelhas sem ferrão para diferentes regiões do Brasil é capaz de ocasionar problemas na reprodução das espécies. Como relatado nos capítulos anteriores, há registros de que espécies de jataí (*Tetragonisca angustula* e *Tetragonisca fiebrigi*) estão formando híbridos em regiões onde foram introduzidas e onde anteriormente as espécies não compartilhavam as mesmas áreas (Francisco *et al.* 2014). Existem também dados de híbridos entre populações de *Melipona capixaba* e *Melipona scutellaris* na região de Minas Gerais,

onde nenhuma das duas ocorrem naturalmente (Nascimento *et al.* 2000).

Esses casos demonstram que a intenção do meliponicultor de criar espécies exóticas para preservá-las pode ter efeito contrário e afetar as próprias espécies nativas do seu Estado. Em outras palavras, não se ignora a possibilidade de abelhas sem ferrão se adaptarem a áreas distintas das suas regiões de origem. A precaução que se levanta aqui é o risco para as espécies nativas de partição dos recursos florais (pólen e néctar) com uma espécie exótica. O impacto ambiental dessa competição possivelmente não seria imediato e, portanto, seria pouco percebido pelos criadores. A restrição de recursos nutricionais afeta a condição das colônias, tornando-as mais vulneráveis a outras adversidades, inclusive a parasitas e patógenos. Essa situação pode prejudicar o desenvolvimento das colônias e as chances de manutenção das populações nativas de abelhas sem ferrão, sejam as silvestres, sejam as mantidas nos meliponários.

Considerações finais

A aquisição de novos enxames de espécies de abelhas sem ferrão por meio de compra ou de ninhos-armadilha está qualificando a meliponicultura, elevando-a a uma atividade ambientalmente sustentável no Brasil. Aliado a isso, é crescente a conscientização dos meliponicultores sobre os riscos causados pela introdução de espécies em áreas onde não há registro de sua ocorrência, bem como sobre o conhecimento de que as colônias se desenvolvem adequadamente sob condições

de clima e de vegetação a que estão adaptadas. Mesmo que, num primeiro momento, os meliponicultores obtenham relativo sucesso na criação de espécies de abelhas sem ferrão exóticas, em longo prazo elas terão possibilidade de sofrer com variações climáticas ou restrições alimentares por não estarem adaptadas àquela região. Isso poderá reduzir substancialmente sua diversidade genética, levando-as a uma baixa resistência a patógenos e parasitas, bem como a adversidades, a exemplo da produção elevada de machos diploides.

A atividade econômica desempenhada pelos meliponicultores ao criar abelhas sem ferrão nativas de seus próprios Estados é uma demonstração dos elevados valores ambientais adotados por esses profissionais e oferecidos à sociedade brasileira. Portanto, estimular a criação das espécies regionais pode não apenas ajudar a preservar as espécies e o bioma de onde elas são nativas, como também aumentar o sucesso na obtenção de bons resultados para o meliponicultor.

Agradecimentos

CFS é grato à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa do Programa Nacional de Pós-Doutorado.

Referências bibliográficas

ACOSTA, A. L.; GIANNINI, T. C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Worldwide alien invasion: a methodological approach to forecast the potential spread of a highly invasive pollinator. *PLoS One* v. 11, p. 1–25, 2016.

ALEIXO, K. P.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; DA SILVA, C. I. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona aff. depilis*). *Apidologie*. v. 48, p. 117-127, 2016.

BIESMEIJER, J. C.; RICHTER, J. A. P.; SMEETS, M. J.; SOMMEIJER, M. J. Niche differentiation in nectar-collecting stingless bees: the influence of morphology , floral choice and interference competition. *Ecol. Entomol.* v. 24, p. 380-388, 1999.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Systematics, phylogeny and biogeography of the Meliponinae (Hymenoptera, Apidae). *Apidologie*. v. 23, p. 509-522, 1992.

CONAMA (2004) Resolução CONAMA 346. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, Brazil.

FRANCISCO, F. O.; SANTIAGO, L. R.; BRITO, R. M.; *et al.* Hybridization and asymmetric introgression between *Tetragonisca angustula* and *Tetragonisca fiebrigi*. *Apidologie*. v. 45, p. 1-9, 2014.

GIANNINI, T. C.; ACOSTA, A. L.; GARÓFALO, C. A.; *et al.* Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. *Ecol. Modell.* v. 244, p. 127-131, 2012.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M. *et al.* The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *J. Econ. Entomol.* p. 1-9, 2015.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; CARVALHO, A. T. *et al.* Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. *PLoS One*. v. 10, e0121157. 2015.

KEPPNER, E. M.; JARAU, S. Influence of climatic factors on the flight activity of the stingless bee *Partamona orizabaensis* and its competition behavior at food sources. *J. Comp. Physiol. A.* v. 202, p. 691-699, 2016.

KUHN-NETO, B.; CONTRERA, F. A. L.; CASTRO, M. S.; NIEH, J. C. Long distance foraging and recruitment by a stingless bee, *Melipona mandacaia*. *Apidologie.* v. 40, p. 472-480, 2009.

MAIA-SILVA, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M. Environmental windows for foraging activity in stingless bees, *Melipona subnitida* Ducke and *Melipona quadrifasciata lepeletier* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Sociobiology.* v. 61, p. 378-385, 2014.

MICHENER, C. D. The Brazilian honeybee. *Bioscience.* v. 23, p. 523-527, 1973.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Portaria 444 - Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. p. 121–126, 2014.

MORALES, C. L.; ARBETMAN, M. P.; CAMERON, S. A.; AIZEN, M. A. Rapid ecological replacement of a native bumble bee by invasive species. *Front. Ecol. Environ.* v. 11, p. 529-534, 2013.

NASCIMENTO, V. A.; MATUSITA, S. H.; KERR, W. E. Evidence of hybridization between two species of *Melipona* bees. *Genet. Mol. Biol.* v. 23, p. 79-81, 2000.

NUNES-SILVA, P.; HILÁRIO, S. D.; SANTOS-FILHO, P. S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Foraging activity in *Plebeia remota*, a stingless bees species, is influenced by the reproductive state of a colony. *Psyche.* p. 1-16, 2010.

OLIVEIRA, R. C.; MENEZES, C.; SOARES, A. E. E.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Trap-nests for stingless bees (Hymenoptera, Meliponini). *Apidologie.* v. 44, p. 29-37, 2012.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology.* v. 61, p. 348-354, 2014.

RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta. Bot. Brasilica.* v. 18, p. 37-47, 2004.

SANTOS, C. F.; ACOSTA, A. L.; NUNES-SILVA, P. *et al.* Climate warming may threaten reproductive diapause of a highly eusocial bee. *Environ. Entomol.* v. 44, p. 1172-1181, 2015a.

SANTOS, C. F.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B. Temperature rise and its influence on the cessation of diapause in *Plebeia droryana*, a eusocial bee (Hymenoptera: Apidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* v. 109, p. 29-34, 2015b.

SANTOS, C. F.; NUNES-SILVA, P.; HALINSKI, R.; BLOCHTEIN, B. Diapause in stingless bees. *Sociobiology*. v. 61, p. 369-377, 2014.

SILVA, M. D.; RAMALHO, M.; MONTEIRO, D. Communities of social bees (Apidae: Meliponini) in trap-nests: the spatial dynamics of reproduction in an area of Atlantic Forest. *Neotrop. Entomol.* v. 43, p. 307-313, 2014.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. *Abelhas brasileiras: sistemática e identificação*. Fundação Araucária, Belo Horizonte. 2002.

SLAA, E. J.; SÁNCHEZ-CHAVES, L. A.; MALAGODI-BRAGA, K. S.; HOFSTEDE, F. E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*. v. 37, p. 293-315. 2006.

SOUZA, B.; ROUBIK, D.; BARTH, O. *et al.* Composition of stingless bee honey: Setting quality standards. *Interciencia*. v. 31, p. 867-875, 2006.

TORRES, A.; HOFFMANN, W.; LAMPRECHT, I. Thermal investigations of a nest of the stingless bee *Tetragonisca angustula* Illiger in Colombia. *Thermochim. Acta*. v. 458, p. 118-123, 2007.

VOLLET-NETO, A.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Behavioural and developmental responses of a stingless bee (*Scaptotrigona depilis*) to nest overheating. *Apidologie*. v. 46, p. 455-464, 2015.





PROPOSTAS PARA A REGULAMENTAÇÃO DO MANEJO E DO TRANSPORTE DE ABELHAS SEM FERRÃO

RESUMO

Blandina Viana¹
& Sérgio Amoedo^{1,2}

¹Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia
blandfv@ufba.br

²Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA

Os polinizadores, mais especificamente as abelhas, são componentes essenciais nos agroecossistemas, pois a presença destes nos cultivos pode, na maioria dos casos, ser necessária para aumentar a produtividade agrícola e contribuir para a melhoria da qualidade dos frutos e/ou sementes. Atualmente, a agricultura mundial está cada vez mais dependente do serviço de polinização prestado pelas abelhas, manejadas e/ou silvestres. Assim, para suprir essa demanda, o adensamento com abelhas manejadas, mais comumente *Apis mellifera*, é uma prática utilizada em vários países, inclusive no Brasil. Diante desse contexto, o manejo de abelhas sem ferrão para fins de polinização é uma atividade promissora e economicamente viável, com benefícios mútuos para meliponicultores e agricultores. No entanto, o uso das abelhas manejadas na agricultura requer o deslocamento das colônias para onde o serviço de polinização é demandado, o que pode resultar em ameaças para as populações locais desses insetos. Dessa forma, é importante que tal atividade seja regulamentada por legislações específicas que respeitem suas especificidades. Ademais, os segmentos envolvidos nessa cadeia produtiva devem estar suficientemente informados e sensibilizados acerca dos problemas e das soluções. No presente capítulo, destacamos a importância das abelhas na agricultura, discutimos os principais entraves à regulamentação do manejo e do transporte de abelhas sem ferrão para criação e polinização de cultivos, fazemos algumas recomendações para revisão e elaboração dos instrumentos legais estaduais e, finalmente, apresentamos sugestões para formulação de políticas públicas que fomentem a atividade e que estimulem o engajamento e a sensibilização de todos os segmentos da sociedade envolvidos com a atividade, em prol da conservação das abelhas e do serviço de polinização prestado por elas.

Palavras-chave: legislação; meliponicultura; regulamentação.

Agricultura e abelhas

O papel dos polinizadores na agricultura, mais especificamente das abelhas, é amplamente reconhecido. Hoje, no mundo todo, essa atividade está cada vez mais dependente do serviço de polinização prestado pelas abelhas, manejadas e/ou silvestres. A presença desses insetos pode aumentar a produtividade e contribuir para a melhoria da qualidade dos frutos e/ou sementes.

Contudo, os sistemas agrícolas convencionais atuais têm sido uma séria ameaça à sobrevivência desses animais. Há relatos recentes de declínio de algumas espécies de abelhas em vários países do mundo, causados principalmente pelo uso intensivo do solo e pelo modo de produção agrícola, de alto impacto, baseado na supressão de vegetação natural para o plantio de grandes áreas com monoculturas (IPBES 2016).

Assim, para suprir a demanda dos cultivos pelos serviços de polinização desempenhados pelos polinizadores silvestres, o adensamento das áreas cultivadas com abelhas manejadas, mais comumente *Apis mellifera*, é uma alternativa que vem sendo utilizada com frequência pelos agricultores em diversos países, inclusive no Brasil. Estudos revelam que apenas adensar os cultivos com uma única espécie de abelha manejada não basta para prover a demanda por esse serviço, havendo necessidade de diversificar o número de espécies manejadas.

Hoje, já existem muitas evidências de que a diversificação no uso de abelhas manejadas para

a polinização dos cultivos proporciona benefícios mútuos para agricultores e criadores de abelhas. Na Bahia, por exemplo, estudos recentes mostraram que a adição de colônias de uma espécie de abelha nativa manejada, denominada *Melipona quadrifasciata* (mandaçaia), a pomares de macieira previamente adensados com *Apis mellifera*, contribuiu para o aumento de 67% na produção de sementes e de 44% na produção de frutos nessa cultura (Viana *et al.* 2014).

Para o agricultor, as abelhas proporcionam benefícios diretos, devido ao aumento da produtividade e da qualidade dos frutos e das sementes, e indiretos, pela manutenção das áreas naturais, contribuindo para a estabilidade de outros serviços ecossistêmicos, além da polinização. Para o criador de abelhas, alugar colônias para fins de polinização pode ser uma atividade bastante rentável. Nos Estados Unidos, o aluguel de uma colônia da abelha *Apis mellifera* chega a custar US\$ 200. No Brasil, o preço do aluguel de colmeias dessa espécie pode variar de R\$ 90 a R\$ 150, de acordo com a região, com as condições das colônias e com a duração da florada do cultivo.

No caso das abelhas sem ferrão, o aluguel de colônias para fins de polinização, embora recente e ainda pouco procurado pelos agricultores, é também uma prática economicamente viável e com grande potencial de crescimento, dados os avanços no desenvolvimento de técnicas para criação em massa dessas abelhas e a expansão da meliponicultura, nos últimos anos, no Brasil.

A criação das abelhas sem ferrão e seu uso na polinização agrícola inevitavelmente requerem o deslocamento das colônias em algum momento. Como abordado nos capítulos anteriores, o transporte de abelhas para fora de sua área de origem pode ocasionar consequências danosas para as populações locais desses insetos. Sendo assim, é importante que tanto o manejo e o transporte dessas abelhas sejam controlados e fiscalizados por legislações específicas quanto os setores envolvidos nessa cadeia produtiva estejam suficientemente informados e sensibilizados acerca dos problemas.

Principais entraves para a regulamentação do manejo e do transporte de colônias de abelhas nativas sem ferrão

Base legal

A legislação ambiental brasileira é constituída de uma série de leis, decretos, portarias, resoluções, instruções normativas e outros instrumentos legais que favorecem a convivência harmônica entre agricultura e polinizadores. A gestão da política da fauna nacional, incluindo as abelhas, teve início no Brasil a partir da publicação da Lei Federal nº 5.197/1967, que estabelece que a fauna silvestre é propriedade do Estado, sendo proibida sua utilização, perseguição, destruição, caça ou apanha, salvo mediante licença da autoridade competente.

Com a publicação da Lei nº 7.735/1989, coube ao Ibama a competência legal para, entre outras ações, fiscalizar e controlar os recursos

naturais. Com o advento da Lei Complementar nº 140/2011, a responsabilidade, no âmbito da gestão e da proteção ao meio ambiente, ficou dividida entre os entes federativos (União, Estados e Municípios). Dessa forma, entende-se que a conformidade legal de empreendimentos e atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos naturais pode ser licenciada e fiscalizada por quaisquer dos entes federativos, obviamente dentro da sua área territorial, visto que a competência constitucional é comum.

No âmbito federal, os principais instrumentos legais que dispõem sobre a criação, o comércio e o transporte de abelhas nativas, e que, de certa maneira, norteiam as demais regulamentações estaduais, são a Resolução Conama nº 346/2004 e a Instrução Normativa do Ibama nº 07/2015. Entretanto, sendo uma gestão compartilhada, os Estados e os Municípios têm a liberdade de regulamentar as atividades inerentes à meliponicultura, desde que não sobreponham a hierarquia dos atos normativos. Nesse contexto, alguns Estados já publicaram suas normas, enquanto outros estão com propostas de projetos de lei em tramitação, os quais ainda precisam ser aprovados e sancionados pelos seus governos (*tabela 1*).

Muitos pesquisadores e criadores de abelhas nativas questionam os instrumentos legais federais mencionados acima por não atenderem às peculiaridades e às atividades inerentes à prática da meliponicultura. A seguir, discutimos alguns pontos-chave dessa discussão, que devem ser considerados na elaboração dos

Tabela 1. Estados brasileiros que possuem instrumentos legais para o manejo e o transporte de abelhas nativas.

ESTADO	INSTRUMENTO LEGAL	NÚMERO/ANO
Amazonas	Lei Estadual	4.438/2017
Bahia	Projeto de Lei	21.619/2015
Minas Gerais	Projeto de Lei	4.943/2014
Paraná	Projeto de Lei	225/2016
Rio Grande do Sul	Instrução Normativa Sema	03/2014
	Lei Estadual	14.763/2015
Santa Catarina	Lei Municipal de Canela	3.465/2014
	Lei Estadual	16.171/2013
São Paulo	Decreto Estadual	178/2015
	Projeto de Lei	1.286/2015

instrumentos legais para controle e fiscalização do manejo e do transporte das abelhas nativas.

Insuficiência de regulamentação para o transporte de colônias de abelhas sem ferrão dentro dos limites geográficos estaduais

À luz da legislação brasileira, o transporte de abelhas nativas entre os Estados só é permitido mediante autorização do Ibama, conforme o Art. 6º da Resolução Conama nº 346/2004. Nota-se que a exigência da permissão fica restrita ao deslocamento interestadual. A regulamentação do transporte dentro dos limites geográficos estaduais fica a cargo de cada Estado e a maioria deles ainda não possui regulamento específico para as abelhas sem ferrão. Em Santa Catarina, por exemplo, é exigido o documento de Guia de Trânsito Animal (GTA) para o deslocamento de abelhas, enquanto, no Rio Grande do Sul, o trânsito de abelhas nativas é livremente permitido

em todo o seu território, sem necessidade de autorização.

O mesmo artigo mencionado veta a criação de abelhas nativas fora de sua região geográfica de ocorrência natural, exceto para fins científicos. Nota-se que a legislação proíbe a criação, no entanto a redação do artigo não deixa claro se há restrições para a migração temporária de colônias para polinização, mesmo fora da sua área de ocorrência. Essa falta de clareza pode levar a diferentes interpretações e decisões na esfera judicial e precisa de esclarecimento. Migrações temporárias teriam, potencialmente, o mesmo efeito prejudicial que a criação permanente, pois, ao longo delas, poderia haver enxameações e dispersão de machos pelas colônias transportadas.

Como vimos nos capítulos anteriores, o transporte de colônias de uma região para outra

pode causar a padronização do perfil genético das abelhas, a transmissão de doenças, o aparecimento de machos diploides ou mesmo a perda de populações de abelhas até então isoladas, que estavam adaptadas às condições climáticas e ambientais de seus habitats e que podem desaparecer com a chegada de novas populações. No âmbito socioambiental, a migração temporária de abelhas nativas para polinização, fora da área de ocorrência natural, também é um assunto bastante controverso em vista dos possíveis impactos que essa ação pode vir a causar.

Assim, se, por um lado, a polinização agrícola pode incrementar a economia em geral, por outro, pode acabar incentivando o comércio de espécies invasoras, como foi o caso de *Bombus terrestris* – espécie de abelha europeia que, fora da sua zona de ocorrência, transformou-se em ameaça à agricultura e às espécies de abelhas nativas na América do Sul. Nesse sentido, tanto o transporte para fins comerciais de colônias dentro de cada Estado quanto a migração temporária de colônias para fins de polinização devem estar previstos nas regulamentações.

Limitações na determinação das áreas de ocorrência das espécies de abelhas sem ferrão

Como discutido nos capítulos anteriores, a área de ocorrência natural das espécies de abelhas nativas sem ferrão é um ponto crucial de restrição para o manejo e o transporte desses insetos no País. A implementação de medidas de controle dos deslocamentos de colônias, temporários ou permanentes, depende do conhecimento prévio,

por parte dos responsáveis pelo controle, da distribuição geográfica natural das espécies.

A determinação das áreas de ocorrência das espécies de abelhas é, portanto, uma limitação importante no cumprimento da legislação. Apesar da existência, na literatura especializada, de informações acerca das áreas de ocorrência e dos padrões biogeográficos de muitas das espécies manejadas no Brasil, esses dados não são de fácil acesso para o meliponicultor e para os agentes públicos, responsáveis pela fiscalização e pelo cumprimento da legislação.

Contudo, mesmo com esforços dessa natureza, existem questões mais subjetivas envolvendo a delimitação das áreas de ocorrência, de forma que isso continua sendo uma limitação para que a legislação seja cumprida. Essas questões estão relacionadas com diversos fatores, entre eles as incertezas teóricas associadas à definição de “espécie”, subespécie, raça, etc. Tais conceitos não são consensualmente definidos dentro do campo da taxonomia – estudo da classificação dos seres vivos. No caso das abelhas sem ferrão, é difícil saber se os problemas acerca do transporte ocorreriam entre populações distintas do que chamamos de uma mesma espécie, mas que poderia exibir características fisiológicas e comportamentais diferentes, que não conseguimos medir. Por exemplo, as jataís do sul do País são similares às encontradas no norte? Apesar de muito similares morfológicamente, elas possuem outras adaptações que não podemos facilmente identificar, o que as torna significativamente distintas. Além disso, muitas espécies não

podem ser identificadas com facilidade, pois diferem sutilmente de outras, por exemplo, pela posição e pelo tamanho de pequenas cerdas (pelos) que cobrem seus corpos, estruturas que só um especialista consegue notar. Isso dificulta de forma prática a fiscalização e o conhecimento, para os próprios criadores, sobre o que estão criando.

Outro problema prático diz respeito ao fato de a distribuição das espécies não acompanhar as fronteiras geopolíticas dos territórios, de forma que o transporte dentro de um Estado pode ser mais prejudicial para uma população de abelhas do que cruzar uma fronteira estadual. No entanto, é necessário que haja alguma regulamentação e, no momento, o uso das fronteiras geopolíticas representa o que pode gerar o melhor dos resultados para evitar um transporte indiscriminado. É possível que os próprios Estados contribuam para sanar muitos desses entraves. No Rio Grande do Sul, por exemplo, a legislação estadual traz, na sua Instrução Normativa Sema nº 03/2014, uma relação de espécies de meliponíneos com ocorrência no Estado, o que pode ser considerado um avanço para o cumprimento da legislação. Informações relativas ao tipo de ambiente (bioma) em que a espécie é encontrada também têm utilidade para guiar o criador em relação à criação de uma espécie em sua região. Em geral, as espécies distribuem-se ao longo de um tipo de vegetação que acompanha uma determinada distribuição de um padrão climático. Contudo, além de ser difícil estabelecer a delimitação desses biomas, muitas vezes o que é aparentemente um único tipo de ambiente também possui peculiaridades

que acabam restringindo a distribuição de populações de abelhas sem ferrão, como é o caso da Amazônia.

Entraves burocráticos para a regularização da atividade de meliponicultor

Um dos problemas apontados principalmente pelos meliponicultores se refere aos entraves burocráticos relacionados à sua regularização nos órgãos competentes. De acordo com a Resolução Conama nº 346/2004 e com a Instrução Normativa Ibama nº 07/2015, para legalizar sua atividade, todo e qualquer meliponicultor, independentemente da quantidade de colmeias que possua, é obrigado a efetuar a inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP) do Ibama (<http://www.ibama.gov.br/cadastro-tecnico-federal-ctf>). Essa exigência é bastante questionada, sobretudo por aqueles criadores que vivem em áreas remotas, porque, uma vez realizado esse cadastro, o meliponicultor fica na obrigação de entregar, até o dia 31 de março de cada ano, o Relatório Anual de Atividades exercidas no ano anterior.

Para o criador de abelhas nativas que possui 50 ou mais colônias, além do CTF/APP, exige-se a autorização de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro – Sisfauna (<http://www.ibama.gov.br/sistemas/sisfauna>) – e o licenciamento ambiental da atividade no órgão ambiental vinculado à Secretaria Estadual de Meio Ambiente de cada Estado.

Toda essa burocracia gera uma taxaço, muitas vezes incompatível com a realidade dos pequenos meliponicultores. Na Bahia, por exemplo, de acordo com o Decreto Estadual nº 16.366/2015, a remuneração básica para a análise dos processos pelo órgão ambiental estadual (Inema) custa R\$ 800, para a autorização de empreendimentos utilizadores de fauna silvestre – Sisfauna –, e R\$ 1.000, para a licença ambiental, totalizando um custo de R\$ 1.800 dos atos administrativos e autorizadores para a regularização do meliponário.

Outra dificuldade apontada pelos meliponicultores consiste no cadastro do empreendimento no Sisfauna. Criado por meio da Instrução Normativa do Ibama nº 169/2008, o Sisfauna é um sistema eletrônico de gestão e controle dos empreendimentos e das atividades relacionadas ao uso e ao manejo da fauna silvestre em cativeiro em território nacional. Em outras palavras, todo aquele que cria, reproduz, comercializa, mantém, abate, expõe e pesquisa animais da fauna silvestre é obrigado a ter o registro no Sisfauna, que autoriza o manejo. Até 2011, essa análise de solicitações e emissão de autorizações de empreendimentos de fauna silvestre era atribuição exclusiva do Ibama. Contudo, a partir da publicação da Lei Complementar nº 140/2011, tal atribuição foi repassada para os Estados. Assim sendo, as solicitações para novos empreendimentos dessa natureza devem ser feitas diretamente ao órgão ambiental estadual. Acontece que o sistema eletrônico exige informações inerentes aos espécimes criados, tais como forma de aquisição, data de nascimento, transferência,

venda e óbito, entre outras, não adequadas às abelhas sociais que vivem em colônias, pois estas possuem milhares de indivíduos, impossibilitando controlar data de nascimento, óbito, etc.

Esses entraves burocráticos relacionados à regularização da meliponicultura, aliados à falta de incentivo do poder público, levam o meliponicultor a continuar realizando clandestinamente sua atividade, o que gera riscos não só para a conservação das espécies de abelhas nativas, como também para toda a cadeia produtiva.

Recomendações para regulamentações estaduais do manejo e do transporte de colônias de abelhas nativas sem ferrão

As legislações estaduais e federais vigentes não estão suprimindo as necessidades de regulamentação da meliponicultura. Nesse sentido, é importante que essas leis sejam revistas e que se desenvolvam mecanismos de controle e fiscalização para atender às especificidades dessa atividade. A seguir, apresentamos algumas recomendações que podem orientar tais revisões e subsidiar a elaboração de instrumentos legais nos Estados que ainda não regulamentaram tal prática.

Cadastro dos criadores

É interessante que cada Estado tenha um diagnóstico da criação de abelhas nativas no

seu território, principalmente o conhecimento do quantitativo de meliponários e das espécies que estão sendo manejadas. Esses dados são importantes porque podem contribuir para o mapeamento das áreas de ocorrência das espécies locais, bem como para identificar meliponários aptos a receber colmeias de áreas próximas que sejam alvo de processo de supressão da vegetação.

Dessa forma, independentemente da autorização de manejo e/ou licenciamento ambiental, prevista na Resolução Conama nº 346/2004, para aqueles criadores com mais de 49 colônias, a proposta é que todos os meliponários realizem o cadastro no órgão estadual competente. Esse cadastramento poderá ser on-line, feito de forma simplificada e gratuita, contendo informações básicas como dados de identificação do meliponicultor (RG e CPF ou CNPJ), bem como localização e descrição simplificada do meliponário, com o número de colônias por espécie.

Manejo

O desenvolvimento de técnicas para a marcação de colônias é crucial na efetivação do controle, do monitoramento e da fiscalização do manejo. Dessa maneira, as caixas das colônias devem ser marcadas com uma placa de identificação com informações referentes a número do registro no órgão competente, local de origem e espécie manejada.

Transporte

No tocante ao transporte, além de ser necessária a exigência de um documento de controle, a exemplo da Guia de Transporte Animal (GTA), é também fundamental normatizar o deslocamento temporário para fins de polinização de cultivos agrícolas e produção de mel migratória, assim como a regulamentação do transporte dentro de cada território estadual. Uma das questões mais desafiadoras em tal contexto, como mencionado anteriormente, refere-se à determinação das áreas de ocorrência natural das espécies de abelhas sem ferrão. Nesse sentido, é essencial a articulação entre o poder público e as instituições de pesquisa para compilar e disponibilizar as informações existentes, tornando-as públicas em listas e mapas de distribuição geográfica das ocorrências naturais das principais espécies brasileiras manejadas nas regulamentações estaduais, a exemplo do Rio Grande do Sul. Uma das ferramentas já existentes, e que pode ser de grande ajuda nesse processo, é o Catálogo Moure (<http://moure.cria.org.br/>), que traz todas as informações publicadas sobre as espécies de abelhas presentes na região neotropical já organizadas em relação à sua distribuição geográfica

Sugestões de políticas públicas para engajamento e articulação dos segmentos da sociedade envolvidos na atividade

Sabemos que o manejo das abelhas sem ferrão é uma atividade economicamente viável, que promove benefícios mútuos para agricultores

e meliponicultores e que contribui para a conservação da biodiversidade. Entretanto, a existência de instrumentos legais, bem como de mecanismos eficientes de controle e fiscalização, embora necessária, não é suficiente para garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da meliponicultura nem do seu uso na agricultura. Sendo assim, tornam-se imprescindíveis a formulação e a implementação de políticas públicas que fomentem a atividade e que, ao mesmo tempo, estimulem o engajamento e a sensibilização de todos os segmentos da sociedade envolvidos nessa cadeia produtiva, em prol da conservação das abelhas e do serviço de polinização prestado por elas.

O processo de formulação de políticas públicas requer a definição clara dos problemas e das linhas de ação a serem adotadas para resolvê-los, dos programas a serem desenvolvidos e das metas a serem alcançadas. Assim, nesse processo é fundamental reunir os diferentes segmentos envolvidos no contexto no qual a política será implantada (criadores, agricultores, pesquisadores e agentes públicos) e pedir-lhes que sugiram a melhor forma de proceder. Isso gera uma série de opiniões que podem servir como base para apontar o caminho desejado pelos segmentos, auxiliando a escolha da proposta e contribuindo para legitimá-la. Portanto, é importante que cada segmento esteja ciente do seu papel dentro desse contexto e que as ações estejam devidamente articuladas.

Visando facilitar a formulação de políticas públicas para manejo e transporte de abelhas na agricultura, que permitam assegurar a

sustentabilidade socioambiental dessa atividade, apresentamos uma proposta que sistematiza e elucida as relações entre os segmentos – poder público, meliponicultores, agricultores, cientistas e agentes públicos (*figura 1*) – e esclarece os papéis desempenhados por cada um deles, bem como as principais limitações enfrentadas para o pleno desempenho de suas funções e possíveis ações para contornar as limitações descritas (*tabela 2*).

Os principais problemas identificados no manejo e no transporte de abelhas sem ferrão para fins de polinização agrícola incluem os seguintes fatos: a legislação vigente não atende às especificidades da atividade; o controle e a fiscalização da atividade apresentam uma série de limitações; existem lacunas no conhecimento científico para subsidiar a aplicação e a elaboração de instrumentos legais; o processo de registro do meliponicultor é burocrático; e os meliponicultores e agricultores não estão suficientemente informados acerca dos riscos inerentes ao deslocamento de colônias para as populações dos polinizadores silvestres (*tabela 2*).

Assim, consideramos que as políticas públicas devem, em linhas gerais, contemplar linhas de ação que visem a: a) capacitar os agentes públicos, responsáveis pela formulação de instrumentos legais, pelo controle e pela fiscalização; b) promover campanhas educativas sistemáticas e coordenadas para informar, sensibilizar e aumentar a consciência dos meliponicultores quanto aos problemas que o transporte permanente e/ou temporário de abelhas pode causar às populações de polinizadores silvestres;

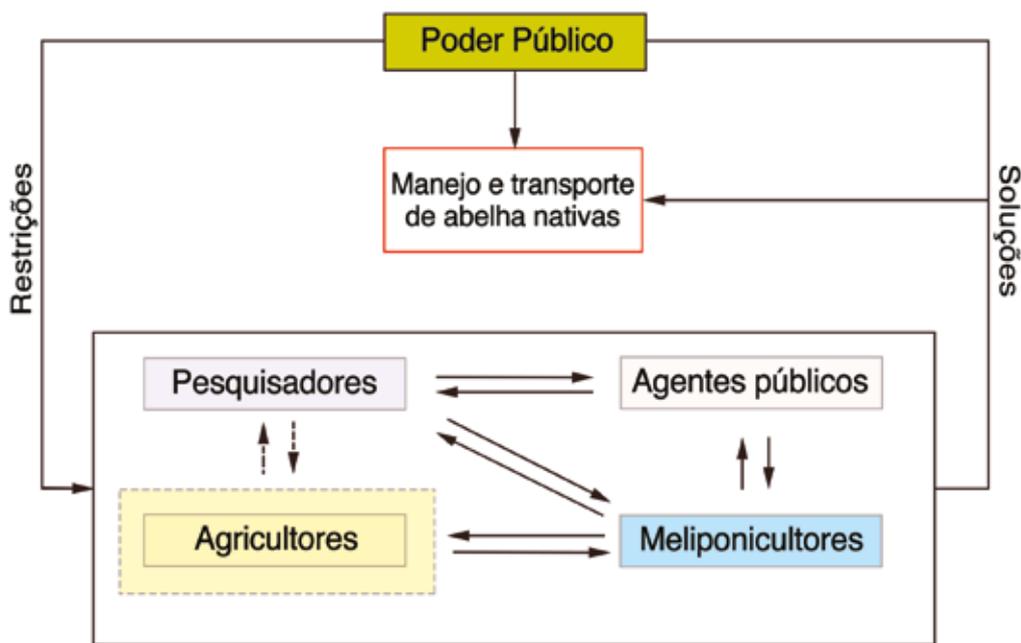


Figura 1. Representação gráfica das relações entre os segmentos envolvidos com o manejo e o transporte de abelhas sem ferrão na agricultura, para fins de polinização. As setas cheias indicam interações diretas entre os segmentos e as setas pontilhadas, interações indiretas. O poder público é responsável por impor restrições, mas também por viabilizar as soluções. O engajamento entre os principais segmentos envolvidos na atividade (pesquisadores, agentes públicos, agricultores e meliponicultores) é imprescindível para a proposição de soluções e para sua efetivação. Esquema inspirado em Rocha (2015).

c) engajar meliponicultores em projetos de pesquisa colaborativos – ciência cidadã – voltados para o monitoramento da diversidade de abelhas silvestres e para o mapeamento das suas áreas de ocorrência e levantamentos da sanidade das colônias; d) desenvolver mecanismos que facilitem o uso do conhecimento científico na formulação de políticas e na tomada de decisão, tendo em vista que esse conhecimento é necessário para subsidiar a revisão e a elaboração dos instrumentos legais que regulamentam a atividade de meliponicultura (*tabela 2*).

Mais especificamente, algumas ações merecem destaque, como o desenvolvimento de capacidades. Nesse sentido, devem ser fomentados treinamentos específicos para os

agentes públicos, responsáveis pelo controle e pela fiscalização dos meliponários, e cursos de capacitação para os meliponicultores. Dentro dessa mesma ação, é também necessária a produção de publicações, como guias de campo para identificação das principais espécies de abelhas nativas e manejadas e suas áreas de ocorrência, e cartilhas com orientações sobre manejo e transporte das abelhas sem ferrão para polinização (*tabela 2*).

Da mesma forma, é preciso aprimorar ou criar mecanismos de controle que auxiliem a fiscalização. Uma dessas medidas consiste na marcação das caixas utilizadas na criação das abelhas. A ideia é que cada colônia seja identificada com informações que contemplem

o nome do meliponicultor, a espécie e o número da colônia manejada. Esses dados devem estar associados à Guia de Transporte e devem ficar à disposição da fiscalização (*tabela 2*).

A adoção de medidas para facilitar o registro ou o cadastro do criador de abelhas nos órgãos competentes, a fim de garantir o comprometimento desses atores com a conservação das abelhas silvestres e o cumprimento da legislação, é outra ação necessária. O sistema de registro/cadastro dos criadores de abelhas nativas, bem como o licenciamento da meliponicultura, deve ser simplificado, o que traria benefícios mútuos para o criador e para o agricultor, já que a polinização configura um serviço ecossistêmico crítico para a agricultura e o uso de espécies manejadas é necessário para viabilizar tal serviço. Nesse sentido, a isenção das taxas de regularização dessa atividade nos órgãos competentes para os considerados pequenos produtores rurais – com menos de 100 colônias, por exemplo – seria um incentivo a mais para o meliponicultor, contribuindo para que ele saia da clandestinidade e para que seus produtos sejam legalmente comercializados (*tabela 2*).

Além da popularização e da divulgação do conhecimento científico, convém ainda fomentar a produção desse conhecimento, visando o preenchimento de lacunas, que limitam o desenvolvimento da meliponicultura e a resolução dos problemas apontados. Para tanto, parcerias entre o poder público, instituições de pesquisa e o setor produtivo devem ser incentivadas.

Finalmente, essa proposta não se esgota em si mesma, mas constitui apenas uma sugestão para a formulação das políticas públicas estaduais, pois, como mencionamos anteriormente, é fundamental que esse processo conte com a participação de cada segmento envolvido no contexto no qual a política será implantada, emitindo suas opiniões e servindo de base para apontar os caminhos desejados pelos segmentos, de modo a auxiliar a escolha das propostas e contribuir para sua legitimidade e efetividade na implementação das ações.

Tabela 2. Papel desempenhado pelos segmentos envolvidos no manejo e no transporte das abelhas nativas, restrições para atuação e ações sugeridas.

Segmento	Papel desempenhado	Restrições/limitações	Ações sugeridas
Poder público	Fornecer o licenciamento ambiental da atividade de meliponicultura	Não existe uma terminologia específica para a meliponicultura e a atual categoria que contempla essa atividade é inadequada	Criar a terminologia meliponicultura, com unidade de medida, porte do empreendimento e potencial poluidor, adequados para essa atividade
		O processo é burocrático: a documentação exigida atualmente para licenciar a atividade de meliponicultura é extensa e o processo, moroso	Facilitar o licenciamento da atividade de meliponicultura
		As taxas são inapropriadas para a realidade dos pequenos produtores rurais e meliponicultores	Isentar de taxas os pequenos meliponicultores (abaixo de 100 colônias)
	Regulamentar e controlar o manejo e o transporte de abelhas nativas no Estado	Não há uma regulamentação específica para o manejo e o transporte de abelhas nativas	Elaborar e publicar a regulamentação da atividade de meliponicultura
		Não há mecanismos de controle do transporte de abelhas nativas	Criar um sistema de controle e documentação de transporte (GTA)
		Não há mecanismos de controle das colônias	Criar um sistema de controle de colônias (marcação das caixas)
	Registrar a atividade	O sistema atual (Sisfauna) não é preparado para o cadastro de abelhas	Ajustar o Sisfauna para o registro adequado das abelhas nativas silvestres
		Não há políticas públicas de educação ambiental para sensibilizar os meliponicultores sobre os benefícios do registro	Promover campanhas para a sensibilização dos meliponicultores sobre a importância do registro
	Tornar públicas as listas das espécies e suas áreas geográficas de ocorrência natural	Não há instrumento legal que reconheça as espécies de abelhas nativas de cada Estado, bem como suas áreas de ocorrência natural	Realizar parceria com as instituições de pesquisa para conhecer e tornar públicas, por meio de um instrumento legal, as espécies nativas nos Estados e suas áreas geográficas de ocorrência natural
	Contratar e capacitar os agentes fiscalizadores	Os fiscais são despreparados para lidar com as especificidades da atividade e não há número suficiente de recursos humanos para a fiscalização	Aumentar o quadro de agentes públicos, bem como capacitá-los para uma fiscalização mais efetiva

Segmento	Papel desempenhado	Restrições/limitações	Ações sugeridas
	Promover articulação entre os formuladores de políticas e tomadores de decisão e a comunidade científica	As ações que promovem essa articulação são insuficientes	Fazer parcerias com universidades e outras instituições de pesquisa para criar mecanismos que permitam o uso do conhecimento científico na formulação de políticas e na tomada de decisão
	Promover articulação entre os formuladores de políticas e tomadores de decisão e os meliponicultores	Há insuficiência de ações que promovam essa articulação	Realizar ações que estimulem e facilitem o diálogo entre o poder público e os meliponicultores, com ênfase no manejo ou na comercialização das abelhas sem ferrão
Agentes públicos	Fiscalizar o manejo e o transporte de abelhas nativas	Não há fiscalização dos meliponários nem do transporte de abelhas nativas	Realizar operações de fiscalização nos meliponários e em barreiras rodoviárias
		Há número insuficiente de recursos humanos	Ampliar o contingente de agentes públicos
		O quadro atual de recursos humanos não está devidamente capacitado para lidar com as especificidades da atividade	Capacitar os agentes para identificação e distribuição das principais espécies de abelhas nativas manejadas
	Aplicar as sanções administrativas previstas nas leis	Há poucas penalidades ou quase não são aplicadas aos infratores	Aplicar com mais rigor as sanções administrativas previstas em leis para os infratores
Meliponicultores	Fazer o registro da sua atividade no órgão ambiental competente	Um número reduzido de meliponicultores está registrado nos órgãos ambientais competentes	Regularizar a atividade no órgão ambiental competente
	Realizar o manejo adequado das abelhas nativas	Há desinformação sobre o manejo adequado e sobre os riscos associados ao transporte de colônias de abelhas sem ferrão para fora de suas áreas de ocorrência natural	Participar de cursos de capacitação sobre manejo e transporte de abelhas sem ferrão
	Adquirir colônias de forma legal	Parte ainda adquire colônias através de meleiros, que extraem as colmeias diretamente da natureza	Somente adquirir colônias por meio de multiplicação artificial e captura por meio de ninho-isca ou, ainda, aquelas provenientes de criadouros autorizados
	Criar e/ou transportar espécies de abelhas sem ferrão dentro das suas áreas de ocorrência natural	Adquirem e multiplicam colônias de espécies não nativas	Somente adquirir colônias de espécies da área natural de ocorrência

Segmento	Papel desempenhado	Restrições/limitações	Ações sugeridas
	Evitar deslocar as abelhas para fora de suas áreas de ocorrência natural	São práticas comuns o aluguel e a venda de colônias para fora das áreas de ocorrência natural das espécies	Vender, alugar e/ou transportar colônias de abelhas sem ferrão apenas nas áreas de ocorrência das espécies
Pesquisadores	Compilar as informações existentes sobre distribuição geográfica das abelhas nativas sem ferrão e elaborar um mapa das áreas de ocorrência das principais espécies de abelhas sem ferrão manejadas do Brasil	As informações existentes sobre a distribuição das espécies são fragmentadas em artigos científicos, dissertações e teses	Fomentar a realização desses trabalhos por meio de parceria das instituições de pesquisa com o poder público
	Realizar estudos sobre técnicas de manejo de abelhas nativas sem ferrão para uso na agricultura	Há necessidade de aprimorar o conhecimento sobre as formas adequadas de manejo das abelhas nativas sem ferrão para uso na agricultura, para fins de polinização	Elaborar e submeter projetos sobre esses temas às agências de fomento à pesquisa
	Realizar estudos de taxonomia e biogeografia em abelhas sem ferrão	Há lacunas no conhecimento taxonômico das espécies e suas áreas de ocorrência	Elaborar e submeter projetos sobre esses temas às agências de fomento à pesquisa
	Fazer monitoramento de longo prazo da diversidade de abelhas e suas áreas de ocorrência	Existem lacunas no conhecimento acerca da diversidade e de áreas de ocorrência de muitas espécies de abelhas nativas	Estabelecer parceria com os meliponicultores para a criação de projetos de ciência cidadã que visem o monitoramento de longo prazo
	Capacitar agentes públicos e meliponicultores	São insuficientes os programas contínuos de capacitação desses segmentos	Ofertar cursos de extensão para tais segmentos
	Desenvolver mecanismos inovadores e de fácil utilização para identificação (marcação) e controle de colônias	Não há ferramentas de identificação/numeração das colônias, entre outros mecanismos que permitam seu rastreamento	Estabelecer parceria com os agentes públicos para o desenvolvimento de ferramentas que facilitem o controle e o transporte de colônias de abelhas sem ferrão

Segmento	Papel desempenhado	Restrições/limitações	Ações sugeridas
Agricultores	Alugar colônias de abelhas sem ferrão apenas nas áreas de ocorrência das espécies	Há desinformação por parte do agricultor	Criar mecanismos que facilitem o acesso do agricultor às informações sobre a origem das abelhas que está alugando
	Não utilizar agrotóxicos durante o período em que as colônias estão nos cultivos	Há falta de comunicação entre agricultores e meliponicultores	Ficar atento ao calendário da floração e manter diálogo com os meliponicultores

Referências bibliográficas

BAHIA. Decreto Estadual 16.963, de 18 de agosto de 2016. Altera o Regulamento da Lei nº 10.431/2006, aprovado pelo Decreto nº 12.024/2012.

BRASIL, Resolução Conama nº 364, de 17 de agosto de 2004 – Disciplina a utilização das abelhas silvestres nativas, bem como a implantação de meliponários. Publicação DOU nº 158, de 17/08/2004.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal. Disponível em www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp140.htm

BRASIL. Portaria MMA nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Publicada no DOU no 245, de 18 de dezembro de 2014, Seção 1, página 121. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção.

BRASIL. Lei 5.197, de 03 de janeiro de 1967. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências.

BRASIL. Lei 7.735, de 22 de fevereiro de 1989. Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências.

IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo, (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages.

Rocha, E. G. (2015). Scientists, environmental managers and science journalists: a hierarchical model to enhance the environmental decision-making process. Monografia de Bacharelado apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia. 34 páginas







Reunimos no presente livro alguns dos pesquisadores que estudam as abelhas no Brasil para revisar os temas que afetam a vida das abelhas e dos criadores. Esperamos contribuir para as tomadas de decisão, tanto por parte das instituições envolvidas quanto por parte dos criadores de abelhas e agricultores. Conforme mostramos ao longo dos capítulos, as decisões tomadas diariamente por cada pessoa envolvida nesse assunto podem ter consequências negativas ou positivas significativas na conservação das abelhas. Portanto, estamos em um momento muito oportuno para abordar esses temas porque diversas regulamentações vêm sendo revisadas ou construídas, juntamente com o fato de a atividade de criação de abelhas estar sendo muito difundida no País. Nosso objetivo é contribuir para embasar as discussões sobre a relação entre a agricultura, a criação de abelhas e a conservação ambiental.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-69982-03-6



9 788569 982036