



BACHARELADO EM AGRONOMIA

Efeitos da polinização por abelhas *Apis mellifera* na cultura da soja no Brasil: uma revisão de literatura

LOUIS LAYNE SOARES DA SILVA

**Hidrolândia, GO
2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS HIDROLÂNDIA**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**Efeitos da polinização por abelhas *Apis mellifera*
na cultura da soja no Brasil: uma revisão de
literatura**

LOUIS LAYNE SOARES DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal
Goiano – Campus Hidrolândia, como
requisito parcial para a obtenção do
Grau de Bacharel em Agronomia.

Hidrolândia – GO
dezembro, 2024

LOUIS LAYNE SOARES DA SILVA

Efeitos da polinização por abelhas *Apis mellifera* na cultura da soja no Brasil: uma revisão de literatura

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 19
de dezembro de 2024
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Jacson Zuchi
Prof. Dr. Jacson Zuchi
IF Goiano Campus Hidrolândia

Leonardo de Castro Santos
Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos
IF Goiano Campus Hidrolândia

Lilian Rosana Silva Rabelo
Prof.(a) Dr.(a). Lilian Rosana Silva Rabelo
Orientadora
IF Goiano Campus Hidrolândia

Hidrolândia –
Dezembro, 2024



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Louis Layne Soares da Silva

Matrícula: 202011200240249

Título do Trabalho: Efeitos da polinização por abelhas *Apis Mellifera* na cultura da soja no Brasil: uma revisão de literatura.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: __/__/__

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Hidrolândia, 13 de março de 2025.

gov.br

Documento assinado digitalmente
LOUIS LAYNE SOARES DA SILVA
Data: 13/03/2025 19:23:45 -0300
Verifique em <https://validar.itu.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do orientador

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S586e SOARES DA SILVA, LOUIS LAYNE
Efeitos da polinização por abelhas *Apis mellifera* na cultura da
soja no Brasil: uma revisão de literatura / LOUIS LAYNE
SOARES DA SILVA. Hidrolândia 2025.
41f. il.
Orientadora: Profª. Dra. Lilian Rosana Silva Rabelo.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 1120024 -
Bacharelado em Agronomia - Hidrolândia (Campus
1. *Apis mellifera*. 2. Polinização entomofílica. 3. Soja,
Sustentabilidade. I. Título.

RESUMO

SILVA, Louis Layne Soares da. **Efeitos da Polinização por abelhas *Apis mellifera* na cultura da soja no Brasil: uma revisão de literatura.** 2024. 43p Revisão de Literatura (Curso de Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal Goiano – Campus Hidrolândia, GO, 2024.

A soja (*Glycine Max* L. Merrill) é uma das principais *commodities* do Brasil, com cerca de 43,5 milhões de hectares dedicados ao cultivo, frequentemente associada à supressão de vegetação natural e redução de polinizadores, como *Apis mellifera*. Apesar da soja não depender de polinizadores para completar seu ciclo reprodutivo, ela é uma fonte significativa de néctar e pólen para as abelhas, e sua contribuição para a produtividade da soja é tema controverso. Este estudo realiza uma revisão sistemática da literatura sobre os efeitos da polinização por *Apis mellifera* na produtividade da soja no Brasil, com foco em publicações dos últimos vinte anos. A busca foi realizada em bases de dados eletrônicas, utilizando descritores em português e inglês, combinados com o operador booleano AND. Foram selecionados artigos científicos, teses, dissertações e estudos de caso, organizados conforme subtemas relevantes. Os resultados indicam que a polinização por *Apis mellifera* melhora significativamente a produtividade e a qualidade dos grãos de soja, com aumentos no peso dos grãos, maior número de grãos por vagem e vagens cheias. Observou-se também um aumento de até 100% na produção de mel em apiários próximos a lavouras de soja durante a florada. A polinização contribui para a diversidade genética das plantas e aumenta a resiliência dos sistemas agrícolas. Entretanto, o declínio das populações de abelhas, devido ao uso de pesticidas e perda de habitats, exige práticas agrícolas sustentáveis e a integração das abelhas nos sistemas de cultivo.

Palavras-chave: *Glycine Max*, polinização entomófila, serviço de polinização, sustentabilidade.

ABSTRACT

SILVA, Louis Layne Soares da. Effects of Pollination by *Apis mellifera* Bees on Soybean Cultivation in Brazil: A Literature Review. 2024. 43 pages. Literature Review (Bachelor's Degree in Agronomy). Federal Institute Goiano – Campus Hidrolândia, GO, 2024.

Soybean (*Glycine Max* L. Merrill) is one of Brazil's main commodities, with about 43.5 million hectares dedicated to its cultivation, often associated with the suppression of natural vegetation and the reduction of pollinators such as *Apis mellifera*. Although soybean does not depend on pollinators to complete its reproductive cycle, it is a significant source of nectar and pollen for bees, and its contribution to soybean productivity is a controversial topic. This study conducts a systematic review of the literature on the effects of *Apis mellifera* pollination on soybean productivity in Brazil, focusing on publications from the last twenty years. The search was conducted in electronic databases using descriptors in Portuguese and English, combined with the boolean operator AND. Scientific articles, theses, dissertations, and case studies were selected and organized according to relevant sub-themes. The results indicate that pollination by *Apis mellifera* significantly improves the productivity and quality of soybean grains, with increases in grain weight, the number of grains per pod, and filled pods. Additionally, a 100% increase in honey production was observed in apiaries near soybean fields during the flowering period. Pollination contributes to the genetic diversity of plants and increases the resilience of agricultural systems. However, the decline in bee populations, due to the use of pesticides and loss of habitats, requires sustainable agricultural practices and the integration of bees into cultivation systems.

Keywords: *Glycine Max*, entomophilous pollination, pollination service, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Impacto econômico da Polinização de soja por <i>Apis mellífera</i>	28
Figura 2: Produção de Néctar por Período de Florada.....	29
Figura 3: Produção de Mel a partir de Néctar	29

Sumário

LISTA DE FIGURAS	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVO GERAL	8
3 MATERIAL E MÉTODO	9
4 REVISÃO DE LITERATURA	10
4.1 Importância da soja na economia	10
4.3 Morfologia da soja	12
4.4 Abelhas <i>Apis mellifera</i>	13
4.5 Efeitos da polinização por <i>Apis mellifera</i> na produtividade da soja	15
4.6 Benefícios econômicos da apicultura associada ao cultivo de soja	19
4.7 impactos ambientais positivos da atividade apícola	20
4.8 Desafios e oportunidades no serviço de polinização	21
4.9 Boas práticas de manejo na integração de soja e abelhas	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill), do ponto de vista biológico, possui como característica a alta atratividade de insetos, tanto aqueles considerados pragas, quanto os polinizadores (Gazzoni 2016). Do ponto de vista produtivo, é um dos grãos mais importantes do mundo devido ao seu alto conteúdo de óleo e proteína de alto valor biológico (Adak e Kibritci 2016).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial, seguido pelos Estados Unidos e Argentina (USDA, 2024). Na safra 2022/2023, a cultura ocupou uma área de 44.062,6 milhões de hectares, totalizando uma produção de 154.566,3 milhões de toneladas, destacando a contribuição da soja no PIB brasileiro e na bolsa de valores para o mercado externo (Embrapa, 2023; CONAB, 2024). O crescimento da área destinada à cultura foi acompanhado pela supressão da vegetação natural. Esse desmatamento muitas vezes prejudica a própria agricultura, uma vez que florestas e áreas naturais abrigam uma grande diversidade de polinizadores (Blitzer *et al.* 2012).

A polinização é, atualmente, um fator de produção fundamental para muitas culturas agrícolas em todo o mundo. Os serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores, especialmente as abelhas *Apis mellifera*, são vitais para a manutenção da biodiversidade e da composição florística (Biesmeijer *et al.*, 2006; Potts *et al.*, 2010). Gianini *et al.* (2015) concluíram que 29% das espécies agrícolas dependem da polinização para alcançar uma produção significativa.

Ainda que autógamas, parte das flores de soja se autopolinizam e outras se reproduzem por autofecundação, possivelmente para aumentar a diversidade genética (Palmer *et al.* 2009). Apesar da grande quantidade de flores que se abrem durante o ciclo reprodutivo, a soja apresenta alta taxa de aborto de flores, podendo ser superior a 70% quando não há polinização cruzada mediada por abelhas (Chiari *et al.* 2013). O primeiro estudo científico sobre a polinização por abelhas em flores de soja foi realizado por Piper e Morse (1910), e desde então, há um grande debate sobre os benefícios do serviço de polinização nessa cultura. Erickson *et al.* (1978) concluíram que a presença de abelhas resultou em aumentos significativos na produção de sementes. Resultados semelhantes foram observados por Milfont *et al.* (2013), Gazzoni (2024), Zelaya *et al.* (2017). No entanto, alguns autores, como Woodhouse e Taylor

(1913), não notaram diferenças no peso total das sementes ao comparar tratamentos com e sem a presença de polinizadores.

O declínio desses polinizadores pode trazer consequências significativas para a agricultura e os ecossistemas em geral. Grande parte desse declínio está relacionada ao desmatamento, mudanças climáticas e ao uso excessivo de defensivos agrícolas, impactando diretamente na produção de soja e de produtos apícolas em apiários (Gazzoni, 2017).

É crucial gerir e disseminar conhecimento entre sojicultores e apicultores, pois na época de escassez da florada nativa, as plantações de soja servem como fonte de alimento para as abelhas e, ao mesmo tempo, promovem a biodiversidade local. Apesar de vários estudos e pesquisas, ainda há lacunas no conhecimento sobre os benefícios da polinização cruzada na produtividade de culturas autógamas e as variáveis que influenciam essa interação. A literatura existente mostra divergências quanto à magnitude desses efeitos e os mecanismos envolvidos, destacando a necessidade de mais pesquisas.

Considerando a importância econômica do cultivo da soja no Brasil, destaca-se a importância do conhecimento dos polinizadores, assim como, os efeitos que a polinização pode ocasionar na produtividade e qualidade dos grãos.

Com base nessas lacunas, esse trabalho busca por meio de uma revisão de literatura analisar os efeitos da polinização por *Apis mellifera* na cultura da soja no Brasil, destacando os benefícios agronômicos e econômicos dessa interação. Compreender a importância da polinização por abelhas na produtividade da soja, identificar as lacunas no conhecimento existente e proporcionar uma visão atualizada sobre o papel desses polinizadores nesse contexto. Este estudo contribui para o entendimento das relações entre a polinização e a produção agrícola, visando fortalecer a base de conhecimento sobre o tema e apoiar práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática da literatura acerca da dos efeitos da polinização por *Apis mellifera* na cultura da soja no Brasil, buscando discutir informações compiladas da literatura científica, de modo a compreender de forma abrangente e atualizada o papel desses polinizadores na cultura da soja, destacando os benefícios agrônômicos e econômicos dessa interação.

Objetivos específicos:

- ✓ Verificar por meio de revisão de literatura, os efeitos dos serviços de polinização por abelhas *A. mellifera* nos componentes de produção da soja;
- ✓ Compreender a importância da polinização das abelhas na produtividade da soja;
- ✓ Identificar lacunas no conhecimento existente e proporcionar uma visão atualizada sobre o papel das abelhas na produtividade no contexto da soja no Brasil.

3 MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho consistiu de uma revisão de literatura acerca dos impactos da polinização da soja no Brasil, por abelhas *Apis Mellifera*. Foi realizado um estudo exploratório da literatura científica sobre o tema apresentada sob a forma de revisão narrativa não exaustiva (GIL, 2008).

A busca foi realizada nas bases de dados Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Google Acadêmico e a Scientific Electronic Library Online (SciELO), Web of Science, Scopus, incluindo a Base de Dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (BDPA Embrapa), através de combinações de descritores associados. As buscas foram conduzidas de agosto a dezembro de 2024, considerando publicações dos últimos vinte anos.

Foram utilizados os seguintes descritores: polinização agrícola, polinização entomófila em cultivo de soja, polinização por *A. mellifera* e polinização por *A. mellifera* em soja. Para ampliar a abrangência, esses termos também foram pesquisados em inglês. Além disso, para refinar os resultados, os descritores foram combinados com o operador booleano de interseção AND.

Os critérios de inclusão adotados abrangeram artigos científicos, resumos expandidos, revisões de literatura, estudos de caso, informativos técnicos, monografias, dissertações e teses que abordassem a temática que permeia a polinização na cultura da soja realizada por abelhas *A. Mellifera*. Foram excluídos os trabalhos que não abordassem a polinização por abelhas na agricultura. Os artigos foram selecionados a partir da análise de títulos e resumos que atendiam aos critérios preliminares estabelecidos na revisão. Após a seleção, foi elaborado um banco de dados contendo os artigos escolhidos, seguido de um fichamento para organização das informações de acordo com os subtemas definidos para a composição do artigo.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Importância da soja na economia

A soja é uma planta pertencente à família Fabaceae e, do ponto de vista biológico, possui como característica a alta atratividade de insetos, tanto aqueles considerados pragas, quanto os polinizadores (Gazzoni 2016). Do ponto de vista produtivo, a soja constitui a principal commodity agrícola do mundo, devido ao seu alto conteúdo de óleo e proteína de alto valor biológico contribuindo principalmente para a produção de óleo e para a alimentação animal (Agarwal *et al.*, 2013; Adak e Kibritci, 2016), com grande possibilidade de expansão comercial devido ao aumento contínuo da demanda (Gao *et al.* 2018).

Estima-se que a cultura da soja ocupa uma área mundial de 138,52 milhões de hectares, produzindo 395,91 milhões de toneladas. O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de soja, com uma área plantada de 43,5 milhões de hectares, uma produção de 153 milhões de toneladas na safra 2023/24 e uma produtividade em média de 3.515 kg/ha. Isso supera os Estados Unidos, que possuem uma área plantada de 33,33 milhões de hectares, produção de 113,34 milhões de toneladas e uma média de produtividade de 3.400 kg/ha (USDA, 2024). Em terceiro lugar está a Argentina, com uma área plantada de 17,9 milhões de hectares, produção total de 51 milhões de toneladas e uma produtividade média de 2.900 kg/ha (USDA, 2024).

No Brasil, os principais Estados produtores de soja também apresentam números significativos. O Mato Grosso, maior produtor brasileiro, lidera com uma produção de 39,34 milhões de toneladas em uma área plantada de 12,37 milhões de hectares, resultando em uma produtividade de 3.179 kg/ha (Conab, 2024a). O Rio Grande do Sul segue com uma produção de 20,19 milhões de toneladas, área plantada de 6,76 milhões de hectares e produtividade de 2.985 kg/ha. No Paraná, a produção atinge 18,35 milhões de toneladas, com área plantada de 5,82 milhões de hectares e produtividade de 3.155 kg/ha. Goiás também se destaca, em quarto lugar, com uma produção de 16,71 milhões de toneladas, área plantada de 4,80 milhões de hectares e produtividade de 3.480 kg/ha (Conab, 2024b).

Para o agronegócio brasileiro é indubitavelmente que a soja seja a cultura mais importante na realidade contemporânea, devido à sua resposta no mercado mundial. Somente no ano de 2018 ela movimentou aproximadamente 31,7 bilhões de dólares, mostrando sua força e importância mundial, devido a sua grande diversidade (Oliveira, 2020). Foi a soja,

inicialmente apoiada pelo trigo, a grande responsável pela implementação da agricultura comercial no Brasil. Ela, também, apoiou ou foi a grande responsável por acelerar a mecanização das lavouras brasileiras, por modernizar o sistema de transportes, por expandir a fronteira agrícola, por profissionalizar e incrementar o comércio internacional, por modificar e enriquecer a dieta alimentar dos brasileiros, por acelerar a urbanização do País, por interiorizar a população brasileira (excessivamente concentrada no sul, sudeste e litoral do nordeste), por ténificar outras culturas (destacadamente a do milho). A soja, também, impulsionou e descentralizou a agroindústria nacional, patrocinando a expansão da produção de suínos e aves (Oliveira *et al.*, 2021).

4.2 Expansão da cultura da soja e sustentabilidade

O crescimento da área destinada à cultura da soja foi acompanhado pela supressão da vegetação natural. Esse desmatamento muitas vezes prejudicam a própria agricultura, uma vez que florestas e áreas naturais abrigam uma grande diversidade de polinizadores (Blitzer *et al.*, 2012). O serviço de polinização é essencial para a manutenção dos ecossistemas, já que 90% das plantas com flores (Ollerton *et al.*, 2011) e 35% das culturas agrícolas do mundo dependem da polinização para se reproduzir (Klein *et al.*, 2007).

Além disso, a expansão da soja tem sido associada a outros impactos ambientais significativos, como a degradação do solo e a contaminação de recursos hídricos devido ao uso intensivo de fertilizantes e pesticidas. De acordo com Nepomuceno (2024), todo o esforço em tropicalizar esta cultura permitiu ao Brasil deixar de ser importador do grão, na década de 1970, para se tornar o maior produtor e exportador de soja no mundo. Isso tudo respaldado em ciência e inovação. Esse crescimento, embora benéfico economicamente, exige a implementação de práticas agrícolas mais sustentáveis.

A Embrapa tem sido pioneira no desenvolvimento de tecnologias que visam aumentar a produtividade de forma sustentável. Segundo Arias (2024) com desenvolvendo de variedades adaptadas às condições tropicais com baixas latitudes, permitiu o cultivo da soja em todo o território brasileiro. Ainda, técnicas como a rotação de culturas, o plantio direto e a utilização de bioinsumos são exemplos de práticas que ajudam a mitigar os impactos ambientais e promover a agricultura de baixo carbono.

4.3 Morfologia da soja

A soja originária da China, é uma planta pertencente à família Fabaceae (leguminosas), assim como a ervilha, o feijão e a lentilha. Trata-se de um grão rico em proteínas, adequado para o consumo tanto humano quanto animal (Embrapa, 2021). Do ponto de vista biológico, possui como característica a alta atratividade de insetos, tanto aqueles considerados pragas, quanto os polinizadores (Gazzoni, 2016).

Têm flores de fecundação autógama, típicas da subfamília Papilionoideae, de cor branca, roxa ou intermediária. Desenvolvem vagens (legumes) levemente arqueadas que, à medida que amadurecem, evoluem da cor verde para amarelo-pálido, marrom-claro, marrom ou cinza, e que podem conter de uma a cinco sementes lisas, elípticas ou globosas, de tegumento amarelo pálido, com hilo preto, marrom ou amarelo-palha. Apresentam crescimento indeterminado (sem racemo terminal), determinado (com racemo terminal) ou semi determinado (intermediário) (Farias *et al.*, 2021).

A soja é considerada uma planta autógama, cleistogâmica e autofecundada, apresentando uma taxa de fertilização que varia entre 13% e 57%, dependendo do genótipo e das condições ambientais em que se encontra. Apesar de emitir uma grande quantidade de flores que podem ultrapassar centenas por planta, o número final de vagens formadas é significativamente inferior, devido ao alto índice de abortamento floral. Esse fenômeno é influenciado por fatores como condições climáticas adversas, deficiências nutricionais (como de boro e cálcio) e desequilíbrios hormonais (Yara Brasil, 2024; Stoller, 2024).

O elevado potencial de rendimento de grãos da soja, em parte é perdido, devido ao elevado índice de aborto e abscisão das estruturas reprodutivas (flores, vagens e grãos), reflexo da interação com o ambiente e da competição entre os órgãos por assimilados durante o desenvolvimento (Navarro Júnior E Costa, 2002). Diante do exposto, formam-se dúvidas se a polinização da soja não seria um dos fatores limitantes na produção (Delaplane E Mayer, 2000). Somado a isso, existem fortes indícios que algumas variedades se beneficiem da polinização mediada por abelhas (Carrillo E Ríos, 2009).

Apesar da baixa taxa de polinização cruzada, alguns autores afirmam que a polinização assistida pelas abelhas aumenta a produtividade da soja, principalmente devido ao maior número de vagens e de grãos por vagem. Estudos realizados nos EUA e no Brasil concluíram

que, quando a soja é cultivada em gaiolas, com colônias de abelhas em seu interior, o rendimento pode aumentar de 10% a 50%, comparativamente a parcelas de soja em gaiolas sem a presença das abelhas. Quando foi observado um aumento da produtividade da soja na presença de abelhas, o número de vagens cheias, e o número de sementes por vagem, foram maiores que as parcelas cultivadas na ausência de abelhas. Entretanto, também existem referências na literatura que apontam para produtividades similares de soja com presença ou ausência de abelhas (Gazzoni, 2017).

A literatura menciona uma dominância da abelha doméstica, *Apis mellifera*, forrageando em campos de soja, mas várias espécies nativas também foram encontradas. Há uma clara necessidade de estabelecer a diversidade e a abundância sazonal de abelhas polinizadoras forrageando em soja, para apoiar a estratégia de mitigação do impacto negativo das ações de controle de pragas sobre o serviço de polinização (Gazzoni, 2017).

4.4 Abelhas *Apis mellifera*

As abelhas pertencem ao filo Arthropoda, ordem Hymenoptera, família Apidae, gênero *Apis*. Seu ciclo de vida é composto por quatro etapas, ovo, larva, pupa e adulto (Rosa, 2017). No gênero *Apis* estão as abelhas sociais mais utilizadas comercialmente, sendo classificadas em sete espécies diferentes: *Apis florea*, *A. andreniformes*, *A. dorsata*, *A. cerana*, *A. mellifera*, *A. laboriosa* e *A. koschevnikov* (Couto e Couto, 2002).

Apis mellifera é amplamente manejada para a extração de produtos apícolas como o mel, própolis, cera, geleia real e pólen, que geram retorno financeiro satisfatório para os apicultores e que vem sendo cada vez mais comercializados (Free, 1980). No entanto esta espécie fornece não apenas produtos apícolas mas participa da polinização, que além de ser considerada um serviço ecossistêmico de grande valor, pode ser explorada em benefício tanto para o apicultor aumentando a produtividade dos produtos apícolas como para o agricultor, aumentando a produtividade de seus cultivos, garantindo em alguns casos que ocorra a formação de frutos de boa qualidade (Free, 1980; Gallo *et al.*, 2002; Gullan e Cranston, 2017). *A. mellifera* é uma das espécies mais utilizadas para polinização em plantas cultivadas, devido ao fácil manejo, ao tamanho das colônias e seu perfil generalista na busca de recursos (Pires *et al.*, 2016).

De acordo com o Sebrae (2023) para o pequeno produtor, investir em apicultura é uma

excelente oportunidade de expandir sua atuação no mercado e diversificar a produção. Além de não exigir uma grande equipe, é necessário apenas uma pessoa para iniciar esse empreendimento. Consoante, dados de 2020 da Secretaria de Comércio e Relações Internacionais, os principais importadores mundiais de mel natural são, respectivamente, os Estados Unidos, a União Europeia e o Reino Unido. Além disso, os europeus se mostram ainda mais competitivos como destino das exportações brasileiras, pois, no último dia 28 de junho de 2023, foi fechado um dos maiores acordos comerciais da história entre o Mercosul, do qual o Brasil faz parte, e a União Europeia, possibilitando o crescimento da produção de mel como atividade remuneratória no Brasil.

As abelhas têm um papel crucial para a sobrevivência das espécies do nosso planeta. Isso porque o ato de fazer a polinização é essencial não só para alimentar a colmeia, mas para ajudar na fertilização das plantas. Estima-se que 2% das abelhas são responsáveis pela polinização de 80% das culturas do planeta. Ao pegar o pólen das plantas, que é a célula germinativa masculina, elas transportam para outras flores, ajudando a fertilizar esses vegetais. Portanto, exercem um papel essencial para a continuação de várias espécies de legumes, frutas e outras plantas, auxiliando a manter a biodiversidade (Sebrae, 2023).

A cultura da soja (*Glycine Max* L.) é um exemplo de como um cultivo pode ser beneficiado por essas abelhas, tanto cultivos transgênicos como os convencionais. Os serviços ecossistêmico da polinização prestados por *A. mellifera* gerando aumento na produtividade quando estas estão presentes no cultivo e são manejadas adequadamente, mesmo que a cultura não necessite da polinização entomófila e o aumento na produtividade seja pequeno, é preciso considerar que esta cultura oferece recursos florais que atraem tanto as abelhas melíferas como outros polinizadores (Chiari *et al.*, 2008; Milfont *et al.*, 2013).

Em culturas de interesse agrícola como a soja *A. mellifera* é relatada como o visitante floral mais frequente entre os insetos (Milfont *et al.*, 2013; Oliveira e Fernandes, 2016), sendo as primeiras horas do dia o período de menor intensidade de frequência, com os picos de maior visitação entre os horários das 10h até as 13h, com uma considerável diminui o da sua atividade de forrageio a partir das 16h, ou em alguns casos, suspende sua visita o a partir desse horário (Jung, 2014; Oliveira e Fernandes, 2016).

Apis mellifera também   relatada iniciando seu forrageamento por volta das 9h, com um 22 pico de visita o às 13h, e após as 16h ela diminui sua frequência na cultura (Chiari *et al.*, 23 2005), e sua presença nos cultivos de soja gera benefícios na sua produtividade, quando

a planta está recebendo a visita deste polinizador (Chiari *et al.*, 2008).

Assim, fica claro que as abelhas *A. mellifera* desempenham um importante papel no meio ambiente por meio da polinização, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e podendo aumentar a produção de algumas culturas de interesse agrícola, nas quais são capazes de aumentar a produtividade ou então aumentar o tamanho e aspecto do fruto, características essas que valorizam o produto final (Rech *et al.*, 2014).

4.5 Efeitos da polinização por *Apis mellifera* na produtividade da soja

A polinização é essencial para que as plantas com flores produzam qualquer tipo de semente e fruto (FAO s.d). É a transferência dos grãos de pólen das estruturas masculinas das flores, os estames, para a parte feminina, o estigma, da mesma flor ou de uma outra flor da mesma espécie vegetal. O pólen transferido então germina no estigma e fertiliza os óvulos localizados no ovário da flor (Freitas *et al.*, 2015). A polinização pode ocorrer de forma cruzada ou de forma direta (autopolinização), quando a transferência do pólen da antera para o estigma acontece em uma mesma flor ou em outra flor, na mesma planta (Nascimento *et al.*, 2012).

Segundo Rabeschini (2024), o método de polinização cruzada, é o processo pelo qual o pólen é transferido de uma flor para o estigma de outra flor da mesma espécie, mas de um indivíduo diferente, promovendo a variabilidade genética e a saúde das populações de plantas. Sendo um dos mais importantes serviços ecossistêmicos, a polinização cruzada assegura a variabilidade genética da maior parte das espécies vegetais – nativas e cultivadas, além de representar um fator importantíssimo na produtividade e qualidade das culturas agrícolas (Kremen *et al.*, 2005; Breeze *et al.*, 2011).

De acordo com Siqueira (2019), o processo de polinização pode ser classificado de diferentes formas, isso dependerá de como o grão de pólen é transportado para a oosfera, o que é influenciado pela natureza do agente polinizador, seja ele biótico ou abiótico. Entre os polinizadores bióticos, os insetos são os mais eficientes devido à sua abundante quantidade na natureza e à adaptabilidade às diferentes estruturas florais (Free 1993). A evolução de milhares de anos foi um processo que beneficiou tanto os polinizadores quanto as plantas (Del-Claro e Torezan-Silingardo, 2012). Entre os insetos polinizadores, as abelhas são os principais em nível mundial (Calderone, 2012), sendo que existem mais de 20 mil espécies de abelhas no mundo (Michener, 2007), e são responsáveis por aproximadamente 84% da polinização entomófila

(McGregor, 1976).

As abelhas são altamente eficientes na polinização, pois ao longo da evolução se adaptaram perfeitamente à morfologia das flores (Michener, 2007). Lima *et al.* (2016) demonstraram que colônias de abelhas africanizadas com alta demanda por proteína aumentaram a área de pólen armazenado em mais de 200%, em apenas duas semanas. A polinização, feita principalmente pelas abelhas na natureza, é essencial para a produção de sementes e frutos. Estima-se que dentre as espécies florais cultivadas no mundo, aproximadamente 73% sejam polinizadas por alguma espécie de abelhas (Fonseca, 2015; FAO, 2004).

Embora algumas espécies de plantas sejam autopolinizadas, como a soja, suas flores mantiveram, ao longo da evolução, estruturas anatômicas e recursos florais compatíveis com estruturas desenvolvidas por plantas dependentes da polinização por insetos. As estruturas mais comuns para atrair os polinizadores de insetos são os guias de néctar e os nectários florais (Palmer *et al.*, 2009).

Zelaya *et al.* (2017), em trabalho realizado no Chaco Serrano da Argentina, mostra evidências do efeito positivo da polinização biótica na produção de soja. As plantas expostas aos polinizadores (tratamento aberto) produzem mais sementes (média \pm SE = 1776,4 \pm 89) do que as plantas excluídas deles (média \pm SE = 1255,85 \pm 75), indicando que as plantas das parcelas abertas produzem 41,5% mais sementes do que as parcelas cobertas. Embora o impacto da polinização animal varie entre diferentes variedades de soja, ele é sempre positivo e os incrementos na produção não são desprezíveis, sendo superiores a 30%.

Em pesquisa realizada por Santos *et al.* (2013) durante o verão, em Palmitas, departamento de Soriano, no Uruguai, em uma parcela de 120 ha de soja, incluindo 10 colmeias de abelhas *A. mellifera* com 10 quadros em distâncias de 200 e 500 metros da lavoura, a 200 m do apiário, o número médio de sementes por planta obtido nas parcelas de polinização livre foi 5% maior do que nas parcelas excluindo polinizadores, embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa (ANOVA; F = 0,63; P = 0,45). A 500 m do apiário, a diferença entre os dois tipos de parcelas foi de 25% (ANOVA; F = 7,65; P = 0,03). Considerando que todos os insetos participaram da polinização na mesma proporção, podemos determinar que, neste estudo, 70% do aumento de sementes foi devido à presença de abelhas.

Na cultura da soja, a espécie *A. mellifera* tem sido citada como uma das abelhas mais frequentes na visitação de suas flores (Milfont *et al.*, 2013). No Brasil, vários estudos

demonstram, que a cultura da soja se beneficia dos serviços de polinização por *A. mellifera*, com incrementos de produtividade conforme trabalhos apresentados a seguir.

Em pesquisa conduzida na cultura da soja em área de experimentação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Londrina, Paraná, Brasil, em áreas livres para visitação, as abelhas africanizadas *A. mellifera*, foram os visitantes mais frequentes (76,4%), seguido por abelhas da família Halictidae (13,11%), da tribo Meliponini (6,43%), da família Vespidae (2,08%) e outros insetos (1,98%) (Santos, 2020). Esse resultado confirma os de Chiari *et al.* (2013), que observaram uma frequência de 97,02% de *A. mellifera* visitando as flores de soja, confirmando que no Brasil, as abelhas africanizadas são as abelhas que mais contribuem para a polinização cruzada nas flores de soja. Consoante, os resultados observados por Santos *et al.* (2013) observando que a presença das abelhas *A. mellifera* é expressiva na cultura, estando presentes em até 70,5% do total de insetos amostrados e sua busca dos recursos florais oferecidos pela cultura da soja, pode gerar um aumento de até 25% no número de sementes formadas.

Mais recentemente foi demonstrado que a introdução de abelhas melíferas em plantações de soja (*Glycine Max*), uma espécie que se autopoliniza, favoreceu a polinização e contribuiu para atenuar o déficit de polinização, melhorando significativamente o rendimento da produção. A produtividade da soja pode ter aumento quando são inseridos habitat de nidificação para abelhas no manejo da cultura (Gazzoni *et al.*, 2022). A soja, apesar de ser uma planta autógama e cleistogâmica, tem se mostrado beneficiada na presença de abelhas, dado o favorecimento à produtividade da cultura (Gazzoni, 2017).

Chiari *et al.* (2005a) observaram aumento de 58,58% no número de vagens, 82,31% no número de sementes, 57,73% na produção de sementes e de 61,38% na quantidade de vagens, na cv. BRS 133, quando se compararam plantas com livre visitação de insetos em relação ao tratamento em que não foi permitida a polinização cruzada. Chiari *et al.* (2005b), trabalhando com a cv. BRS 133, encontraram uma média de 53,31 e 82,90% de aborto nas flores para tratamentos em que abelhas *Apis mellifera* estavam presentes e ausentes, respectivamente. Esses resultados corroboram os de Carlson (1973) que verificaram que as flores de soja pode atingir até 80% de aborto nas flores, dependendo da cultivar e das condições ambientais.

Bletter *et al.* (2018) avaliando aumentos nos rendimentos da soja que recebeu visitação de *A. mellifera* verificaram que no período das 12h foi o que teve a maior taxa de visitação pelas abelhas, e que a sua presença na cultura trouxe aumento no rendimento da cultura em até

18% no primeiro ano de avaliação, porém, na segunda safra não houve diferenças significativas entre as áreas com a presença da abelha e nas áreas em que as abelhas eram impedidas de visitar a cultura. Tal resultado pode ter sido observado em decorrência das condições climáticas que são diferentes de um ano para o outro, e que podem influenciar a produção da cultura, ou pela variedade em estudo, já que muitas variedades fecundam as flores antes mesmo destas abrirem.

Santos (2020) observou que a introdução de *A. mellifera* em plantações de soja transgênica e convencional, não apresentou diferença significativa entre as cultivares, contudo apresentou significância para os tratamentos, em que áreas com colônias de abelhas africanizadas apresentaram maior produtividade ($p < 0,05$) quando comparada às áreas cobertas sem abelhas. Ambas cultivares apresentaram alta porcentagem de autopolinização, produzindo 4.299,24 kg/ha nas áreas cobertas sem abelhas. Esse valor é 27,1% maior que a média nacional de 3.382,77 kg/ha (Conab, 2018). No entanto, a polinização cruzada promovida por insetos polinizadores resultou em aumento significativo na produtividade. Em áreas abertas para livre visitação de insetos, a produção foi 6,26% maior que nas áreas cobertas sem abelhas, e nas áreas cobertas com colônia de abelhas, o aumento de produção de sementes foi 13,77% maior quando comparado ao tratamento sem a presença de insetos polinizadores, indicando a eficiência de uma maior densidade de abelhas por metro quadrado e de seu serviço de polinização.

Milfont (2012), ao investigar a polinização de soja por *A. mellifera*, verificou um aumento significativo na produtividade e qualidade do grão quando comparada à autopolinização. O estudo também demonstrou que a soja é atrativa para a abelha melífera e que a introdução de colônias no cultivo contribui positivamente para incrementos na produtividade, principalmente pela maior formação de vagens com três sementes. Além do potencial uso na polinização da cultura, foi demonstrado que cultivos de soja possuem potencial para a exploração apícola visando a produção de mel. As abelhas forrageiam na cultura principalmente para néctar, permitindo a produção de mais de 10 kg de mel por colônia em apenas 30 dias.

Por outro lado, Silva *et al.* (2020), em um estudo realizado no IFRS Campus Ibirubá, ao avaliar os efeitos da polinização de espécies *A. mellifera* na produtividade das tecnologias Roundup Ready (RR) e Intacta, em diferentes tratamentos, não observaram diferenças estatísticas entre os tratamentos na produção de grãos. Em contrapartida, estudos realizados por Gazzoni (2024) mostraram que há um aumento da produtividade de soja que pode chegar a 18%, sendo em média de 13%. Isso ocorre porque aumenta o número de grãos por vagem de

soja. Na colheita, observa-se mais vagens com três grãos, algumas com quatro, e praticamente não existem vagens chochas, sendo poucas com um só grão. Além disso, o peso do grão aumenta e esses fatores combinados são responsáveis pelo aumento da produtividade.

Porém, para se alcançar resultados significativos de aumento de produtividade e/ou qualidade dos frutos, segundo Brittain *et al.* (2013) o ideal é que haja mais de uma espécie de abelha polinizando a cultura. Além disso, demonstraram que a presença de abelhas silvestres competindo pelos mesmos recursos florais aumentou a eficiência de polinização das abelhas *A. mellifera*.

Segundo Severino *et al.*, (2024) vale enfatizar que as lavouras de soja estão cada vez mais próximas de reservas onde se concentram polinizadores, especialmente as abelhas. Estas áreas podem ser de ocorrência natural ou compostas por apiários instalados em áreas agrícolas. Ao contrário do que muitos acreditam, a polinização não interfere apenas no volume da produção (ex. Maracujá, caju, café), mas influencia também o aspecto qualitativo dos frutos (ex. Maçã, morango, pimentão), a quantidade de substâncias nas sementes (ex. óleo no girassol, canola, mamona), encurtamento do ciclo de culturas (ex. melão, melancia) e uniformização da altura das plantas (ex. gergelim, soja) (Freitas *et al.*, 2015).

Por esse motivo, a preservação dos habitats próximos às áreas de plantio é essencial para a manutenção dos ecossistemas, uma vez que a perda desse habitat pode fazer com que uma espécie de polinizador se sobressaia em relação a outra, podendo causar declínio da espécie menos adaptada à mudança no ambiente (Carré *et al.* 2009).

4.6 Benefícios econômicos da apicultura associada ao cultivo de soja

Segundo Freitas e Silva (2015), benefícios econômicos associados à apicultura eram considerados irrelevantes no rendimento econômico da agricultura brasileira. Mas estudos mostraram a importância dos polinizadores na produção de alimento, e que o valor econômico deste serviço é muito alto.

Para estimar a dependência por polinização foram criadas quatro classes (essencial, grande, modesta ou pequena) e a cada uma dessas classes foi atribuída uma taxa de dependência (respectivamente, 0,95; 0,65; 0,25 e 0,05). Essa atribuição foi baseada em estudos que revelaram que algumas culturas quando não polinizadas apresentavam uma redução entre 90 e 100% na produção (dependência considerada essencial); outras, entre 40-90% (dependência

considerada grande); entre 10-40% (modesta), e; entre 1-10% (pequena) (Giannini,2015). Além desses valores atrelados a polinização temos também outro lado da moeda que é o produto proveniente da visitação das abelhas *Apis mellifera*, em busca de recurso alimentar, néctar e pólen, sendo a principal fonte de energia (carboidratos) e a principal fonte de proteína, respectivamente (Severino *et al.*, 2024).

Segundo Gazzoni (2024), apicultores que colocam seus apiários perto de lavouras colhem até 50 kg de mel por colmeia, durante a florada da soja. Isto é mais do que o dobro da média brasileira, que é de 19 kg de mel, por caixa, por ano. E essa produção só aumenta, de acordo com dados da Pesquisa Pecuária Municipal, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em geral o Brasil registrou, em 2022, um recorde de produção. Em média 60,9 toneladas de mel, mostrando a efetiva participação nesse aumento.

Outro ponto a se destacar é a promoção do serviço de polinização agrícola assistida, que é subutilizado no Brasil em comparação com os EUA, por exemplo. Diversos alimentos dependem do serviço de polinização promovido por abelhas manejadas pelo homem. É o caso da maçã, do melão, da canola, da melancia, entre muitos outros. A cooperação entre apicultores e agricultores pode impulsionar a produtividade e a renda de ambos. (A.B.E.L.H.A,2024).

4.7 Impactos ambientais positivos da atividade apícola

Existem muitos pontos de entrada diferentes para projetos de apicultura que fortalecem os meios de subsistência e o desenvolvimento, tais como a inclusão de árvores para abelhas em projetos de reflorestamento, para melhorar a polinização e aumentar a colheita (FAO s.d.). A apicultura é uma atividade que promove a conservação e permite a manutenção da biodiversidade através do serviço ambiental de polinização, sendo uma das poucas atividades agropecuárias que preenche todos os requisitos da sustentabilidade: o econômico porque gera renda para os apicultores; o social porque utiliza a mão-de-obra familiar; e o ecológico porque não se desmata para criar abelhas (Santos & Ribeiro, 2009).

A criação de um apiário é uma atividade que não destrói, não polui, contribuindo para a preservação da natureza. No Brasil, grande parte da produção de mel e de outros produtos das colmeias depende das matas nativas para a obtenção de néctar, pólen e resinas. Por este motivo, o apicultor é naturalmente um defensor da natureza e trabalha por sua preservação (Souza *et al.*, 2007).

4.8 Desafios e oportunidades no serviço de polinização

O tamanho das áreas cultivadas com espécies agrícolas que dependem direta ou indiretamente da polinização vem crescendo anualmente, enquanto o serviço de polinização dos insetos tem sofrido riscos de diminuir ou desaparecer devido a inúmeros fatores (Aizen e Harder, 2009). Isso ocorre porque o serviço de polinização dos insetos não costuma fazer parte do planejamento e muito menos das práticas agrícolas adotadas na maioria dos países (Breeze *et al.*, 2014). Embora subvalorizada no Brasil, a polinização tem sido usada em larga escala em duas culturas de grande expressão econômica: maçã, especialmente em Santa Catarina, e o melão, principalmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Estas culturas utilizam o aluguel de colônias de *Apis mellifera*, gerando bons negócios para os apicultores (A.B.E.L.H.A, 2017). Um dos motivos que contribui para que os insetos polinizadores não façam parte do manejo agrícola é a falta de estudos consistentes e atualizados sobre a importância dessas espécies na produtividade das principais culturas agrícolas (Abrol 2007). Os estudos para estimar a contribuição dos polinizadores, tanto economicamente, quanto para a qualidade de vida humana e dos ecossistemas, surgiu nos anos 1980 (Gomez-Baggethun e Ruiz-Perez, 2011). No Brasil, Gianini *et al.* (2015) concluíram que 29% das espécies agrícolas dependem da polinização para alcançar produção significativa. Além disso, os mesmos autores observaram que o incremento agrícola devido aos polinizadores representa 30% do valor total de mercado. Contudo, a contribuição de produção, devido à polinização realizada por polinizadores silvestres, depende diretamente da abundância dessas espécies nas proximidades da lavoura (Garibaldi *et al.* 2011)

Devido a mudanças climáticas (Kerr *et al.* 2015) e impacto dos pesticidas (Dicks 2013), a diminuição da quantidade de polinizadores se tornou uma das principais preocupações ambientais (Gilbert 2014). A redução de abelhas, por exemplo, tem ocorrido devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos e à perda de habitat, dado às práticas agrícolas degradadoras (Castilhos *et al.*, 2019; Mouillard-Lample *et al.*, 2023; Abati *et al.*, 2023).

A conscientização sobre o uso correto de defensivos agrícolas é crucial para a conservação das abelhas. É fundamental que os agricultores utilizem esses produtos de acordo com a legislação vigente e as instruções das bulas, além de conservar as matas nativas e

restaurar áreas degradadas (A.B.E.L.H.A, 2024). Ressalta o Diretor-Geral da FAO, QU Dongyu, “que o número de abelhas, polinizadores e muitos outros insetos está diminuindo devido à práticas agrícolas insustentáveis, pesticidas, pragas e patógenos, destruição de habitat e crise climática” (FOA, 2022).

O declínio de polinizadores pode acarretar consequências catastróficas para a sociedade, uma vez que a demanda por alimentos tende a crescer em 70% até 2050 (FAO, 2010) e, além disso, impacta a biodiversidade e os ecossistemas. Uma das formas de diminuir ou minimizar os impactos ambientais sobre a saúde dos polinizadores é por meio do uso de agricultura sustentável (Motzke *et al.*, 2015). Necessita-se bom senso entre os elos de desafios e oportunidades, onde por desconhecimento dos produtores, algumas culturas de grande valor econômico, como soja e canola, também podem aumentar seus níveis de produtividade se forem adequadamente polinizadas. Segundo alguns estudos com culturas de soja, esse ganho pode chegar de 31,7 a 58,6% no número de vagens, 40,13% no peso da vagem, 29,4 a 82,3% no número de sementes, 95,5% na viabilidade das sementes e 9 a 81% no peso das sementes (A.B.E.L.H.A, 2017).

4.9 Boas práticas de manejo na integração de soja e abelhas

Para uma integração harmônica, os agricultores e apicultores precisam seguir as boas práticas agrícolas e apícolas. Necessitam manter uma comunicação transparente, frequente e permanente, para que sejam evitadas interferências de uma atividade sobre a outra. Os agricultores devem observar o MIP-Soja e as recomendações da tecnologia de aplicação, para evitar impacto negativo sobre as abelhas, criadas ou silvestres (Gazzoni, 2024).

A flor de soja contém néctar de qualidade, com açúcares e outras substâncias que as abelhas precisam para o seu desenvolvimento. Uma planta de soja possui 50 ou mais flores, dependendo da cultivar, do solo e do clima. Isso significa mais de 12 milhões de flores por hectare. Segundo os estudos da Embrapa (2024), a produção de néctar pode passar de 6 litros por hectare, por dia. Com 20 dias de floração plena, são 120 litros de néctar que as abelhas podem levar para suas colmeias.

Desta forma, se faz necessário conscientizar produtores rurais, engenheiros agrônomos e outros profissionais sobre os impactos que os produtos com ação inseticida podem ocasionar sobre os agentes polinizadores, com a finalidade de preservar as áreas agrícolas (Abati *et al.*, 2023).

As abelhas e outros polinizadores, criaturas pequenas, trabalhadoras e aliadas valiosas para a saúde do planeta e para a vida dos seres humanos, desempenham um papel vital na manutenção dos ecossistemas. Elas são fundamentais para a produção de alimentos e meios de subsistência e ligam diretamente os ecossistemas selvagens aos sistemas de produção agrícola. (FAO, 2022). Uma das formas de diminuir ou minimizar os impactos ambientais sobre a saúde dos polinizadores é por meio do uso de agricultura sustentável (Motzke *et al.*, 2015).

O termo sustentabilidade surgiu no final dos anos 1980 (Dixon e Fallon, 1989) e até os dias atuais está ocorrendo a transição da “sociedade do consumo” para o uso sustentável dos recursos naturais. Embora o planeta tenha mais de 7 bilhões de pessoas que precisam se alimentar, existe a conscientização sobre a necessidade de modelos de agricultura que aliem a produtividade e à preservação de ecossistemas, incluindo os polinizadores. Isto é, a agricultura deve investir em tecnologias de produção, visando proteger a biodiversidade dos ecossistemas sem causar danos ao ambiente (UNEP, 2011). Além de assegurar a produtividade de boa parte dos vegetais cultivados, o serviço de polinização dos insetos pode ainda aumentar a qualidade dos frutos produzidos, agregando valor ao produto (Garrat *et al.*, 2014)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta revisão bibliográfica, explorou-se os principais estudos sobre os efeitos da polinização das abelhas *Apis mellifera* na cultura da soja. Ao analisar as informações que foram expostas com esta revisão bibliográfica, foi demonstrado que a introdução de abelhas melíferas em plantações de soja, uma espécie que se autopoliniza, favoreceu a polinização e contribuiu para atenuar o déficit de polinização, melhorando significativamente o rendimento da produção.

A soja, apesar de ser uma planta autógama e cleistogâmica, tem se mostrado beneficiada na presença de abelhas, dado o favorecimento à produtividade da cultura (Gazzoni, 2017). Em contrapartida a apicultura e as abelhas selvagens se beneficiam, pois, uma planta de soja possui 50 ou mais flores, dependendo da cultivar, do solo e do clima. Isso significa mais de 12 milhões de flores por hectare. Segundo os estudos da Embrapa (2024), a produção de néctar pode passar de 6 litros por hectare, por dia. Com 20 dias de floração plena, são 120 litros de néctar que as abelhas podem levar para suas colmeias.

Apesar do vasto corpo de literatura existente, identificamos várias áreas que ainda carecem de investigação, como produção total de mel produzido à base de néctar de soja, dados atualizados de produção de grãos, estudos que destacam a importância da polinização e preservação dos polinizadores em lavouras de grande escala de produção, conhecimento e convivência harmoniosa entre sojicultores e apicultores. Há uma clara necessidade de estabelecer a diversidade e a abundância sazonal de abelhas polinizadoras forrageando em soja, para apoiar a estratégia de mitigação do impacto negativo das ações de controle de pragas sobre o serviço de polinização (Gazzoni, 2017).

Esta pesquisa busca preencher essas lacunas ao revisar literaturas de grande importância acadêmica, econômica, ambiental e social, com o objetivo de atualizar e ressaltar questões essenciais para o cenário climático e ambiental. Nesse contexto destaca-se a importância de implementação de pequenas ações que podem gerar impactos significativos a longo prazo. Além disso, evidencia-se que renomados pesquisadores vêm estudando e propondo soluções desde a década de 1970, as quais, somente agora, começam a receber o devido reconhecimento, apesar de sua importância já ser amplamente justificável.

No quadro 1, estão reunidos os autores, ano de publicação e resultados, de destacadas pesquisas que contribuíram significativamente para esta revisão.

Quadro 1: Autores, ano de publicação de pesquisas que contribuíram significativamente para a revisão literária sobre o tema: efeitos da Polinização por abelhas *Apis mellifera* na cultura da soja no Brasil, entre 2005 e 2024.

Severino <i>et al.</i>	2024
Gazzoni	2024
Embrapa	2024
Castilhos <i>et al.</i> , 2019; Mouillard-Lample <i>et al.</i> , 2023; Abati <i>et al.</i> , 2023	2023 -2019
FAO	2022
Esquivel; Parys; Brewer	2021
Santos	2020
Silva <i>et al.</i>	2020
Gazzoni	2017
Zelaya <i>et al.</i>	2017
Gianini <i>et al.</i>	2015
Santos	2013
Santos <i>et al.</i>	2013
Milfont	2012
Chiari	2005 a
Chiari	2005b

De acordo com o Quadro 1, pesquisas realizadas no Brasil indicam que diversos autores concluíram que a presença de abelhas proporciona aumentos significativos na produção de sementes. Conforme descrito por Galzzoni (2024), Santos (2020), Betler *et al.* (2018), Santos *et al.* (2013) e Milfont (2012), a integração das abelhas com a cultura da soja pode elevar a

produtividade da oleaginosa, com um aumento médio de 13%. Pesquisas realizadas em outros países demonstram variações ainda mais expressivas. Zelaya (2017), Chiarad (2005a) e Santos *et al.* (2013) registraram aumentos na produção de sementes de 30%, 57,73% e 70%, respectivamente.

Além do incremento na produtividade, estudos indicam que o mel produzido a partir dessa interação apresenta características diferenciadas, sendo mais aromático, suave e resistente à cristalização, mesmo quando exposto a baixas temperaturas (Canal Rural, 2024).

Após a análise das publicações, foi realizado um levantamento da quantidade de citações atribuídas aos seis autores mais mencionados, permitindo avaliar a relevância e a influência de suas contribuições nas discussões desta revisão (Quadro 02).

Quadro 2: Quantidade de citações dos seis autores mais citados

Autor	Número de Citações
Gazzoni, 2017	6
Milfont, 2013	5
Santos <i>et al.</i> , 2013	4
Chiari, 2005	3
Embrapa, 2024	2
Gianini, 2015	2

Fonte: Autor (2024)

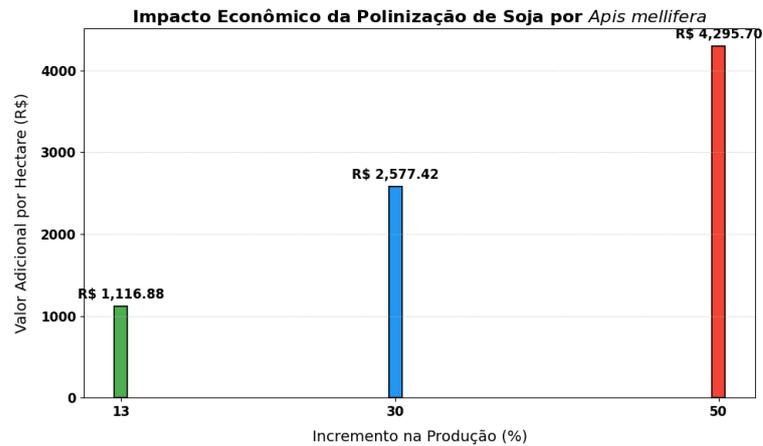
O Quadro 2 apresenta a quantidade de citações atribuídas aos seis autores mais mencionados na revisão de literatura. Observa-se que Gazzoni (2017) é o autor mais citado, com 6 menções, seguido por Milfont, 2013 (5 citações) e Santos *et al.*, 2013 (4 citações). Chiari, 2005 aparece com 3 citações, enquanto Embrapa (2024) e Gianini (2015) foram citados 2 vezes. Essa distribuição evidencia a predominância das contribuições de Gazzoni, cuja pesquisa sobre a interação entre a soja e os polinizadores tem sido amplamente referenciada, destacando seu papel na elevação da produtividade da soja e na melhoria da qualidade do mel.

As contribuições de Milfont e Santos *et al.* também se mostram de grande relevância, enfatizando a importância dos polinizadores e das práticas de manejo sustentável na cultura da soja. Embora Chiari, Embrapa e Gianini tenham sido menos citados, seus estudos continuam sendo relevantes para a compreensão dos aspectos centrais abordados nesta revisão de literatura.

De acordo com os incrementos de produção observados pelos autores, é possível estimar o impacto econômico do aumento proporcionado pela polinização de *Apis mellifera*. Segundo dados da Conab (2024), a produtividade estimada da soja foi de 53,37 sacas por hectare (3.202 kg/ha). Ajustando para um valor de referência de 60 sacas/ha, a produção adicional seria de 7,8 sacas para um incremento de 13%, 18 sacas para um incremento de 30% e 30 sacas para um incremento de 50%. Considerando o preço da soja cotado em R\$ 143,19 por saca, conforme dados do CEPEA (Paranaguá), o aumento econômico resultante seria de R\$ 1.116,88 para um incremento de 13%, R\$ 2.577,42 para um incremento de 30% e R\$ 4.295,70 para um incremento de 50%. Esse acréscimo na produtividade e na rentabilidade ocorre sem custos adicionais, sendo obtido exclusivamente por meio da polinização realizada por *A. mellifera*, conforme demonstrado na Figura 1.

Além do aumento da produtividade, observam-se melhorias na qualidade dos grãos, com maior ocorrência de vagens contendo três grãos, algumas com quatro, além da redução de vagens chochas e daquelas com apenas um grão. O peso dos grãos também aumenta, e esses fatores combinados são determinantes para o ganho produtivo.

O incremento na produtividade representa um aumento direto da renda líquida do agricultor, pois não exige mudanças no sistema de produção nem demanda investimentos adicionais. Além disso, a adoção dessa prática promove benefícios ambientais, uma vez que a proteção das abelhas contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Ao produzir mais na mesma área, sem necessidade de insumos extras, a eficiência do sistema é ampliada. Considerando um aumento médio de 13% na produtividade da soja, estima-se uma redução proporcional na emissão de GEE por hectare ou por tonelada produzida, tornando o cultivo mais sustentável.

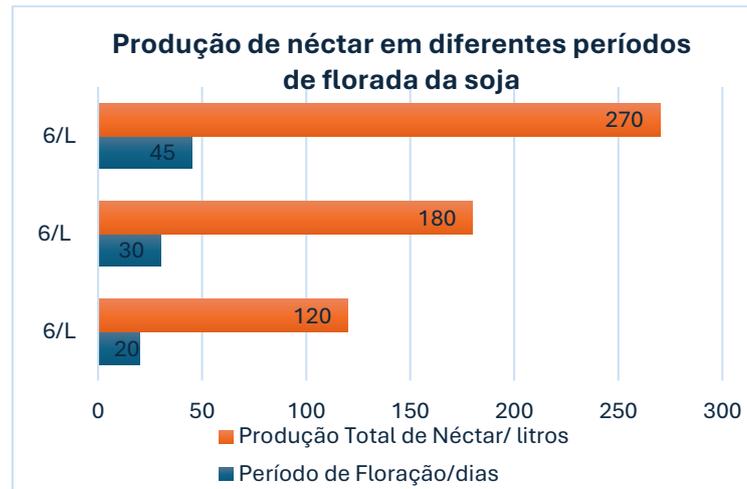
Figura 1: Impacto econômico da Polinização de soja por *Apis mellifera*.

Fonte: Autor, 2024

A produção de néctar em um hectare de soja pode ultrapassar 6 litros por dia, totalizando cerca de 120 litros ao longo dos 20 dias de floração plena, conforme demonstrado na Figura 2 (EMBRAPA, 2018). Esses valores podem variar conforme a variedade da soja, as condições do solo e o clima. Estima-se que 75% do néctar coletado seja transformado em mel pelas abelhas *Apis mellifera*, resultando em aproximadamente 90 litros de mel por hectare. Considerando a densidade do mel de cerca de 1,36 kg/L, essa produção equivale a aproximadamente 122,4 kg de mel por hectare, conforme ilustrado na Figura 3. Esses dados evidenciam o potencial significativo da apicultura associada ao cultivo da soja, contribuindo tanto para a produtividade agrícola quanto para a diversificação das fontes de renda dos produtores.

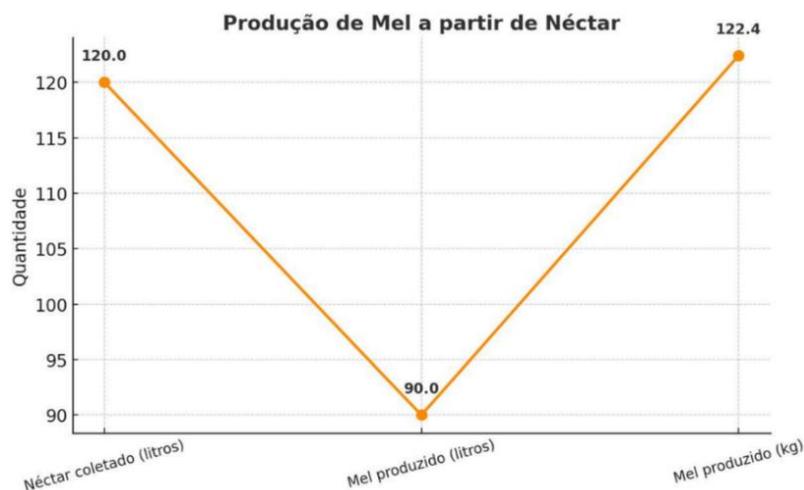
Segundo Gazzoni (2024), apicultores que instalam seus apiários próximos a lavouras de soja podem colher até 50 kg de mel por colmeia durante a florada, mais que o dobro da média brasileira, que é de 19 kg por caixa ao ano. Além disso, a produção nacional de mel tem apresentado crescimento contínuo. De acordo com a Pesquisa Pecuária Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2022, o Brasil registrou um recorde, com uma produção média de 60,9 mil toneladas de mel, evidenciando a crescente importância da apicultura no país.

A Figura 2 apresenta a média de litros de néctar produzidos por hectare de soja em diferentes períodos de floração: 20, 30 e 45 dias. Ressalta-se que essa quantidade pode variar de acordo com a variedade da soja, o sistema de plantio, as condições do solo, o clima, entre outros fatores

Figura 2: Produção de Néctar por Período de Florada.

Fonte: Autor, 2024.

A figura 3 demonstra a conversão de 120 litros de néctar em 90 litros de mel. Considerando a densidade do mel, que é de aproximadamente 1,36 kg/L, essa quantidade corresponde a 122,4 kg de mel. Esta conversão é mediada por enzimas presentes no trato digestivo das abelhas, que quebram os açúcares complexos do néctar em açúcares simples, facilitando a transformação em mel. O gráfico ilustra a quantidade de néctar necessária para produzir uma quantidade específica de mel, levando em consideração a densidade do mel e a eficiência da conversão, que é aproximadamente de 75%. Este processo é fundamental para a produtividade das colmeias e a sustentabilidade da apicultura.

Figura 3: Produção de Mel a partir de Néctar

Fonte: Autor, 2024.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nesta revisão, é possível afirmar que embora seja uma espécie capaz de realizar a autopolinização de forma eficiente, a capacidade de *A. mellifera* visitar a cultura da soja e realizar o serviço da polinização é constatada, o que gera para a planta benefícios no rendimento da sua produtividade através de aumentos no número de sementes e no número de vagens por planta, qualidade de vagens e conseqüentemente, ganhos financeiros quando presente na cultura. Para o apicultor, também é constatada incrementos na produção de mel por colméias de até 100% com apiários próximos à lavouras de soja, devido à influência do período de florada da soja. A polinização por abelhas também é essencial para manter a diversidade genética das plantas, tornando os sistemas agrícolas mais resilientes.

No entanto, o declínio das populações de abelhas devido ao uso indiscriminado de pesticidas e à perda de habitats representa um desafio significativo. Dessa forma, práticas agrícolas sustentáveis e a integração de abelhas nos sistemas de cultivo tornam-se indispensáveis para potencializar sua contribuição à produtividade agrícola.

Para avançar no campo, em estrutura e conhecimento, futuras pesquisas devem ser iniciadas, focando em porcentagens e números precisos da relação simbiótica entre a visitação das abelhas *A. mellifera* na cultura da soja e os produtos mutualísticos que essa junção produz: produtividade e mel de soja. É crucial contar com apoio legislativo, administrativo e jurídico para promover políticas públicas que aceleram esse mercado de preservação, sustentabilidade do ecossistema, além de programas que incentivem a geração de renda atrelada à conservação do meio ambiente.

É fundamental divulgar a importância da polinização e incentivar o apoio estudantil a pesquisas que ofereçam dados concretos sobre a relação entre sojicultores, apicultores e o mercado. Os benefícios gerados são de interesse público, pois envolvem a preservação e a sustentabilidade do ecossistema, além de contribuir para o crescimento do PIB brasileiro.

Compreender o papel das abelhas como polinizadoras na manutenção da biodiversidade, na produção agrícola global e, portanto, na segurança alimentar, é essencial para garantir a sustentabilidade das gerações futuras.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.B.E.L.H.A. **Desafios e Perspectivas Para o Futuro da Apicultura no Brasil**. Disponível em: <https://abelha.org.br/dia-do-mel-desafios-e-perspectivas-para-o-futuro-da-apicultura-no-brasil/> . Acesso em: 11 dez. 2024.

ABATI, R. *et al.* Residual effect of imidacloprid and beta-cyfluthrin on Africanized *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: *Apidae*) workers. **Apidologie**, v. 54, n. 3, 17 abr. 2023.

ABROL, D. P. Honeybees and Rapeseed: A Pollinator–Plant Interaction. **Advances in Botanical Research**, p. 337–367, 1 jan. 2007.

ADAK, M. S.; KIBRITCI, M. Effect of nitrogen and phosphorus levels on nodulation and yield components in faba bean *Vicia faba* L. **Legume Research - An International Journal**, n. OF, 5 out. 2016.

ADMINISTRADOR SUMAC. **Conab - Último levantamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas> . Acesso em: 12 dez. 2024.

ADMINISTRADOR SUMAC. **Conab - Último levantamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298, 41 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas> . Acesso em: 12 dez. 2024.

AGARWAL, D. K. *et al.* Soybean: Introduction, Improvement, and Utilization in India—Problems and Prospects. **Agricultural Research**, v. 2, n. 4, p. 293–300, 16 out. 2013.

AIZEN, M. A.; HARDER, L. D. The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. **Current Biology**, v. 19, n. 11, p. 915–918, jun. 2009.

ARRABAL ARIAS, C. **Ciência e tecnologia permitem safras recordes de soja nas lavouras brasileiras - Portal Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79598649/ciencia-e-tecnologia-permitem-safras-recordes-de-soja-nas-lavouras-brasileiras> . Acesso em: 11 dez. 2024.

BACAXIXI, P. *et al.* **A Importância Da Apicultura No Brasil**. [s.l: s.n.]. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/4obaFHM5hPoTX99_2013-5-17-17-41-22.pdf . Acesso em: 11 dez. 2024.

BLETTLER DC, FAGÚNDEZO GA, CAVIGLIA OP. Contribution of honeybees to soybean yield. **Apidologie** 49(1): 101–111. 2018.

BIESMEIJER, J. C. *et al.* Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345–353, jun. 2010.

BLITZER, E. J. *et al.* Pollination services for apple are dependent on diverse wild bee communities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 221, n. 2016, p. 1–7, abr. 2016.

BREEZE, T. D. *et al.* Agricultural Policies Exacerbate Honeybee Pollination Service Supply-Demand Mismatches Across Europe. **PLoS ONE**, v. 9, n. 1, p. e82996, 8 jan. 2014.

BREEZE, T. D. *et al.* Pollination services in the UK: How important are honeybees? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 142, n. 3-4, p. 137–143, ago. 2011.

BRITTAIN, C. *et al.* Synergistic Effects of non- *Apis* Bees and Honey Bees for Pollination Services. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1754, p. 20122767, 7 mar. 2013.

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, 22 maio 2012.

CANAL RURAL; FAVERIN, V. **Integração entre soja e abelhas aumenta produtividade do grão em até 25% e melhora o mel.** Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agricultura/projeto-soja-brasil/integracao-entre-soja-e-abelhas-aumenta-produtividade-do-grao-em-ate-25-e-tambem-melhora-o-mel/> . Acesso em: 11 dez. 2024.

CARRÉ, G. *et al.* Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 133, n. 1-2, p. 40–47, set. 2009.

CARRILHO, J. L.; CANO RÍOS, P. **Manual de Polinización Apícola Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.** [s.l: s.n.]. Disponível em: https://www.mieldemalaga.com/data/manual_polinizacion_apicola.mex.pdf . Acesso em: 11 dez. 2024.

CHIARI, W. C *et al.* Floral Biology and Africanized Honeybee Behaviour in Transgenic (Roundup Ready™ var. BR-245 RR) and Conventional (var. BRS-133) Soybean (*Glycine Max* L. Merrill) Flowers. **InTech eBooks**, v. 1, n. 1, 29 maio 2013.

CHIARI, W. C. *et al.* Floral Biology and Behavior of Africanized Honeybees *Apis mellifera* in Soybean (*Glycine Max* L. Merrill). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 3, p. 367–378, 1 maio 2005b.

CHIARI, W. C. *et al.* Pollination of soybean (*Glycine Max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 31–36, 1 jan. 2005a.

CONAB. **Conab - Safra Brasileira de Grãos.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> . Acesso em: 12 dez. 2024.

CONSULTORIA, D. **Mercado Internacional Do Mel: Tendências, desafios, Oportunidades E Fluxos.** Domani, 25 ago. 2023. Disponível em: <https://www.domaniconsultoria.com/post/mercado-internacional-do-mel-tend%C3%A2ncias->

desafios-oportunidades-e-fluxos?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=dsa-todas-urls&utm_source=googleadgrants&utm_medium=cpc&utm_campaign=&utm_content=&utm_term=&utm_id=612857890719&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw7NmzBhBLEiwAxrHQ-ZnGsj2pbfnl9T6baqn41_xoKUNXk7xvOkRCemv5q-sfwFDt8VN5bxoCXn4QAvD_BwE . Acesso em: 11 dez. 2024.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: Manejo e Produto**. 3º. ed. [s.l.] Funep, 2002. v. 1.

DELAPLANE, K. S. & MAYER D. F. (2000). *Crop Pollination by Bees*. - New York, Oxon (CABI Publishing). - 352 S., zahlr. s/w Fotos. ISBN 0-85199-448-2 (hardcover). US\$ 100,-. **Zoosystematics and Evolution**, v. 78, n. 1, p. 192–192, 22 abr. 2008.

DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Ecologia das Interações Plantas-Animais, uma abordagem ecológico evolutiva**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284443063_Ecologia_das_Interacoes_Plantas-Animais_uma_abordagem_ecologico_evolutiva . Acesso em: 11 dez. 2024.

DICKS, L. Bees, lies and evidence-based policy. **Nature**, v. 494, n. 7437, p. 283–283, fev. 2013.

DIXON, J. A.; FALLON, L. A. The concept of sustainability: Origins, extensions, and usefulness for policy. **Society & Natural Resources**, v. 2, n. 1, p. 73–84, jan. 1989.

EMBRAPA. **Soja - Portal Embrapa**. (J. G. Jardine, Ed.) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 12 ago. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/soja> . Acesso em: 12 dez. 2024.

ERICKSON, E. H. *et al.* Honey Bee Pollination Increases Soybean Yields in the Mississippi Delta Region of Arkansas and Missouri¹². **Journal of Economic Entomology**, v. 71, n. 4, p. 601–603, 1 ago. 1978.

FAO, B. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: Abelhas e polinizadores: pequenas criaturas, mas grandes aliadas na Terra | **FAO no Brasil | Food and Agriculture Organization of the United Nations**. www.fao.org, 20 maio 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1529993/> . Acesso em: 21 jun. 2024.

FAO, F. AND A. O. (2010). **“Climate-Smart” Agriculture Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation**. [s.l: s.n.]. p. 49.

FAO. **Las Abejas Son Los Diligentes Polinizadores De Las Frutas Y Cultivos**. Disponível em: <https://www.fao.org/4/y5110s/y5110s03.htm#bm03> . Acesso em: 11 dez. 2024.

FARIAS, J. R. B. *et al.* **Características Da Soja - Portal Embrapa**www.embrapa.br. Brasília -DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 12 ago. 2021. Disponível em:<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-soja>. Acesso em: 12 dez. 2024.

FREE, J. B. **A organização social das abelhas (*Apis*)**. São Paulo, SP: EPU, 1980. 79p.

FONSECA, V. L. I. **Agricultura e Polinizadores**. São Paulo: Associação Brasileira de Estudos das Abelhas - A.B.E.L.H.A, 2015. p. 71.

GALLO, D., *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ: il (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz), 2002. 920 p.

GULLAN, P.J., CRANSTON, P.S. **Insetos: Fundamentos da Entomologia**. 5a. ed. Rio de Janeiro, Roca, p. 427, 2017.

FREE, J. B. **Insect Pollination of Crops**. [s.l.] Academic Press, London, 1993.

FREITAS, B. M. *et al.* **Agricultura e Polinizadores**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Estudo das Abelhas (A.B.E.L.H.A.), 2015. v. 1p. 71.

GAO, J. *et al.* Application of Controlled-Release Urea Enhances Grain Yield and Nitrogen Use Efficiency in Irrigated Rice in the Yangtze River Basin, China. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 19 jul. 2018.

GARIBALDI, L. A. *et al.* Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. **Ecology Letters**, v. 14, n. 10, p. 1062–1072, 2 ago. 2011.

GARRATT, M. P. D. *et al.* Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 184, n. 1, p. 34–40, fev. 2014.

GAZZONI, D. L. **Abelhas no campo podem aumentar produtividade da soja em até 13%. Revista Globo Rural**, 10 out. 2022. Disponível em: <<https://globo rural.globo.com/Colunas/fazenda-sustentavel/noticia/2022/09/abelhas-no-campo-podem-aumentar-produtividade-da-soja-em-ate-13.html>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

GAZZONI, D. L. **Embrapa Soja Ministério da Agricultura E Pecuária Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária Soja e Abelhas Um Processo De Ganha-Ganha Boas Práticas**. [s.l.] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, mar. 2024. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1164976/1/FOLDER-soja-mel-basf-embrapa.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2024.

GAZZONI, D. L. **Soja e Abelhas**. 1º. ed. São Paulo: Embrapa Soja, 2017. p. 152.

GAZZONI, D. L. **Soybean and bees**. [s.l.] International Cataloging in Publication (CIP) Data Embrapa Soybean, 2016. p. 147.

GIANNINI, T. C.; VENTURIERI, G. **Agricultura e Polinizadores, Capítulo: O valor econômico do serviço de Polinização em alguns cultivos brasileiros**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Estudo das Abelhas (A.B.E.L.H.A.), 2015. v. 1p. 44–71.

GIL, A. C. **Métodos E Técnicas De Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GILBERT, N. “Life on Earth” project gets under way. **Nature**, v. 510, n. 7506, p. 455–455, jun. 2014.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; RUIZ-PÉREZ, M. Economic valuation and the commodification of ecosystem services. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 35, n. 5, p. 613–628, out. 2011.

GUIMARÃES, B. M. DA C. **Polinização por abelhas em cultivo convencional e agroflorestal**. Dissertação (Mestrado Em Ecologia E Conservação De Recursos Naturais) — Universidade Federal de Uberlândia 2018.

IBGE. **Produção Agropecuária | IBGE**. www.ibge.gov.br Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

JUNG, A. H. **Impacto de inseticidas aplicados em soja sobre abelhas melíferas**. Dissertação 32 (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, 63 p., 2014.

KERR, J. T. *et al.* Climate change impacts on bumblebees converge across continents. **Science**, v. 349, n. 6244, p. 177–180, 10 jul. 2015.

KLEIN, A.-M. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 7 fev. 2007.

KREMEN, C.; BALVANERA, P.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Applying Community Structure Analysis To Ecosystem Function: Examples From Pollination And Carbon Storage. **Ecological Applications**, v. 15, n. 1, p. 360–375, fev. 2005.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 26, p. 16812–16816, 16 dez. 2002.

LIMA, E. G. DE *et al.* Regulation of Pollen Foraging Activity in *Apis mellifera* Africanized Honeybees Colonies. **Agricultural Sciences**, v. 7, n. 6, p. 335–340, 6 jun. 2016.

MCGREGOR, S. **Insect Pollination of Cultivated Crop Plants: Agriculture Handbook No. 496 by United States Department of Agriculture**. USD: Departamento de Agricultura dos EUA, Serviço de Pesquisa Agrícola, 1976.

MICHENER, C. D. (2007). *The Bees of the World*. - Baltimore and London (The John Hopkins University Press). - 913 S., 48 Farbfotos und zahlr. s/w Illustrationen. ISBN 0-8018-6133-0 (hardcover). US\$ 165.-. **Zoosystematics and Evolution**, v. 78, n. 2, p. 353–353, 22 abr. 2008.

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

MILFONT, M. O. **Uso da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização e aumento de produtividade de grãos em variedade de soja (*Glycine Max.* (L.) Merrill.) adaptada às condições climáticas do nordeste brasileiro**. Tese (doutorado Em Zootecnia) —Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2012.: [s.n.].

MOTZKE, I. *et al.* Pollination mitigates cucumber yield gaps more than pesticide and fertilizer use in tropical smallholder gardens. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 1, p. 261–269, 1 fev. 2015.

NAVARRO, H. MOTTA J.; COSTA, J. A. Expressão do potencial de rendimento de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 275–279, 1 mar. 2002.

NEPOMUCENO, A. L. **Ciência e tecnologia permitem safras recordes de soja nas lavouras brasileiras - Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79598649/ciencia-e-tecnologia-permitem-safras-recordes-de-soja-nas-lavouras-brasileiras>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

OLIVEIRA, A. *et al.* **Biotecnologia Aliada na Agricultura e na Produtividade da Soja. Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, nov. 2020. Disponível em: https://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/v5FFWnlxnzYpixh_2022-1-31-20-33-20.pdf

OLIVEIRA, F., FERNANDES, M.G. Does the transgenic Cry1Ac toxin adversely affect the population dynamics of floral-visiting insects in soybean crop? **African Journal Biotechnology**, v.15, n.25, p. 1320-1329. 2016.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321–326, 21 fev. 2011.

PALMER, R. G. *et al.* The role of crop-pollinator relationships in breeding for pollinator-friendly legumes: from a breeding perspective. **Euphytica**, v. 170, n. 1-2, p. 35–52, 21 maio 2009.

PIPER, C. V.; MORSE, W. J. **The soy bean; history, varieties and field studies**. Washington, GPO ed. Estados Unidos: Bureau of Plant Industry; 1910. v. 1p. 197

PIRES, C. S. S. *et al.* Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422–442, maio 2016.

POTTS, S. G. *et al.* Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345–353, jun. 2010.

RABESCHINI, G.; EDUARDO, C.; PAREJA, M. Pollination ecology: insights for planning and managing agroecosystems. **Revista Brasileira em Agroecologia**, v. 19, n. 1, p. 94–103, 28 mar. 2024.

RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro, Ed. Projeto Cultura, 2014. 527 p.

ROSA, S. L. **Uma avaliação dos efeitos advindos de inseticidas organossintéticos sobre abelhas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) no Brasil [Revisão da Literatura]**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas —Universidade Federal de Santa Catarina: [s.n.].

SANTOS, C. S.; RIBEIRO, A. S. Apicultura Uma Alternativa Na Busca Do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil)**, v. 4, n. 3, 1 jun. 2009.

SANTOS, E. Increase in Soybean (*Glycine Max*) Production Using Honey Bees (*Apis mellifera*). **Agrociencia Uruguay**, v. 17, n. 1, 23 jun. 2013.

SANTOS, E. *et al.* Aumento en la producción de semillas de soja (*Glycine Max*) empleando abejas melíferas (*Apis mellifera*). **Agroc Urug** 17(1): 81-90. 2013.

SANTOS, P. R. DO. Polinização por abelhas *Apis mellifera* em soja transgênica e convencional. (**Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil**), v. 1, n. 1, p. 92, Tese (Doutorado), 1 fev. 2020.

SCHAIK, P. H.; PROBST, A. H. Effects of Some Environmental Factors on Flower Production and Reproductive Efficiency in Soybeans 1. **Agronomy Journal**, v. 50, n. 4, p. 192–197, abr. 1958.

SEBRAE. Produtos das abelhas: características, benefícios e porque utilizar. **SEBRAE**, 15 jun. 2023a.

SEBRAE. Produtos das abelhas: características, benefícios e porque utilizar. **SEBRAE**, 15 jun. 2023b.

SEVERINO, J.J; REIS, L. C.; ORTIZ, T. A. Relações soja × agentes polinizadores em sistemas de produção agrícola. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 1, p. 7621–7641, 31 jan. 2024.

SILVA, C. I.; FILHO, A. J. DE S. P. **Agricultura e Polinizadores**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Estudo das Abelhas (A.B.E.L.H.A.), 2015. p. 71

SILVA, G. M. *et al.* **A Polinização De Abelhas *Apis mellifera* na Cultura da Soja e os efeitos sobre a Produtividade**. 9º SICT Seminário de Iniciação Científica e Tecnologia. **Anais...**1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá. Ibirubá, RS: 9 dez. 2020. Disponível em: https://eventos.ifrs.edu.br/index.php/Salao_IFRS/5salao/paper/viewFile/9143/4469

SIQUEIRA, G. G. D. B. D. **Polinização: “Uma Revisão Bibliográfica Sobre Um Dos Fenômenos Biológicos Mais Importantes Da Terra”**. Monografia (2019) —Universidade Federal do Rio de Janeiro - Polo Universitário de Nova Iguaçu: [s.n.].

SOUZA, D. C. **Apicultura: Manual do Agente de Desenvolvimento Rural**. 2º. ed. Brasília - DF: SEBRAE, 2007. p. 186

UNEP 2011. **UNEP Issues Policy Brief on Food and Ecological Security**. Disponível em: <<https://sdg.iisd.org/news/unep-issues-policy-brief-on-food-and-ecological-security/>>. Acesso em: 12 dez. 2024.

VIEIRA, F. R.; ANDRADE, D. C.; RIBEIRO, F. L. A polinização por abelhas sob a perspectiva da Abordagem de Serviços Ecossistêmicos (ASE). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 544–560, 8 fev. 2021.

WOODHOUSE, E. J.; TAYLOR, C. S. **The varieties of soy beans found in Bengal, Bihar and Orissa and their commercia possibilities**. Calcutta, London: Published for the Imperial Department of Agriculture in India, by Thacker, Spink & Co., W. Thacker & Co. em inglês, 1913. v. 5p. 175

ZELAYA, P. V. *et al.* Soybean Biotic Pollination and Its Relationship to Linear Forest Fragments of Subtropical Dry Chaco. **Basic and Applied Ecology**, v. 32, n. 1, p. 86–95, nov. 2018.