

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Lucas Ribeiro da Rocha

**Potencialidades e desafios para adoção da polinização
dirigida em cultivos agrícolas no Brasil**

Dracena

2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Lucas Ribeiro da Rocha

***Potencialidades e desafios para adoção da polinização
dirigida em cultivos agrícolas no Brasil***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus
de Dracena como parte das exigências
para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Nicodemo.

Dracena
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Potencialidades e desafios para adoção da polinização dirigida em cultivos agrícolas no Brasil

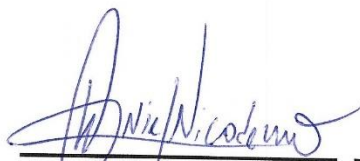
Modalidade: Trabalho de revisão bibliográfica com análise crítica.


Autor: Lucas Ribeiro da Rocha

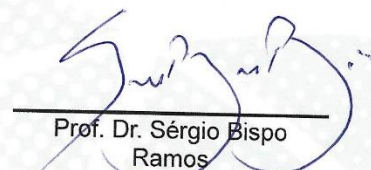
Orientador (a): Prof. Dr. Daniel Nicodemo

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 28/11/2022


Prof. Dr. Daniel Nicodemo


Prof. Dr. Etiénne Groot


Prof. Dr. Sérgio Bispo
Ramos

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que me educaram e me possibilitaram mais essa conquista, exemplos de vida fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

RESUMO

Nas últimas décadas, a agricultura tem passado por uma intensa revolução tecnológica visando o aumento na produtividade das culturas. Os avanços abrangem várias áreas, tais como: melhoramento genético com obtenção de novos híbridos resistentes às pragas e às condições climáticas adversas, melhores conhecimentos sobre adubação, irrigação e produção de máquinas e implementos de melhor desempenho. Porém, um dos fatores determinantes na produção de muitas culturas agrícolas é a polinização, principalmente quando a planta apresenta um nível moderado ou maior de dependência em relação aos agentes polinizadores bióticos para a produção de frutos e sementes. No Brasil, embora tenham sido observados ganhos expressivos de produtividade em várias culturas agrícolas, pouca atenção tem sido dada para as demandas de polinização destas culturas. Dessa forma, é possível considerar que as safras podem ser maximizadas se eventuais déficits de polinização forem compensados com a introdução do serviço de polinização dirigida durante a floração destas culturas vegetais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a adoção da prática de polinização dirigida no Brasil, principalmente com abelhas melíferas, visando identificar os desafios que têm dificultado maior utilização desta ferramenta tecnológica e explicitar quais podem ser os ganhos econômicos caso tal tecnologia seja devidamente aplicada no campo. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica para destacar o nível de dependência das culturas agrícolas brasileiras e inferir sobre o uso dirigido de abelhas para a polinização destas culturas. Foram realizadas entrevistas com pesquisadores, apicultores e empresários da área de polinização que auxiliaram na identificação das potencialidades e dos desafios da polinização dirigida no Brasil. Os entrevistados apontaram alguns dos motivos das dificuldades de expansão no mercado que a polinização dirigida enfrenta, com destaque para a falta de mecanização, o baixo valor cobrado no aluguel das colmeias, as técnicas de manejo desatualizadas, entre outros. Evidenciaram-no que diz respeito às potencialidades e os benefícios da polinização dirigida com abelhas no Brasil, destaca-se o aumento de qualidade e produtividade para várias culturas agrícolas, tanto para as culturas mais dependentes, quanto para aquelas que são menos dependentes dos insetos para produção vegetal.

Palavras-chave: Abelhas. Aumento da produtividade da colheita. Revolução tecnológica.

ABSTRACT

In recent decades, agriculture has undergone an intense technological revolution aimed at increasing crop productivity. The advances cover several areas, such as: genetic improvement with new hybrids resistant to pests and adverse weather conditions, better knowledge about fertilization, irrigation, and production of machines and implements with better performance. However, one of the determining factors in the production of many agricultural crops is pollination, especially when the plant presents a moderate or higher level of dependence on biotic pollinating agents for the production of fruits and seeds. In Brazil, although significant productivity gains have been observed in several agricultural crops, little attention has been paid to the pollination demands of these crops. Thus, it is possible to consider that harvests can be maximized if eventual pollination deficits are compensated with the introduction of directed pollination service during flowering of these vegetable crops. The objective of this work was to evaluate the adoption of directed pollination in Brazil, mainly with honey bees, aiming to identify the challenges that have hindered greater use of this technological tool and to explain what the economic gains could be if such technology is properly applied in the field. A literature search was conducted to highlight the level of dependence on Brazilian agricultural crops and to infer about the directed use of bees for pollination of these crops. Interviews with researchers, beekeepers, and pollination entrepreneurs were conducted to help identify the potentials and challenges of directed pollination in Brazil. The interviewees pointed out some of the reasons for the difficulties of expansion in the market that directed pollination faces, highlighting the lack of mechanization, the low value charged in the rent of the hives, outdated management techniques, among others. In what concerns the potentialities and benefits of directed pollination with bees in Brazil, the increase of quality and productivity for several agricultural crops stands out, both for the more dependent crops and for those that are less dependent on insects for plant production.

Keywords: Bees. Increased crop productivity. Technological revolution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura sexual das plantas.....	2
Figura 2 - Ilustração do Carpelo e dos Estames	2
Figura 3 - Etapas da formação do fruto.....	4
Figura 4 - Abelha <i>Apis mellifera</i> visitando a flor do melão.....	7
Figura 5 - Diferença entre frutos oriundos de flores efetivamente polinizadas por abelhas (A) e frutos obtidos por flores não polinizadas (B)	8
Figura 6 - Participação no valor total do serviço de polinização por nível de dependência das culturas a polinização.....	14
Figura 7 - Transporte de colmeias de abelhas de <i>Apis mellifera</i> de forma mecanizada nos Estados Unidos	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista das 20 espécies mais comuns de polinizadores que visitam as flores nas culturas agrícolas no Brasil.....	6
Tabela 2 – Benefícios da polinização natural ou assistida para as principais culturas.....	9
Tabela 3 - Benefícios adicionais da polinização para culturas cultivadas no Brasil	10
Tabela 4 - Nível de dependência de polinizadores das culturas Brasileiras e o valor econômico do serviço de polinização	12
Tabela 5 - Valores totais de produção anual e do serviço de polinização para as quatro classes de dependência.....	13

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO.....	1
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1 Biologia Floral	2
3.2 Tipos de Polinização.....	3
3.2.1 Polinização Abiótica	4
3.2.2 Polinização Biótica	5
3.3 Abelhas como agentes polinizadores	5
4 MATERIAL E MÉTODOS	8
5 DESENVOLVIMENTO	8
5.1 As potencialidades da polinização em culturas agrícolas	8
5.2 Níveis de dependência das culturas agrícolas à polinização e o valor do serviço de polinização	11
5.3 O declínio dos polinizadores.....	14
5.3.1 Os impactos decorrentes do declínio dos polinizadores	14
5.3.2 O uso de produtos fitossanitários.....	15
5.3.3 Consequências do desmatamento para as abelhas	16
5.3.4 Doenças nas abelhas.....	16
5.3.5 Colony Collapse Disorder (CCD).....	17
5.4 Polinização agrícola no Brasil.....	18
5.4.1 Panorama geral.....	18
5.4.2 A maçã	18
5.4.3 O melão.....	19
5.4.4 Outras culturas de importância econômica	20

5.5 Entrevistas realizadas com apicultores, pesquisadores e empresas do setor de polinização.....	22
5.5.1 Empresa de polinização.....	22
5.5.2 Entrevista com pesquisador.....	22
5.5.3 Relatos de apicultores.....	23
5.6 Polinização dirigida nos EUA.....	24
5.7 Os gargalos na adoção da polinização dirigida no Brasil.....	25
5.7.1 A falta de mecanização na apicultura.....	25
5.7.2 A desvalorização do serviço de polinização dirigida.....	26
5.7.3 A falta de regulamentação do serviço de aluguel de colmeias.....	26
5.7.4 A vulnerabilidade das abelhas aos agrotóxicos.....	27
5.7.5 O Manejo.....	27
5.7.6 A falta de reconhecimento da importância desse serviço.....	27
6 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A polinização é um serviço de extrema importância para a manutenção da vida no planeta. As espécies de árvores tropicais dependem em 90% de polinizadores (BAWA, 1990) e muitas espécies agrícolas podem ser beneficiadas pela polinização entomológica, com a produção de frutos e sementes em maior quantidade e qualidade (RICKETTS *et al.* 2008).

Muitas espécies de insetos atuam como polinizadores de determinadas plantas, mas as abelhas, são os principais polinizadores em ambientes naturais e agrícolas (KLEIN *et al.* 2007). A polinização entomológica pode potencializar a produtividade agrícola se eventuais déficits de polinização natural forem compensados pela introdução de colônias de abelhas *Apis mellifera*. O manejo das abelhas *Apis mellifera* em ambientes agrícolas já é utilizado em muitas culturas (JAFFÉ *et al.* 2016). Essa espécie é frequentemente preferida pelos agricultores, pois possui muitos indivíduos por colônias, os quais percorrem longas distâncias, possibilitando a polinização de grandes áreas e de uma grande quantidade de plantas (KLEIN *et al.* 2007).

No Brasil, até pouco tempo atrás, a polinização dirigida era desconsiderada na agricultura e vista como algo de pouca relevância, exceto em culturas essencialmente dependentes. Mudanças estão acontecendo e a polinização dirigida está expandindo para culturas de menor dependência por polinizadores, pois há um crescente número de pesquisas que mostram que a introdução de colônias em certas culturas agrícolas pode acrescentar significativamente a quantidade e qualidade dos frutos (FREITAS; SILVA, 2015).

2 OBJETIVO

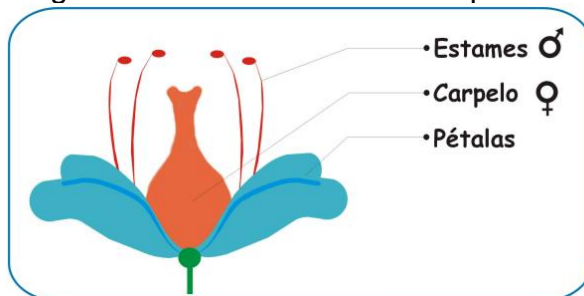
Esse trabalho teve como objetivo avaliar a adoção da prática da polinização dirigida no Brasil, principalmente com as abelhas da espécie *Apis mellifera*, visando identificar quais são os maiores desafios que dificultam a utilização dessa ferramenta tecnológica e os potenciais ganhos econômicos que essa tecnologia pode proporcionar ao campo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Biologia Floral

Algumas plantas possuem pétalas, que são folhas modificadas, com cores chamativas que têm como função a atração de polinizadores. Entre as pétalas das flores são encontradas as estruturas sexuais: o carpelo, parte feminina, onde se localiza o ovário e os óvulos; e, os estames, parte masculina com as respectivas anteras, responsáveis pela produção dos grãos de pólen (Figura 1) (PÍFANO, 2008).

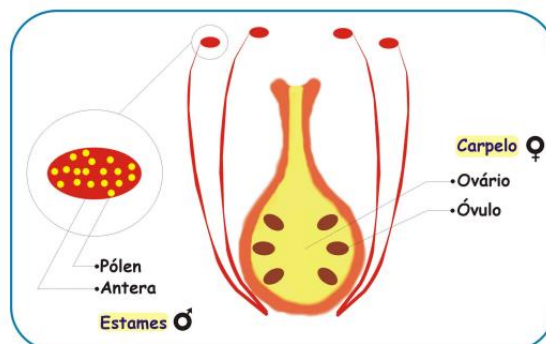
Figura 1 - Estrutura sexual das plantas.



Fonte: Joaquim Pífano

A polinização acontece quando os grãos de pólen presentes nos estames se depositam no estigma e são transferidos para o carpelo (Figura 2), onde ficam retidos e sobre o qual germinam (RAVEN, 2001). Na base dos ovários existem estruturas que proporcionam o néctar às abelhas e outros polinizadores. Quando estas entram nesse local, acabam coletando grãos de pólen que ficam presos nos pelos, e conseqüentemente são transferidos para o estigma desta e de outras flores (PÍFANO, 2008).

Figura 2 - Ilustração do Carpelo e dos Estames



Fonte: Joaquim Pífano

3.2 Tipos de Polinização

O grão de pólen ao ser recebido pelo estigma de uma flor pode ocorrer autopolinização e polinização cruzada (SOARES, 1993). A autopolinização, acontece quando há a passagem do pólen da antera para o estigma da mesma flor. Este processo é reconhecido e, dependendo da espécie, pode ou não ser aceito pela planta. Este tipo de polinização é dividido em dois grupos, autogamia e geitogamia. Na autogamia, os grãos de pólen dos estames de uma flor atingem o carpelo da mesma flor. É a forma predominantemente observada na autopolinização. Na geitogamia o grão de pólen é transferido na mesma planta de uma flor para outra; este processo é comumente observado em espécies polinizadas pelo ar e por polinizadores que frequentam várias flores da mesma planta. Apesar da geitogamia se assemelhar a uma polinização cruzada, ela é geneticamente igual a autogamia, visto que os grãos de pólen vêm da mesma planta (SOARES, 1993).

Várias são as desvantagens da autopolinização, destacando-se a impossibilidade de produzir novas variedades; os descendentes mostram menor vigor; a capacidade de resistir às doenças é diminuída, entre outros fatores. Uma vantagem é que elas têm a capacidade de crescer em lugares que estão ausentes de organismos polinizadores (PÍFANO, 2008).

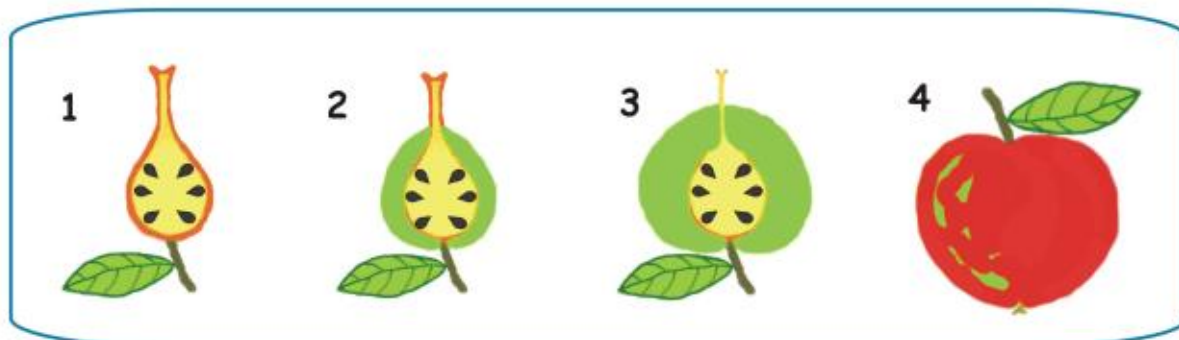
A polinização cruzada ocorre quando o grão de pólen de uma planta fecunda uma flor da mesma espécie, mas em outro indivíduo. Nesse processo o grão de pólen é reconhecido e aceito pela planta. Quando o pólen que cai na antera é proveniente de uma flor de outra espécie, o grão de pólen não é reconhecido, rejeitado e não chega a germinar (RAVEN *et al.* 2001).

O grão de pólen, ao ser recepcionado pelo estigma, gera um tubo polínico que é responsável pelo transporte de dois núcleos até um dos óvulos, um núcleo dá origem ao embrião e o outro ao endosperma, que é a reserva nutricional da semente. A semente é a combinação do embrião com o endosperma. O endosperma é responsável pela sobrevivência da semente durante o período de germinação, isso é, antes do surgimento das primeiras folhas fotossintéticas (SOARES, 1993).

Logo após as sementes serem formadas, as plantas começam um processo de construção de uma nova estrutura responsável pela dispersão de sementes, o fruto (Figura 3). O fruto é o resultado do acúmulo de nutrientes em

grandes quantidades, principalmente de açúcar, que se aloca nas paredes do ovário que ficam bastante intumescidas ao fim do processo (PÍFANO, 2008).

Figura 3 - Etapas da formação do fruto



Fonte: Joaquim Pífano

3.2.1 Polinização Abiótica

Para a realização do processo de polinização cruzada, é necessário o auxílio de agentes bióticos e abióticos. A polinização abiótica é feita sem a intervenção de organismos vivos. Os agentes abióticos incluem o vento e a água, e estas plantas são categorizadas como hidrófilas ou anemófilas (FAEGRI; PIJL, 1979).

A planta hidrófila tem sua polinização feita pela água e acontece em plantas aquáticas, comum em regiões alagadas. Os grãos de pólen desse tipo de planta são mais pegajosos e flexíveis, para poderem se fixar na flor (RECH *et al.* 2014).

A planta anemófila tem a sua polinização realizada pelo vento. Essas plantas costumam possuir muito pólen, visto que o transporte desse agente não é guiado diretamente para as flores. As flores dessas plantas não costumam possuir atrativos, como: cheiros e pétalas com coloração forte. Nas gimnospermas, para proporcionar maior eficiência no voo, os pólenes dessas plantas apresentam saco aeríferos, que diminuem sua densidade. Embora seja uma polinização comum, a anemófila é pouco eficiente, pois ocorre uma grande perda de pólen (FAEGRI; PIJL, 1979).

3.2.2 Polinização Biótica

A polinização biótica é realizada com ajuda de animais, como insetos, aves e mamíferos. As plantas dependentes da polinização biótica podem ser chamadas de ornitófilas, quiropterófilas e entomófilas (RECH *et al.* 2014). Estes agentes visitam as flores com o objetivo de obter alguma recompensa, como néctar ou pólen, e conseqüentemente polinizam a planta. Essa recompensa faz com que os polinizadores retornem a planta, e assim promovam eficiência em sua produção. Para conseguir atrair os polinizadores, as flores dessas plantas podem possuir cores e odores atrativos (FAEGRI; PIJL, 1979).

A planta ornitófila tem sua polinização feita por aves. Esse grupo é característico por possuir um néctar ralo e em grande quantidade. Como as aves não possuem um olfato muito desenvolvido, as flores desse grupo possuem pouco odor (RECH *et al.* 2014).

A planta quiropterófila tem a sua polinização feita por morcegos. Os morcegos tem preferência por plantas com bastante néctar. A cor dessas plantas é pouco atraentes e muitas vezes abre só à noite. Diferente das ornitófilas, as flores dessas plantas possuem um cheiro forte (FAEGRI; PIJL, 1979).

A planta entomófila é a que mais se destaca pela abundância e diversidade, tendo sua polinização feita por insetos, que procuram néctar em suas flores que possuem cores e odores atrativos, vários são os insetos que realizam sua polinização como abelhas, besouros, borboletas, moscas, vespas, entre outros (RECH *et al.* 2014).

Na falta de agentes polinizadores, uma solução é a polinização artificial antrópica, que a polinização realizada por humanos, muito comum na cultura do maracujá onde os insetos não conseguem realizar a polinização. A polinização antrópica pode ser feita com o auxílio de bastonetes ou de um pincel. Porém, essa técnica apresenta um custo muito elevado para sua realização.

3.3 Abelhas como agentes polinizadores

De todos os agentes polinizadores, as abelhas são as que possuem maior destaque, polinizando mais espécies que qualquer outro ser vivo. Elas são de grande importância ecológica e econômica, pois são essenciais em

ecossistemas naturais e na agricultura, sendo a espécie mais comumente observada nas culturas agrícolas. (OLLERTON *et al.* 2011).

Uma pesquisa realizada pela universidade de Freiburg, na Alemanha, (Tabela 1), usando o banco de dados da literatura científica, listou as 20 espécies mais comuns de polinizadores que visitam as flores nas culturas agrícolas do Brasil.

Tabela 1 - Lista das 20 espécies mais comuns de polinizadores que visitam as flores nas culturas agrícolas no Brasil.

Espécies	Ocorrências
<i>Apis mellifera</i>	49
<i>Trigona spinipes</i>	24
<i>Xylocopa frontalis</i>	13
<i>Bombus morio</i>	11
<i>Exomalopsis analis</i>	11
<i>Eulaema nigrita</i>	10
<i>Xylocopa grisensis</i>	9
<i>Centris tarsata</i>	9
<i>Centris flavitrons</i>	8
<i>Centris aenea</i>	8
<i>Xylocopa cearensis</i>	6
<i>Paratrigona lineata</i>	6
<i>Trigona fuscipennis</i>	6
<i>Centris fuscata</i>	6
<i>Oxaea flavescens</i>	5
<i>Tetragonisca angustula</i>	5
<i>Eulaema cingulata</i>	5
<i>Bombus atratus</i>	5
<i>Melipona quadrifasciata</i>	5
<i>Centris sponsa</i>	4

Fonte: Universidade de Freiburg, A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil. (2020)

O número de ocorrências representa a quantidade de trabalhos científicos onde uma espécie de polinizador foi observada visitando as flores de plantas agrícolas. As abelhas, dos gêneros *Centris*, *Xylocopa*, *Trigona* e *Bombus*, apresentam um maior número de ocorrências em visitação às flores quando comparado com outros polinizadores, mas a abelha da espécie *Apis mellifera* é a que apresenta o maior número de ocorrências em trabalhos científicos, com destaque para a visitação em flores de plantas agrícolas.

As abelhas da espécie melíferas (Figura 4) possuem um alto nível de organização social, são nativas da Europa, África e Oriente Médio, porém atualmente elas podem ser encontradas em todos os continentes, com exceção da Antártica. Essa espécie é frequentemente utilizada na polinização dirigida por vários motivos, dentre eles, o grande número de indivíduos por colônias, podendo chegar a 80.000, fazendo com elas possam percorrem longas distâncias, podendo polinizar uma grande quantidade de flores; a facilidade na criação e no manejo das colmeias e sua capacidade de se adaptar a diferentes ambientes (ROSA *et al.* 2011; MILFONT *et al.* 2013).

Figura 4 - Abelha *Apis mellifera* visitando a flor do melão



Fonte: Revista Rural

4 MATERIAL E MÉTODOS

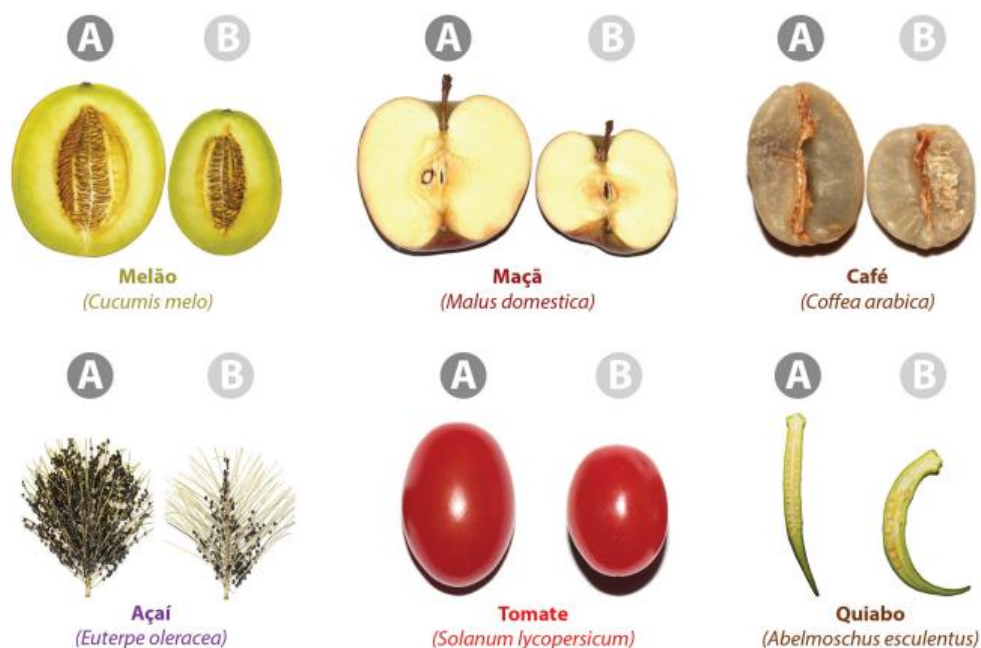
Foram realizadas pesquisas bibliográficas na literatura científica visando identificar as potencialidades e os benefícios da polinização dirigida para as principais culturas agrícolas e as maiores dificuldades encontradas para o crescimento desse setor no Brasil. No decorrer do segundo semestre de 2022, foram feitas algumas entrevistas on-line com pesquisadores, apicultores e empresários da área de polinização, que foram selecionados por intermédio do Prof. Dr. Daniel Nicodemo da faculdade Unesp de Dracena - SP. Os entrevistados compartilharam suas experiências com o objetivo de auxiliar na identificação do potencial de crescimento do setor de polinização dirigida e as principais dificuldades da sua adoção no Brasil.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 As potencialidades da polinização em culturas agrícolas

A polinização entomológica realizada por abelhas pode beneficiar muitas culturas, contribuindo para o aumento da produtividade, na qualidade dos frutos e sementes, na uniformização do amadurecimento e diminuição dos índices de má formação (Figura 5) e quando não há uma polinização efetiva os frutos perdem sua qualidade e há o aumento nas deformações (KLEIN *et al.* 2007).

Figura 5 - Diferença entre frutos oriundos de flores efetivamente polinizadas por abelhas (A) e frutos obtidos por flores não polinizadas (B)



Fonte: Manual de boas práticas para o serviço de polinização (AgroBee)

Muitas culturas se beneficiam da polinização natural ou assistida, a (Tabela 2) lista alguns desses benefícios para as principais culturas. Esses benefícios são encontrados mesmo em plantas que toleram a autopolinização, como por exemplo, nas culturas de canola (*Brassica napus L.*) e café (*Coffea arabica*) (BARRETO; NORDI, 2016).

Tabela 2 – Benefícios da polinização natural ou assistida para as principais culturas.

Culturas	Benefícios
Algodão	O peso da fibra tem um acréscimo de 12 a 16% e as sementes por fruta intensificaram em 17%.
Café	Com a utilização de 4 a 6 colmeias por hectare pode se ter um aumento de 25 a 30%.
Caju	As plantações de cajueiros a 1 km da reserva florestal, onde a visitação de polinizadores é maior, apresentaram maior produtividade do que áreas a mais de 2,5 km de distância.
Canola	Aumento da produção de 40% a 50% com 4-6 colmeias por hectare. Duração da floração de 45-60 dias
Castanha	Cerca 2,7 % das flores manipuladas pelos pesquisadores produziram frutos, com taxa de rejeição de 75 %, enquanto 10 % das flores polinizadas por polinizadores naturais produziram frutos e nenhuma rejeição foi notada após 70 dias.
Laranja	Aumento de 20-30%, com 4 a 6 colmeias por hectare. Duração da floração, aproximadamente 30 dias
Maçã	A combinação de abelhas africanas (<i>Apis mellifera</i>) com abelhas sem ferrão (<i>Melipona quadrifasciata</i>) resultou em um aumento de 44 % na produção de frutos e de 67 % na produção de sementes.
Melão	Em testes com polinização adequada (1 colmeia de abelhas para cada 3.000 plantas), foi encontrado um aumento de até 150 % no número de visitas às flores, com aumento de 50 % na qualidade dos frutos e de até 15 % na produtividade.
Soja	Dependendo do cultivar, aumento de 56%. Recomenda-se de 4-6 colmeias por hectare. Duração da floração, aproximadamente 20 dias
Tomate	As plantas de tomate podem se autopolinizar, mas quando as abelhas vêm visitar, a frutificação é aumentada em 12 %, os tomateiros são 41 % mais pesados e produzem 11 % a mais de sementes.

Fonte: BARRETO; NORDI, 2016.

Além da polinização dirigida proporcionar ganhos de produtividade para as culturas agrícolas, também são observados ganhos adicionais como aumento da qualidade das sementes, aumento da reprodução das sementes, aumento das qualidades dos frutos, aumento da qualidade do óleo e aumento da qualidade da fibra (Tabela 3).

Tabela 3 - Benefícios adicionais da polinização para culturas cultivadas no Brasil

Culturas	Benefícios
Batata doce, alho, abacaxi, batata inglesa, banana, inhame, mandioca	Aumento da qualidade de semente
Alcachofra, alface, chicória, aspargos, couve-flor, repolho, brócolis, cebola, cenoura, nabo, girassol, soja, gergelim	Aumento da produção de sementes
Algodão, café, laranja, melancia, morango, pimentão, tomate, mamona, beringela	Aumento da qualidade do fruto
Canola, mamona	Aumento da qualidade do óleo
Mamona	Aumento da quantidade do óleo
Algodão	Aumento da qualidade da fibra

Fonte: Gianinni *et al.* 2015

5.2 Níveis de dependência das culturas agrícolas à polinização e o valor do serviço de polinização

O nível de dependência de polinizadores indica o quanto as culturas são dependentes de polinizadores bióticos para que haja a produção dos seus frutos e sementes (GALLAI *et al.* 2009).

Essa dependência a polinizadores é classificada em quatro níveis (essencial, alta, moderada, baixa), de acordo com o percentual médio de frutos produzidos, calculado na literatura científica, de acordo com Klein *et al.* (2007). Para o nível de dependência “Essencial”, os polinizadores são essenciais para a produção dos frutos, pois, sem eles há redução da produção em $\geq 90\%$ da safra. Para o nível de dependência “Alta”, há um grande aumento de produção com insetos polinizadores, pois, sem eles há uma redução da produção em 40 a $< 90\%$ da safra. Para o nível de dependência “Moderada”, os insetos polinizadores exercem um aumento moderado na produção, pois, sem eles há uma redução de 10 a $< 40\%$ da safra. Para o nível de dependência “Baixa”, há pouca influência dos polinizadores no aumento da produção, sem eles há uma redução de 0 a $< 10\%$ da safra (GALLAI *et al.* 2009).

Para estimar a taxa de dependência para cada classe se utiliza a média do rendimento impulsionado pela polinização. Essencial = 0,95 (significa que o valor do rendimento impulsionado pela polinização está entre 90 e 100); Alta = 0,65 (40 – 90% do rendimento depende da polinização); Moderada = 0,25 (10 – 40 % do rendimento depende da polinização); Baixa = 0,05 (0 – 10% do rendimento depende da polinização). Para obter os valores econômicos do serviço de polinização multiplica-se essa média pelo valor econômico da produção agrícola anual (GALLAI *et al.* 2009).

Um trabalho realizado por Gianini *et al.* (2015), identificou as principais culturas brasileiras e apontou seus níveis de dependência a polinização por insetos de acordo com a classificação feita por Klein *et al.* (2007) e apontou o valor do serviço de polinização de cada cultura (Tabela 4), que foi obtido através do método descrito por Gallai *et al.* (2009). O método consiste em multiplicar o valor econômico da produção anual da cultura pelo valor do nível de dependência a polinizadores.

Tabela 4 - Nível de dependência de polinizadores das culturas Brasileiras e o valor econômico do serviço de polinização

Cultura	Dependência por polinizadores. (Fonte: Klein et. al. 2007)	Valor da produção agrícola (US\$) (Fonte: IBGE)	Valor econômico do serviço de polinização (US\$)
Soja	Moderado	22.938.922.273	5.734.730.568
Café	Moderado	7.596.003.636	1.899.000.909
Tomate	Alto	1.525.605.000	991.643.250
Algodão	Moderado	3.307.988.182	826.997.046
Cacau	Essencial	560.980.455	532.931.432
Laranja	Moderado	2.089.013.636	522.253.409
Melancia	Essencial	453.730.000	431.043.500
Maracujá	Essencial	389.815.909	370.325.114
Maça	Alto	440.800.000	286.520.000
Melão	Essencial	216.216.364	205.405.546
Feijão	Baixo	2.825.852.727	141.292.636
Coco	Moderado	408.035.455	102.008.864
Goiaba	Alto	150.855.727	98.056.223
Pêssego	Alto	133.571.818	86.821.682
Abacate	Alto	55.935.000	36.357.750
Girassol	Alto	40.782.727	26.508.773
Mamão	Baixo	529.948.182	26.497.409
Ameixa	Alto	33.051.818	21.483.682
Urucum	Essencial	15.135.455	14.378.682
Tangerina	Baixo	257.442.727	12.872.136
Castanha de caju	Moderado	50.337.727	12.584.432
Limão	Baixo	251.400.000	12.570.000
Guaraná	Alto	15.482.273	10.063.477
Amendoim	Baixo	199.515.455	9.975.773
Pimenta	Baixo	189.803.636	9.490.182
Cupuaçu	Essencial	9.364.091	8.895.886
Acerola	Essencial	9.169.545	8.711.068
Pera	Alto	13.165.455	8.557.546
Dendezeiro	Baixo	146.498.182	7.324.909
Figo	Moderado	26.857.273	6.714.318
Fruta do conde	Essencial	6.132.273	5.825.659
Kiwi	Essencial	3.429.091	3.257.636
Mamona	Moderado	10.935.455	2.733.864
Fava	Moderado	8.965.455	2.241.364
Caqui	Baixo	27.190.909	1.359.545
Graviola	Baixo	4.569.091	228.455
Marmelo	Alto	335.000	217.750
Ervilha	Baixo	4.040.455	202.023
Linho	Baixo	3.402.727	170.136
Lichia	Baixo	2.510.000	125.500
Jambo vermelho	Alto	100.909	65.591
Romã	Moderado	170.000	42.500
Pitanga	Moderado	121.818	30.455
Algodão Arbóreo	Moderado	26.818	6.705

Fonte: Gianinni et al. 2015

Neste trabalho, foram analisadas 141 culturas brasileiras, porém só foi possível calcular o valor econômico da polinização em 44, pois nas outras culturas não foi possível encontrar o nível de dependência a polinizadores ou então o valor anual da produção segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE).

Os valores econômicos encontrados são referentes ao serviço de polinização natural, com abelhas que estão na natureza, visto que pouco é o efeito da participação de abelhas na polinização dirigida.

Nas culturas dependentes o valor total da produção anual foi de aproximadamente 45 bilhões de dólares e a participação dos polinizadores corresponde a aproximadamente 12 bilhões de dólares (Tabela 5), o que corresponde a 30% do total da produção. O maior valor obtido foi o da soja com 5,7 bilhões de dólares, seguido do café com 1.9 bilhões de dólares, do tomate com 992 milhões de dólares, do algodão com 827 milhões de dólares, do cacau com 533 milhões de dólares e da laranja com 522 milhões de dólares.

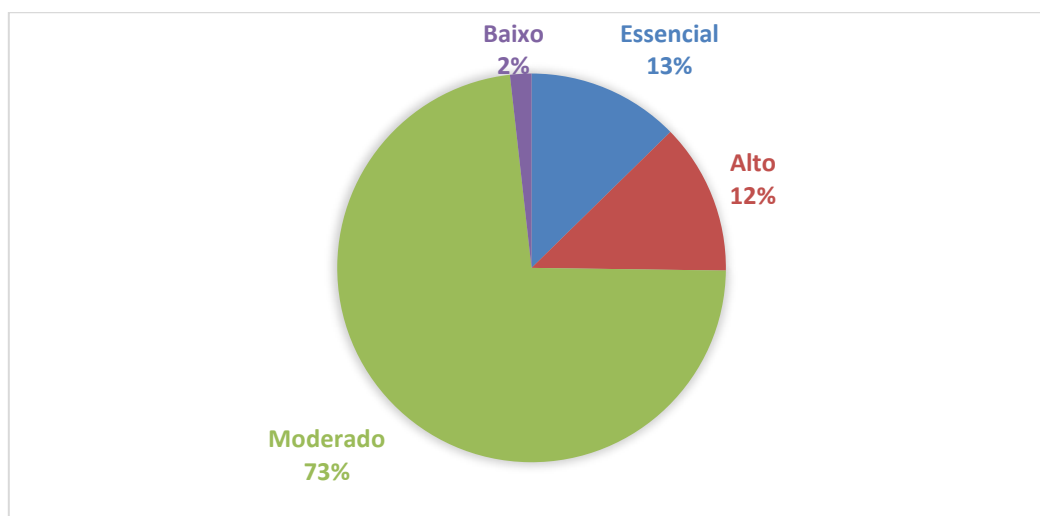
Tabela 5 - Valores totais de produção anual e do serviço de polinização para as quatro classes de dependência.

Dependência da cultura em relação a polinização	Valor total da produção anual (US\$) (FONTE: IBGE)	Valor do serviço de polinização (US\$)
Essencial	1.663.973.183	1.580.774.524
Alto	2.409.685.727	1.566.295.723
Moderado	36.437.377.728	9.109.344.432
Baixo	4.442.174.091	222.108.705
TOTAL	44.953.210.729	12.478.523.383

Fonte: Gianinni *et al.* 2015

A participação no serviço de polinização por nível de dependência (Figura 6) das culturas com dependência moderada são os que possuem a maior contribuição no valor do serviço de polinização (73%), seguido das culturas essenciais (13%), alto (12%) e baixo (2%).

Figura 6 - Participação no valor total do serviço de polinização por nível de dependência das culturas a polinização.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Gianinni *et al.* 2015.

5.3 O declínio dos polinizadores

5.3.1 Os impactos decorrentes do declínio dos polinizadores

A importância da polinização como um serviço ecossistêmico está bem estabelecida e a redução das populações de polinizadores é debatida há décadas, principalmente no caso das abelhas, devido à sua importância como vetores de pólen (VANBERGEN, 2013)

As abelhas são consideradas elementos extremamente importantes na manutenção da vida no planeta, já que elas são responsáveis pela polinização de ambientes naturais e agrícolas. Porém, apesar de tamanha importância, elas estão em declínio devido ações causadas pelo homem em busca de ganhos econômicos (JOHNSON *et al.* 2010).

A procura constante por aumentar a produção agrícola tem favorecido o uso de ações que prejudicam os polinizadores. Entre essas ações, está o incorreto manejo das colmeias, o emprego frequente de pesticidas e a falta de variabilidade genética que afeta diretamente o vigor dos polinizadores contra o ataque de pragas e doenças e o desmatamento que é apontado como o principal motivo do desaparecimento da espécie (Sala *et al.* 2000).

5.3.2 O uso de produtos fitossanitários

A crescente procura de polinizadores para muitas culturas em conjunto com o declínio global nas populações das abelhas geram inquietações sobre o desaparecimento dos polinizadores. A grande quantidade de inseticidas encontrados nas colônias e no mel das abelhas, gera preocupação, devido as altas concentrações (PETTIS *et al.* 2013).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no Brasil o uso de defensivos agrícolas em 1964 era de 16 mil toneladas e atualmente essa quantidade chega a 300 mil toneladas (EMBRAPA, 2021). Além disso, nas últimas 4 décadas a área agrícola teve um aumento de 78% (SPADOTTO *et al.* 2004), enquanto a utilização desses insumos teve um aumento de 1800%. Nesse cenário, o Brasil é o país que utiliza a maior quantidade de produtos fitossanitários, em quantidade absoluta. São utilizados mais de um milhão de toneladas, o que equivale a mais de um bilhão de litros anualmente (ANVISA, 2012).

Durante o forrageamento, as abelhas entram em contato com diversos poluentes, o que as tornam muito úteis em estudos para monitorar a toxicidade de inseticidas e metais pesados, tanto em áreas rurais, como urbanas (SMITH, WILCOX, 1990). As graves consequências que os agrotóxicos, especialmente os inseticidas, não se limita apenas à morte dos organismos que não são alvos, mas está relacionado ao comportamento anormal que eles induzem.

Vários estudos no mundo mostram os riscos do uso indiscriminado de inseticidas, que gradualmente suprimem as populações de polinizadores. Em uma pesquisa realizada em 2010 foram encontrados mais de 120 pesticidas em colmeias, contendo reguladores de crescimento, inseticidas, herbicidas, acaricidas e fungicidas (MULLIN *et al.* 2010). Até mesmo em baixas concentrações, os pesticidas podem afetar a estrutura e as funções das comunidades naturais, ocasionando impactos em vários níveis, provando que a utilização indiscriminada de pesticidas tem alto impacto no meio ambiente e a diminuição da biodiversidade (GRISOLIA, 2005).

Pelo fato de a população de polinizadores serem altamente suscetíveis aos pesticidas, o período de floração necessita de cuidados adicionais na aplicação de produtos químicos. Consequentemente, é importante proteger as abelhas nessa situação, evitando a utilização de agrotóxicos durante a floração,

pois a atração dos polinizadores por flores contaminadas pela aplicação dos agrotóxicos, é a principal causa de mortalidade desses insetos. No entanto, doses mais baixas afetam o comportamento e reduzir a vitalidade da colônia (BORTOLOTTI *et al.* 2003).

5.3.3 Consequências do desmatamento para as abelhas

Existe muita influência das práticas humanas sobre o meio ambiente. A alteração de paisagens naturais pelo desmatamento é vista como a mais significativa, pois modifica a vegetação nativa por construções e por monocultivos intensivos (SILVA *et al.* 2010). Em um estudo recente na Amazonia realizado por Brown e Olivera (2014), foi encontrada uma relação entre o desaparecimento de espécies de abelhas sem ferrão, que são de grande importância para conservação de muitas espécies de plantas nesta região, com o desmatamento local.

A fragmentação das paisagens decorrente do desmatamento é um dos motivos que mais causam o declínio dos polinizadores (TILMAN *et al.* 2001). A intensificação da agricultura resulta em paisagens com baixa disponibilidade de recursos essenciais para à manutenção da vida desses insetos (MARCO; COELHO, 2004).

O desmatamento no Brasil é menor que a de países europeus e EUA, que já destruíram grande parte da vegetação nativa, resultando em um déficit de polinização natural maior em relação ao encontrado no Brasil.

5.3.4 Doenças nas abelhas

As doenças causadas por agentes patogênicos como vírus, fungos, ácaros e bactérias também são identificadas como precursores de recentes declínios populacionais de abelhas (GOULSON *et al.* 2015; POTTS *et al.* 2016). As doenças das abelhas geram resultados negativos em sua produtividade e no seu desenvolvimento, podendo prejudicar o apicultor o meio ambiente (PEREIRA *et al.* 2004).

No Brasil, as maiores causas de doenças em abelhas a nosemose e a varroatose, que atacam as abelhas adultas e as jovens. As doenças em abelhas jovens tendem a causar mais danos às colmeias. A cria Pútrida Europeia, a Cria

Ensacada Brasileira e a Cria Giz, são as principais doenças que afetam as abelhas jovens no Brasil (PEREIRA *et al.* 2004).

O enfraquecimento das colônias está associado a uma série de fatores como, a intensificação das atividades agrícolas, o manejo incorreto das colônias, os ataques de inimigos naturais, entre outros. A dificuldade no reconhecimento dessas doenças pelos apicultores, resultam na contribuição para a disseminação de pragas e doenças na apicultura.

5.3.5 Colony Collapse Disorder (CCD)

O “Colony Collapse Disorder” (CCD), que em português foi traduzido para a síndrome do colapso das colônias, tem causado muitos prejuízos para a apicultura em determinadas regiões. O CCD é característico pelo abandono repentino e massivo das abelhas de suas colmeias (OLDROYD, 2007).

Esse acontecimento causou o desaparecimento de parte significativa das abelhas dos Estados Unidos desde 2006 e se disseminou pelo mundo. Ao que tudo indica, as causas desse fenômeno estão relacionadas com o envenenamento por pesticidas; doenças como a nosemose e varroatose; a insuficiência de alimentos nutritivos; problemas de diversidade genética; entre outros (DE JONG, 2009).

No Brasil, o não aparecimento desse fenômeno provavelmente está relacionado com a espécie de abelha que aqui se encontra, que parecem ter mais resistência do que as abelhas de origem europeia (ARIOLI *et al.* 2014). Apesar de já terem sido relatados casos de suspeita de CCD nos estados de São Paulo, Minas Geras, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, somente foram registrados dois casos com semelhanças a CCD, que por fim, não tiveram uma conclusão definitiva (Pires *et al.* 2016).

5.4 Polinização agrícola no Brasil

5.4.1 Panorama geral

A utilização de colmeias de abelhas com finalidade de diminuir os déficits de polinização natural tem crescido muito no Brasil, visto que elas podem potencializar a produção agrícola. Apicultores que antigamente pagavam para deixar suas colmeias em lavouras, agora estão recebendo para isso.

Além do aumento da produtividade das culturas agrícolas onde a polinização entomológica é essencial para a produção do fruto como o melão, a melancia, o maracujá, tomate, acerola, entre outras, a polinização dirigida tem mostrado grande importância para a produtividade e qualidade de outras culturas, que não são tão dependentes dos polinizadores, como no caso da soja, café e da laranja. Outras culturas não alimentícias de importância econômica como biocombustíveis, fibras, forragens, látex, entre outras, também podem ser beneficiadas pela polinização entomológica (FREITAS; SILVA, 2015).

Somente duas culturas de importância econômica utilizam a polinização dirigida em grande escala no Brasil, são elas a maçã (na região sul, especialmente em Santa Catarina) e o melão (na Região Nordeste, especificamente nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte) (SILVA *et al.* 2015).

5.4.2 A maçã

A cultura da macieira é essencialmente dependente da polinização realizada por abelhas, e, em alguns casos, plantas altamente incompatíveis com a autopolinização não chegam a formar frutos. No entanto, na maior parte das ocorrências, a autopolinização se manifesta na baixa produtividade se comparada com a polinização cruzada (LOSEY; VAUGHAN, 2006).

Na região Sul do Brasil, onde se destacam os maiores produtores de maçã, a cultura rende aproximadamente 1,1 milhão de toneladas de maçãs anualmente em aproximadamente 35.000 hectares, o que gera uma média de R\$ 7 bilhões ao ano. Somente na cultura da maçã são usadas em média 100 mil colônias de *Apis mellifera*, o que gera aproximadamente mais de 5 milhões de reais com os alugueis de colmeias (SEZERINO, 2022).

O número de colmeias por hectare usado nas lavouras de maçã no Brasil são as mesmas utilizadas nos anos 70, onde as lavouras naquele tempo eram bem menos adensadas do que atualmente, o desmatamento era menos expressivo e as os pomares eram bem menores, o que os deixavam mais próximos aos polinizadores das áreas de mata nativa. As recomendações para aquele tempo era de 0,5 a 3 colmeias por hectare e a população de plantas era em torno de 600 plantas/ha, com aproximadamente 300 flores por planta. Atualmente, os plantios são muito mais adensados, com mas de 2,5 mil plantas por hectare com plantas chegando a mais de 1 mil flores, isto é, o número de flores aumentou expressivamente e as recomendações mantiveram se as mesmas (SEZERINO, 2022).

5.4.3 O melão

O meloeiro é uma das culturas com maior importância econômica para região Nordeste do Brasil. Os maiores produtores nessa região são os estados do Rio Grande do Norte, Bahia, Pernambuco e Ceará. A produção somada desses estados registrou em 2021 mais de 500 mil toneladas, o que representa aproximadamente 80% da produção nacional. No Brasil, o melão é cultivado em cerca de 23.000 hectares, que produzem 600.000 toneladas, que representa um faturamento de 115 milhões de dólares (IBGE, 2021).

A utilização de abelhas na produção da cultura do melão é essencial para o desenvolvimento adequado do fruto (TRINDADE, 2004). O pólen da flor do melão é pegajoso e pesado, eles se aderem entre as anteras e a massa polínica, portanto, torna-se difícil sua transferência caso não tenha o auxílio de insetos polinizadores (MUSSEN; THORP, 2003).

Ao adicionar colônias de abelhas nas lavouras do meloeiro, as populações de polinizadores naturais recebem ajuda de milhares de abelhas, que devido a sua grande atividade de forrageamento nas flores do melão, aumenta consideravelmente o número de flores efetivamente polinizadas. Além disso, as flores do melão devem receber no mínimo 500 grãos de pólen viáveis para produzir frutos que atendam às exigências do mercado (MUSSEN; THORP, 2003).

5.4.4 Outras culturas de importância econômica

A polinização dirigida é uma prática essencial no período de floração da cultura da melancia, ela é fundamental para o aumento da produtividade e qualidade do fruto (TSCHOEKE *et al.* 2011). Um único polinizador provavelmente não irá conseguir transferir toda a quantidade de pólen necessário para o desenvolvimento do fruto em uma única visita. A flor da melancia requer de 500 a 1000 grãos de pólen para a formação de um fruto ideal. Portanto, as flores do meloeiro exigem várias visitas dos polinizadores para atender a necessidade da flor (STANGHELLINI *et al.* 1998). O aumento de visitas significa frutos maiores, mais doce e uma maior quantidade de frutos formados por planta (GUERRA-SANZ; SERRANO, 2008).

O cultivo da canola é destinado para a produção de grãos, óleo alimentício, óleo para biocombustíveis e produção de farelo para alimentação animal. A canola é a terceira oleaginosa de maior importância econômica no mundo e seu cultivo no Brasil tem aumentado. Os insetos são importantes na polinização da canola, pois interferem diretamente na produtividade, isto é, na qualidade e quantidade de grãos formados. Segundo Blochtein *et al.* (2014), a produção da canola pode aumentar em torno de 30% quando as suas flores recebem a visitação de insetos polinizadores. Dentre esses insetos, destacam-se as abelhas *Apis mellifera* (COSSUL, 2020).

A acerola é bastante apreciada no Brasil, pois apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento do fruto, e atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador de acerola no mundo (COSTA; ANDRADE, 2003). No Brasil são cultivados aproximadamente 6 mil hectares de acerola, com produção de mais de 60 mil toneladas por ano (IBGE, 2017), sendo o Nordeste responsável por 66% da produção (OLIVEIRA *et al.* 2015). As plantas de aceroleira dependem da polinização cruzada para uma boa produção de frutos, este fator pode determinar o sucesso de uma produção comercial (VILHENA; AUGUSTO, 2007). Na insuficiência de polinização natural, a polinização artificial é indicada para uma boa produção de frutos (KRAUSE *et al.* 2012).

O café arábico (*Coffea arabica*), em 2020, somava 1,76 milhões de hectares, correspondendo a 80% da área cafeeira do Brasil (QUEIROGA *et al.* 2021). Em Minas Gerais, o estado com a maior área cultivada com café arábico do Brasil, a área cultivada é de aproximadamente 1,03 milhões de hectare (CONAB, 2020). O café representa 10% das exportações agrícolas do Brasil, movimentando cerca de 20 bilhões de reais por ano (IBGE, 2021). O café arábica consegue se autopolinizar, mas dependendo da cultivar ele reserva de 10 a 20% de suas flores para a polinização cruzada. As vantagens da polinização por abelhas no café incluem diminuição das taxas de abortamento, amadurecimento mais homogêneo, ganho de produtividade em 30% e a produção de frutos mais doces (AGROBEE, 2021).

Atualmente o Brasil é o maior produtor de soja do mundo e conta com uma área com mais de 36 milhões de hectares, produzindo mais de 136 milhões de toneladas, o que representa 37% na produção mundial (EMBRAPA, 2021). Apesar da soja ser uma planta com menos dependência de polinização por abelhas, a inserção de colmeias nos cultivos de soja pode aumentar a produtividade da planta e melhorar a qualidade do grão. O benefício da polinização cruzada na soja depende do cultivar (MORETI *et al.* 1998). Segundo Chiari *et al.* (2005) na cultivar BRS 133, quando comparadas plantas com livre visitação de insetos e plantas em que não foi permitida a polinização cruzada, foi observado um ganho de 58% no número de vagens e 82% na quantidade de sementes.

5.5 Entrevistas realizadas com apicultores, pesquisadores e empresas do setor de polinização

5.5.1 Empresa de polinização

A AgroBee é uma empresa que promove a interação entre produtores rurais e criadores de abelhas, gerando uma relação de ganhos mútuos e de promoção de uma agricultura sustentável e de preservação do meio ambiente.

Foi realizado uma entrevista em setembro de 2022 com o sr. Carlos Pamplona Rehder, Sócio da Agrobbee e diretor da Associação Brasileira dos Exportadores de Mel (ABEMEL), por intermédio do Professor Dr. Daniel Nicodemo, da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) de Dracena – SP. O sr. Carlos aponta que estão ocorrendo avanços na polinização dirigida na agricultura brasileira, a empresa tem conseguido expandir o mercado de polinização, principalmente nas culturas do abacate, café, canola, girassol, morango e soja, onde os produtores que utilizam a polinização entomológica têm obtidos ganhos expressivos em produtividade e qualidade.

Em entrevista com o sr. Carlos ele afirma que uma das grandes dificuldades dos apicultores brasileiros é em transportar suas colmeias, pois muitos apicultores não possuem caminhões com grande capacidade de carga, tendo as vezes, que realizar mais de uma viagem. A empresa Agrobbee conta com um caminhão com capacidade para transportar mais de 600 colmeias, o que facilita o transporte das colmeias dos apicultores até os pomares.

5.5.2 Entrevista com pesquisador

O Dr. André Amarildo Sezerino, engenheiro agrônomo pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), trabalha com polinização há 20 anos, em entrevista realizada em setembro de 2022, relatou que na região do Alto Vale do Rio do Peixe, em Santa Catarina, além de culturas dependentes da polinização como a maçã, outras culturas menos dependentes, como pêssigo, ameixa, nectarina têm crescido cada vez mais a utilização de abelhas nesses cultivos, pois tem se notado aumento de frutificação efetiva e qualidades dos frutos.

Os apicultores da região têm se profissionalizado cada vez mais, são realizados contratos entre os apicultores e os produtores, onde os apicultores

devem fornecer colmeias padronizadas e possuir alguns critérios de qualidade, e o fruticultor não deve aplicar inseticidas no período em que as abelhas estiverem no pomar, aproximadamente 20 dias.

O pesquisador estima que são utilizados aproximadamente 40 a 50 mil colmeias para a polinização da maçã, em Santa Catarina. Apesar das recomendações da macieira ser de 6 colmeias por hectare, a maioria dos fruticultores contratam em média 2 a 3 colmeias por hectare para diminuir os custos que é de aproximadamente 100 a 120 reais por colmeia na região. Uma técnica apontada por André é o manejo de introdução sequencial das abelhas, utiliza-se 3 colmeias no início da floração e mais 3 na floração efetiva, pois assim evita-se que as abelhas abandonem o pomar para visitar espécies silvestres que apesar de estarem mais longe são mais atrativas para elas.

Um dos grandes gargalos identificadas por André é a dificuldade de migração das colmeias, a maioria dos apicultores estão na região litorânea do estado e viajam cerca de 800 km de ida e volta até os pomares e sua capacidade de transporte é pequena, de 30 a 40 colmeias por viagem. Poucos são os produtores com grande capacidade de transporte que conseguem levar até 300 colmeias em uma única viagem.

5.5.3 Relatos de apicultores

Apicultor de Santa Catarina

O apicultor Pedro Satiro, que trabalha com aluguel de colmeias para a polinização de macieiras em Santa Catarina, na região da serra catarinense, relata que o valor do aluguel na região é cobrado por base do kg do mel, aproximadamente 10kg de mel por colmeia, que seria algo em torno de 140 reais no ano de 2022. Para ele as maiores dificuldades no setor da polinização acabam sendo em função dos próprios apicultores, principalmente os menores, que estão começando, pois muitos alugam caixas de colmeias com uma menor quantidade de abelhas, eles pegam uma caixa com uma boa quantidade de abelhas e dividem o enxame em duas colmeias, e cobram metade do preço. O produtor muitas vezes não compreende esse déficit populacional e prefere optar pelo melhor preço.

Pedro Satiro destaca que muitos apicultores preferem trabalhar com mel ao invés da polinização, o mel é a principal fonte de renda dos apicultores da região, pois tem anos onde o lucro do mel é 3 vezes maior que o aluguel das colmeias. O clima da região é o principal fator que leva os apicultores a alugar suas colmeias para polinização, pois quando não está favorável para produção de mel eles migram para outro região por 20 a 30 dias para manter as abelhas fortes.

Apicultor do Ceará

O apicultor Assis da cidade de Beberibe no Ceará trabalha com alugueis de colmeias para a polinização da cultura do melão, ele atende os produtores da cidade de Mossoró no Rio Grande do Norte, que fica há aproximadamente 160km de distância de uma cidade a outra, em entrevista ele conta que o valor cobrado pelo aluguel da região é de aproximadamente 50 reais por colmeia em 2022. Para ele, o baixo valor cobrado pelo serviço é a maior dificuldade de crescimento do setor, pois desmotiva os apicultores a investirem na polinização.

5.6 Polinização dirigida nos EUA

Nos Estados Unidos, a polinização dirigida é utilizada em mais de 130 culturas há décadas, sendo o aluguel de colmeias a principal fonte de renda dos apicultores. Um estudo realizado em 1995 na região Noroeste mostrou que 72% da receita dos apicultores foi proveniente do aluguel de colmeias (McGregor, 1976).

No EUA as abelhas produzem em média 250 milhões de dólares apenas em mel e sua atuação na polinização contribui com US\$ 20 bilhões ao ano no acréscimo da produção agrícola, somente nos cultivos de maçã o valor anual atribuído a à polinização pelas abelhas nativas e melíferas é de 1,58 bilhões de dólares (LOSEY; VAUGAN, 2006). O valor do serviço de polinização nas culturas essencialmente dependentes da polinização como amêndoas, maçãs e mirtilos, é estimado em US\$ 15 bilhões (CALDERONE, 2012).

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), dois milhões de colmeias são alugadas anualmente para polinização de amêndoas nos Estados Unidos (USDA 2017). Mostrando um grande crescimento, em 1996, os agricultores norte-americanos investiram 100 milhões

de dólares com o aluguel de colmeias (TRAUMANN, 1997), e em 2017 comparativamente, esse valor chega a 319 milhões de dólares (USDA 2017).

O CCD (Colony Collapse Disorder) tem gerado grandes percas de colônias de abelhas nos países mais desenvolvidos, o que levou a um aumento no valor do serviço cobrado pelo aluguel das colmeias (RODRIGUES, 2008).

Na entrevista com a Agrobbee, Carlos Pamplona Rehder contou que este aumento do serviço de polinização nos Estados Unidos teve uma grande influência da importação do mel chinês, que por ser muito mais barato, inviabilizou a produção de mel, fazendo com que os apicultores americanos mudassem sua atuação para o mercado de polinização, este fato estimulou o mercado, que conseqüentemente levou a uma valorização do preço cobrado por colmeia de abelha que passou de 40 dólares em 2003 para 200 dólares em 2022.

5.7 Os gargalos na adoção da polinização dirigida no Brasil

5.7.1 A falta de mecanização na apicultura

A mecanização no transporte de colmeias tem muito que melhorar em relação a países como os Estados Unidos, onde os apicultores contam com grande carretas e empilhadeira (Figura 7). No Brasil, as colmeias são carregadas no braço para as lavouras e os caminhões dos apicultores muitas vezes são de pequeno porte, sendo necessário fazer várias viagens até a fazenda.

Figura 7 - Transporte de colmeias de abelhas de *Apis mellifera* de forma mecanizada nos Estados Unidos



Fonte: Carlos Pamplona Rehder

5.7.2 A desvalorização do serviço de polinização dirigida

O serviço de polinização dirigida no Brasil possui valores bem inferiores em relação aos valores de outros países: Em Santa Catarina, o valor do aluguel de cada caixa de abelhas é de aproximadamente 140 reais, no Rio Grande do Norte esse valor chega a 50 reais, enquanto nos EUA, os apicultores cobram até 200 dólares (R\$1.000) por colmeia, ou seja, até 20 vezes mais do que é cobrado no Nordeste Brasileiro. Os preços estão muito discrepantes, o que demonstra a desvalorização do serviço no Brasil.

No ponto de vista dos apicultores da região, parte do motivo da desvalorização do serviço se dá por conta de apicultores que fornecem colmeias com poucos polinizadores e cobram um preço muito mais barato, o que acaba dificultando a concorrência. Portanto, é necessário que o aluguel das colmeias seja amparado por legislações específicas que possam garantir informações a todas as partes do segmento e levar em consideração os riscos que questões envolvidas, bem como os benefícios das atividades.

5.7.3 A falta de regulamentação do serviço de aluguel de colmeias

A falta de regulamentação do serviço é um dos maiores problemas enfrentados pelos apicultores. Ainda não há umas leis específicas para esta atividade, o que pode afetar tanto o meio ambiente quanto os apicultores. O transporte de colônias para um local, se não for realizado da maneira correta, pode figurar uma ameaça para as populações de insetos locais da mesma espécie e para as colônias manejadas que podem ser perdidas.

A regulamentação do serviço traria benefícios tanto para os apicultores como para os produtores, pois os produtores teriam garantia de receber colmeias padronizadas como uma quantidade ideal de polinizadores e os apicultores teriam a garantia de que nenhum inseticida será aplicado durante a permanência das colmeias na área de plantio.

A criação de programas de incentivos a polinização, que mostrem a importância da preservação e do serviço ecossistêmico de polinização das abelhas, beneficiaria não só o apicultor, mas toda a comunidade (MENEZES *et al.* 2018).

5.7.4 A vulnerabilidade das abelhas aos agrotóxicos

O uso de pesticidas em áreas agrícolas é um grande problema para a atividade, mesmo as abelhas não sendo o alvo das aplicações, elas são muito vulneráveis, pois se nutrem em áreas contaminadas que podem acarretar a mudanças comportamentais e fisiológicas e até mesmo causar sua morte. O agricultor que utilizar a polinização dirigida em suas plantações deve estar consciente que o uso de pesticidas na floração da cultura deve ser rigorosamente controlado.

5.7.5 O Manejo

Não é incomum que ocorram condições desfavoráveis para que ocorra uma polinização adequada, Fatores climáticos como chuvas, ventos, temperatura, granizo e outras fatores como coincidência na floração com outras culturas e cultivares com baixa porcentagem de plantas polinizadoras. Sendo assim, o manejo das colmeias precisa ser feito com cautela, principalmente com auxílio de profissionais do setor.

Apesar das dificuldades na adoção da polinização dirigida no Brasil, este é um setor com tendências de crescimento, pois com o tempo e a necessidade de expansão do mercado de polinização, muitos gargalos tendem a ser solucionados.

5.7.6 A falta de reconhecimento da importância desse serviço

A falta de reconhecimento da importância do serviço de polinização por parte dos engenheiros agrônomos, produtores e técnicos, dificulta a adoção dessa ferramenta. O ceticismo em relação aos benefícios da polinização é muito presente no Brasil, segundo a Agrobbee, os produtores que aceitam fazer testes em pequenas áreas de sua propriedade, mesmo apresentando resultados positivos, ainda ficam com receio de implementar na área total.

6 CONCLUSÃO

A polinização dirigida pode ser uma excelente ferramenta para a agricultura brasileira, principalmente para culturas mais dependentes de polinização biótica. O Brasil se encontra atrasado em tecnologia e precisa de algumas mudanças para explorar melhor esse mercado que tem grande potencial econômico. A polinização dirigida é uma prática que tende a crescer muito no Brasil, principalmente pelo declínio dos polinizadores, esse déficit já é observado em países mais desenvolvidos como Estados Unidos, onde se faz necessário o manejo mais intenso das colmeias.

REFERÊNCIAS

- ARIOLI, C. J. *et al.* **Em busca de respostas ao sumiço das abelhas.** In: Correio Rio grandense, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/996761/1/Botton.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- BAWA, K. S. **Plant-Pollinator Interactions in Tropical Rain Forests.** Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 21:399-422, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.21.110190.002151>. Acesso em 08 nov. 2022.
- BLOCHTEIN, B. *et al.* **POLINIZAÇÃO DA CANOLA: ESTUDOS SOBRE A AÇÃO DE ABELHAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA.** In: 20 Congresso Brasileiro de Apicultura/ 6 Congresso Brasileiro de Meliponicultura, 2014, Belém, PA. Anais do 20 Congresso Brasileiro de Apicultura/ 6 Congresso Brasileiro de Meliponicultura, 2014. p. 1-3.
- BORTOLOTTI, L. *et al.* **Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees.** Bulletin of Insectology 56: 63-68, 2003.
- BROWN, J. C.; OLIVEIRA, M. L. **The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil.** Apidologie 45: 172-188, 2014. 10.1007/s13592-013-0236-3
- CALDERONE, N. W. **Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009.** PLoS one, v. 7, n. 5, p. e37235, 2012.
- CHIARI, W.C. *et al.* **Pollination of soybean (Glycine max (L.) Merrill) by honeybees (Apis mellifera L.).** Braz. Arch. Biol. Technol., Curitiba, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2005a.
- COSSUL, L. *et al.* **Os efeitos da polinização no componente de produtividade na cultura da canola.** In: Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica (SICT), 9. Bento Gonçalves/RS, 2020.
- COSTA, F. A.; ANDRADE, W. D. C. **A cultura da acerola no Brasil e no Pará: aspectos estruturais de produção e mercado.** Belém: ADS/Amazônia, 2003.
- DE JONG, D. **Desaparecimento de abelhas: pesticidas agrícolas afetam insetos, safras e saúde humana.** Scientific American Brasil 84: 48-49, 2009.
- FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The Principles of Pollination Ecology.** Third Revised Edition, New York, Pergamon, 1979, 244p.

FREITAS, B. M.; SILVA, C. I. **Agricultura e polinização**: O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. São Paulo: Associação Brasileira de Estudos das Abelhas - A.B.E.L.H.A, 2015. Disponível em: <https://www.abelha.org.br/publicacoes/ebooks/Agricultura-e-Polinizacao.pdf>. Acesso em 09 nov. 2022

GALLAI, N.; *et al.* **Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollination decline**. *Ecol Econ* 68, p.810–821, 2009.

GOULSON, D. *et al.* **Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers**. *Science* 347: e1255957, 2015.

GRISOLIA, C. K. **Agrotóxicos**: mutações, câncer e reprodução. Brasília: UNB. 394p, 2005.

GUERRA SANZ, J. M.; SERRANO, A. R. **Influence of honey bees brood pheromone on the production of triploid melon**. In: EUCARPIA. MEETING ON GENETICS AND BREEDING OF CUCURBITACEAE, 9., 2008, Avignon. Proceedings... Avignon: INRA, p. 385-390, 2008.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. **As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro**. *Biota Neotrop.*, Campinas, v. 10, n. 4, dez. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000400008>. Acesso em 08 nov. 2022.

JAFFÉ, R. *et al.* **Beekeeping practices and geographic distance, not land use, drive gene flow across tropical bees**. *Molecular Ecology*, v. 25, p. 5345-5358, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/mec.13852>. Acesso em: 08 nov. 2022.

JOHNSON, R. M. *et al.* **Pesticides and honey bee toxicity—USA**. *Apidologie*, 41, 312-331, 2010.

KLEIN, A. M. *et al.* **Importance of pollinators in changing landscapes for world crops**. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 274: 303-313, 2007.

KRAUSE, W. *et al.* **Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-amarelo com ou sem polinização artificial**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 47, n. 12, p. 1737-1742, 2012.

LOSEY, J. E.; VAUGHAN, M. **The economic value of ecological services provided by insects**. *BioScience* 56: 311- 323, 2006.

MARCO, J.R. P.; COELHO, F. M. **Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures pollination and production**. *Biodiversity and Conservation* 13: 1245-1255, 2004.

MCGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, 1976.

MILFONT, O. M. *et al*. **Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination.** Environmental Chemistry Letters 11: 335-341, 2013

MORETI, A.C.C.C. *et al*. **Observações sobre a polinização entomófila da cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*).** B. Industr. Animal, Nova Odessa, v. 55, n. 1, p. 91-94, 1998.

MULLIN, C. A *et al*. **High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honeybee health.** PLoS one 5: 19p, 2010.

MUSSEN, E. C.; THORP, R. W. **Honey bee pollination of cantaloupe, cucumber and watermelon.** Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2003.

NORDI, J. C.; Barreto, L. M. R. C. **Flora Apícola e Polinização.** 1. ed. TAUBATÉ: CABRAL UNIVERSITÁRIA, 2016. v. 1. 80p.

OLDROYD, B. P. **What's killing American honey bees?** PLoS biology 5: 1195-1199, 2007.

OLIVEIRA, J. E. M.; NICODEMO, D.; OLIVEIRA, F. F. **Contribuição da polinização entomófila para a produção de frutos de aceroleira.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 45, p. 56-65, 2015.

OLLERTON, *et al*. **How many flowering plants are pollinated by animals?** Oikos, v. 120, p. 321-326, 2011.

PÍFANO, J. **Polinização, Ambiente e Economia.** Monte do Mel, 2008. Disponível em: <http://montedomel.blogspot.com/2008/09/>. Acesso em 09 out. 2022

PEREIRA, F. M. *et al*. **Doenças e Inimigos Naturais das Abelhas. Brasília:** Embrapa, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/68248/1/Doc103.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2022.

PETTIS, J. S. *et al*. **Crop pollination exposes honeybees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen *Nosema ceranae*.** PLoS one 8: 9p, 2013.

PIRES, C. S. S. *et al*. **Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD?** Pesquisa Agropecuária Brasileira 51: 422-442, 2016.

POTTS, S. G. *et al*. **Safeguarding pollinators and their values to human well-being.** Nature 540: 220-229, 2016.

- QUEIROGA, V. P *et al.* **Cultivo do café (*Coffea arabica* L.) orgânico sombreado para produção de grãos de alta qualidade.** 1ed. / Campina Grande: AREPB, 2021. 279 f.: il. color. ISBN 978-65-87070-05-6, 2021.
- RAVEN, P. H; EVERT, R. F.; EICHHORN, S.F. **Biologia Vegetal**, Sexta Edição, Rio de Janeiro – RJ, Guanabara Koogan, 2001, 906p.
- RECH, A. R; BERGAMO, P. J.; FIGUEIREDO, R. A. **Polinização abiótica. Biologia da polinização**, p. 183-204, 2014.
- RICKETTS, T. H. *et al.* **Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?** Ecology Letters 11: 499-515, 2008.
- RODRIGUES, R. **Abelhas mel e polinização.** Folha de São Paulo, 2008.
- ROSA, A. S.*et al* **Honey bee contribution to canola pollination in Southern Brazil.** Scientia Agricola 68: 255-259, 2011.
- SALA, O. E. *et al.* **Global biodiversity scenarios for the year 2100.** Science 287: 1770-1774, 2000.
- SEZERINO, A. A. **Agricultura e Polinizadores:** interação sustentável que promove crescimento econômico. Revista Cultivas, 2022. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/agricultura-e-polinizadores:-interacao-sustentavel-que-promove-crescimento-economico>. Acesso em: 10 nov. 2022
- SILVA, C. I. *et al.* **Agricultura e Polinização:** Polinizadores manejados no Brasil e sua disponibilidade para a agricultura. São Paulo: Associação Brasileira de Estudos das Abelhas - A.B.E.L.H.A, 2015. Disponível em: <https://www.abelha.org.br/publicacoes/ebooks/Agricultura-e-Polinizacao.pdf>. Acesso em 10 nov. 2022
- SILVA, J. S. V. *et al.* **Desmatamento na Bacia do Alto Paraguai no Brasil.** Em: III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. EMBRAPA/INPE. p.459-467, 2010.
- SMITH, R. K.; WILCOX, M. M. **Chemical residues in bees, honey and beeswax.** American Bee Journal 130: 188-192, 1990.
- SOARES, J.L. **Dicionário Etimológico e Circunstanciado de Biologia**, São Paulo, Editora Scipione, 1993, 534p.
- SPADOTTO, C. A. *et al.* **Monitoramento de risco ambiental de agrotóxicos:** princípios e recomendações. Jaguariúna: EMBRAPA. 29p, 2004.
- STANGHELLINI, M. S *et al.* **Seed production in watermelon:** A comparison between two commercially available pollinators. HortScience, v. 33, n. 1, p. 28-30, 1998b.
- TILMAN, D. *et al.* **Forecasting agriculturally driven global environmental change.** Science 292: 281-284. 2001.

TRAUMANN, T. **O valor do Verde**. Revista Veja. p.80-81, 04/06/1997.

TRINDADE, M. S. *et al.* **Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 4, n. 1. 2004.

TSCHOEKE, *et al.* **Polinização da melancia por abelhas**. In: Tecnologias para produção sustentável da melancia no Brasil. Santos, G. R.; ZAMBOLIM, L (eds.), Gurupi-TO; Universidade Federal do Tocantins, cap 4, p. 59-94, 2011.

VILHENA, A. M. G. F.; AUGUSTO, S. C. **Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC. (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Triângulo Mineiro**. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 23, supl., p. 14-23, 2007.

VANBERGEN, A. J. INSECT POLLINATORS INITIATIVE. **Threats to an ecosystem service: pressures on Pollinators**. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 11, p. 251–259, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1890/120126>. Acesso em 7 out. 2022