

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS PALMEIRA DAS MISSÕES
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA E CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – LICENCIATURA PLENA

Graciela Sabino Bueno

**INFLUÊNCIA DA POLINIZAÇÃO POR ABELHAS EM CULTURA DE
GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)**

Palmeira das Missões, RS
2023

Graciela Sabino Bueno

**INFLUÊNCIA DA POLINIZAÇÃO POR ABELHAS EM CULTURA DE GIRASSOL
(*Helianthus annuus* L.)**

Trabalho de Conclusão, apresentado ao Curso de Ciências Biológicas – Licenciatura Plena, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Licenciada em Ciências Biológicas**.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Tanea Maria Bisognin Garlet
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Avelar Pucci

Palmeira das Missões, RS
2023

Graciela Sabino Bueno

**INFLUÊNCIA DA POLINIZAÇÃO POR ABELHAS EM CULTURA DE GIRASSOL
(*Helianthus annuus* L.)**

Trabalho de Conclusão, apresentado ao Curso de Ciências Biológicas – Licenciatura Plena, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Licenciada em Ciências Biológicas**.

Aprovado em 27 de junho de 2023:

Prof.^a Dr.^a Tanea Maria Bisognin Garlet (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Prof. Dr. Luiz Eduardo Avelar Pucci (UFSM)
(Coorientador e Membro da Banca Avaliadora)

Danilo Freitas da Silva, Zootecnista (UFSM)
(Membro da Banca Avaliadora)

Palmeira das Missões, RS
2023

Dedico este trabalho a meus pais, pois é graças aos
seus esforços que hoje posso concluir o meu curso.

Ad Maiorem Dei Gloriam.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus por sempre me ajudar, me dar forças e coragem para enfrentar as dificuldades e por sempre me amar e cuidar de mim quando eu nada merecia. À Mãe Rainha e Vencedora Três Vezes Admirável de Schoenstatt, Virgem Maria, por me consolar, me ouvir e levar minhas preces a Seu Filho Jesus Cristo e por me mostrar o caminho da salvação, me orientando na fé e me protegendo todos os dias. Aos Santos Doutores da Igreja Católica Apostólica Romana, aos quais eu recorria pedindo sabedoria e inteligência para este trabalho. Ao Espírito Santo.

Aos meus pais Garibalde e Odila e minha irmã Gabriela, os quais eu amo muito, por me apoiarem sempre e me incentivarem, acreditando no meu potencial e me ajudando nas minhas necessidades, por me aconselharem e serem compreensivos, pensando sempre no meu bem. Ao meu namorado Pedro Henrique, a quem amo muito e devo muito pela paciência, ajuda, compreensão, amor e carinho, por me escutar nas horas de dificuldade e também nos momentos de alegria, por ser meu melhor amigo e me apoiar sempre, me motivar e nunca permitir que eu desistisse. A vocês, muito obrigada.

A minha orientadora, Professora Tanea, que teve toda a paciência e cuidado comigo, por toda dedicação e palavras de encorajamento, por seu exemplo e incentivo, me mostrando que eu era capaz, e pelos momentos de alegria com muito trabalho e aprendizado.

Agradeço ao meu coorientador, Professor Luiz, que sempre foi muito atencioso e disposto a me ouvir, dando conselhos e me auxiliando nos momentos de dúvidas, me mostrando que sempre era possível, por continuamente me apoiar e por sua disponibilidade.

Ao Danilo, técnico do Laboratório de Estudos e Pesquisa com Abelha (LEPA), que estava sempre disposto a me ajudar, por todo apoio e comprometimento com meu trabalho, pela paciência em me ensinar muitas coisas, me ajudar nas etapas desse experimento e por se fazer sempre disponível para me orientar, pois sem a sua ajuda eu certamente não saberia por onde começar e não saberia quando iria terminar. Meu muito obrigada.

Aos alunos de graduação do Curso de Zootecnia do *campus* que fazem parte do grupo de estudos no LEPA, pela mão de obra que cada um desempenhou para me ajudar de forma generosa, sem pedir nada em troca, sem a força de vocês e a disponibilidade o meu trabalho seria muito mais árduo. Obrigada pela amizade.

Agradeço aos demais professores e profissionais que me auxiliaram, à UFSM e ao Curso de Ciências Biológicas pela oportunidade. Às colegas e amigas de curso, pelo carinho, companheirismo e apoio, obrigada por me ouvirem e serem meu alívio na dor.

“Ama e faz o que quiseres. Se calares, calarás com amor; se gritares, gritarás com amor; se corrigires, corrigirás com amor; se perdoares, perdoarás com amor. Se tiveres o amor enraizado em ti, nenhuma coisa senão o amor serão os teus frutos.”

Santo Agostinho

RESUMO

INFLUÊNCIA DA POLINIZAÇÃO POR ABELHAS EM CULTURA DE GIRASSOL (*Helianthus annuus L.*)

AUTORA: Graciela Sabino Bueno

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a Tanea Maria Bisognin Garlet

COORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Eduardo Avelar Pucci

As abelhas são caracterizadas como um dos principais agentes polinizadores, com diversidade morfológica e comportamental em seus grupos, beneficiando uma variedade de flores com sua ação polinizadora. A polinização é o fenômeno pelo qual as plantas superiores atingem a reprodução sexual, quando o pólen é transferido da antera de uma flor para o estigma de outra flor. Considerada um dos benefícios mais importantes para a humanidade, a polinização contribui para a preservação e manutenção da vida vegetal e de sua variabilidade genética. O girassol (*Helianthus annuus L.*) é uma planta eudicotiledônea da família Asteraceae, que realiza preferencialmente a polinização cruzada, sendo assim uma planta alógama. Apresentando discordância morfofisiológica na maturação dos estames e pistilos, a parte masculina da flor amadurece antes da parte feminina, tornando a autofecundação uma ação pouco desempenhada pela planta. O órgão mais importante da planta, o fruto seco do tipo aquênio, varia em tamanho, cor e teor de óleo, características que a polinização apícola pode interferir positivamente, possibilitando aumento do número dessas sementes e melhor qualidade. Cerca de 70% das lavouras para consumo humano aumentam a produção pela polinização das abelhas. Há poucas informações no Brasil sobre a dependência de polinização nas lavouras, impedindo uma análise precisa do valor dela para as culturas brasileiras. Diante disso, este trabalho tematizou a influência da polinização por abelhas na cultura do girassol. O objetivo foi avaliar o efeito da polinização por abelhas em características produtivas e de qualidade em aquênios de girassol, avaliando a qualidade da produção de girassol através da taxa de germinação de plântulas normais, número de aquênios e peso total de aquênios por capítulo, peso de 1000 aquênios, frequência de visitação de diferentes espécies de abelhas e o tipo de pólen presente no corpo das abelhas. Trata-se de um estudo realizado mediante pesquisa-ação, de cunho qualitativa e quantitativa. O trabalho consistiu em três tratamentos: um com restrição total de polinizadores (T1), um com restrição parcial (T2) e outro sem restrição (T3). Foi conduzido próximo ao Laboratório de Estudo e Pesquisa com Abelhas da Universidade Federal de Santa Maria, em Palmeira das Missões, RS, entre agosto de 2022 e janeiro de 2023. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Duncan ($p < 0,05$) em software estatístico SAS, além de análise faunística e correlação de Pearson. Contabilizou-se 2840 abelhas de 11 espécies. A espécie mais observada foi *Apis mellifera*, com incidência constante e picos de visitação entre 12h00 e 13h00 e às 16h00. Houve uma baixa correlação entre os dados climáticos para as visitas das abelhas. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros número e peso total de aquênios e peso de 1000 aquênios. A taxa de germinação foi significativamente maior para T1 do que para T3, mas não houve significância sobre as médias de plântulas normais. As cargas de pólen foram majoritariamente de girassol, não diferindo estatisticamente, porém sinalizando a preferência das abelhas por esta cultura.

Palavras-chave: Agentes polinizadores. Cultivo agrícola. Melitofilia. Germinação.

ABSTRACT

INFLUENCE OF POLLINATION BY BEES ON SUNFLOWER CULTURE (*Helianthus annuus* L.)

AUTOROR: Graciela Sabino Bueno

ADVISOR: Prof.^a Dr^a Tanea Maria Bisognin Garlet

ADVISOR: Prof. Dr. Luiz Eduardo Avelar Pucci

Bees are characterized as one of the main pollinating agents, with morphological and behavioral diversity in their groups, benefiting a wide variety of flowers with their pollinating action. Pollination is the phenomenon by which higher plants achieve sexual reproduction, when pollen is transferred from the anther of a flower to the stigma of another flower. Considered one of the most important benefits for humanity, pollination contributes to preserving and maintaining plant life and its genetic variability. The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a eudicotyledonous plant of the Asteraceae family, which performs cross-pollination, thus being an allogamous plant. Showing morphophysiological discrepancy in the maturation of stamens and pistils, the male part of the flower matures before the female part, making self-fertilization an action little performed by the plant. The most important organ of the plant, the achene-type dry fruit, varies in size, color, and oil content, characteristics that bee pollination can positively interfere with, allowing an increase in the number of these seeds and better quality. About 70% of crops for human consumption increase production by bee pollination. There is little information in Brazil about pollination dependence in crops, preventing a precise analysis of its value for Brazilian crops. Therefore, this work thematized the influence of pollination by bees in sunflower culture. The objective was to evaluate the effect of pollination by bees on productive and quality traits in sunflower achenes, assessing the quality of sunflower production through the germination rate of normal seedlings, number of achenes and total weight of achenes per head, weight of 1000 achenes, frequency of visitation of different species of bees, and the type of pollen present in the body of the bees. This study is carried out through action research with qualitative and quantitative natures. The work consisted of three treatments: one with total restriction of pollinators (T1), one with partial restriction (T2), and another without restriction (T3). It was conducted near the Laboratory of Study and Research with Bees of the Federal University of Santa Maria, in Palmeira das Missões, RS, between August 2022 and January 2023. Data were submitted to analysis of variance and Duncan's test ($p < 0.05$) in SAS statistical software, in addition to faunistic analysis and Pearson's correlation. There were 2840 bees of 11 species. The most observed species was *Apis mellifera*, with constant incidence and visitation peaks between 12:00 and 13:00 and 16:00. There was a low correlation between climatic data for bee visits. There was no significant difference between treatments for the parameters of total number and weight and weight of 1000 achenes. The germination rate was significantly higher for T1 than for T3, but there was no significance on the means of normal seedlings. The pollen loads were mostly sunflower, not statistically different, but signaling the bees' preference for this crop.

Keywords: Pollinating agents. Agricultural cultivation. Melitophilia. Germination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do cultivo experimental de girassol demarcada em retângulo preto, na Universidade Federal de Santa Maria, em Palmeira das Missões, RS.....	19
Figura 2 – Visão geral do cultivo experimental de girassol, após a germinação.....	20
Figura 3 – (a) planta com exclusão total de polinizadores; (b) planta com exclusão parcial de polinizadores; (c) planta sem limitação à polinização.....	20
Figura 4 – Frequência de quatro espécies de abelhas mais presentes por hora do dia.....	26
Figura 5 – Médias da flutuação populacional de todas as abelhas coletadas por hora nas dez horas de observação em relação as variáveis do clima.....	29
Figura 6 – Abelha <i>Plebeia emerina</i> sob visualização em estereomicroscópio com grãos de pólen aderidos à cabeça. Aumento de 40x.....	30
Figura 7 – Capítulo de girassol do tratamento 2 com flores do centro não fecundadas.....	31
Figura 8 – Emissão de radícula ao 4º dia de germinação.....	32
Figura 9 – Raiz principal e raízes secundárias em plântula normal.....	33
Figura 10 – Visualização de germinação criptocotiledonar.....	34
Figura 11 – Plântulas normais.....	34
Figura 12 – (a) plântulas anormais com raiz principal e hipocótilo atrofiados; (b) plântula anormal com cotilédone danificado.....	35
Figura 13 – Plântula anormal com fungos.....	35
Figura 14 – Morfologia de pólen de girassol típico de Asteraceae. Aumento de 400x.....	37
Figura 15 – Abelha <i>Apis mellifera</i> tentando entrar na tela do tratamento 2.....	38
Figura 16 – Abelha <i>Augochlora sp.</i> sob visualização em estereomicroscópio com grande quantidade de pólen no corpo. Aumento de 40x.....	39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Parâmetros faunísticos das populações de abelhas coletadas em dez horas do dia na região de Palmeira das Missões no Estado do Rio Grande do Sul, nos meses de novembro e dezembro de 2022.....	24
TABELA 2 – Número médio de todas as abelhas coletadas por hora e desvio padrão ao longo do dia.....	27
TABELA 3 – Índice de Shannon com desvio padrão e coeficiente de variância por hora do dia.....	27
TABELA 4 – Médias da produtividade de aquênios obtida pelos testes de polinização.....	30
TABELA 5 – Médias da taxa de germinação na primeira contagem após quatro dias de incubação e desvio padrão por tratamento.....	33
TABELA 6 – Médias de germinação de plântulas normais após dez dias de incubação por tratamento.....	36
TABELA 7 – Média da taxa de grãos de pólen do girassol encontrados no corpo das cinco espécies de abelhas mais coletadas.....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2.3	JUSTIFICATIVA.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	ECOLÓGICA DAS ABELHAS.....	14
3.2	IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS: POLINIZAÇÃO.....	15
3.3	ESPÉCIE BOTÂNICA: GIRASSOL.....	16
3.4	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DE GIRASSOL.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1	ÁREA DE ESTUDO	18
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	19
3.3	TRATAMENTOS E TESTES.....	20
3.3.1	Teste de germinação	21
3.4	OBSERVAÇÃO DE FREQUÊNCIA E DIVERSIDADE	22
3.5	VERIFICAÇÃO POLÍNICA DOS VISITANTES	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1	DIVERSIDADE FAUNÍSTICA	23
4.2	FREQUÊNCIA DE VISITAS E ÍNDICE DE DIVERSIDADE DAS ABELHAS POLINIZADORAS.....	26
4.3	PRODUTIVIDADE DOS AQUÊNIOS	29
4.4	GERMINAÇÃO POR TRATAMENTO E PLÂNTULAS NORMAIS	32
4.5	AVALIAÇÃO DE CARGA POLÍNICA	37
5	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A polinização possui participação muito importante na natureza. Ela é o fenômeno pelo qual os vegetais superiores, especialmente os pertencentes ao grupo das Angiospermas, conseguem efetuar a sua reprodução de forma sexuada, permitindo perpetuação das espécies vegetais desse grupo, bem como a variabilidade do material genético das mesmas (RAVEN *et al.*, 2014). Ocorre quando os grãos de pólen são transferidos das anteras de uma flor para o estigma (parte do aparelho reprodutor feminino) de outra flor da mesma planta, chamada de autopolinização, ou para o estigma de uma flor de planta diferente, polinização cruzada (TAIZ *et al.*, 2017). Da ação da polinização, têm-se a garantia de fertilização e o aperfeiçoamento das sementes e frutos dos vegetais.

A melitofilia é a polinização realizada especificadamente por abelhas (PIGOZZO *et al.*, 2006), as quais são consideradas um dos principais agentes polinizadores, transferindo de forma eficiente o pólen entre as flores (SOUZA *et al.*, 2007). Estas se diversificam juntamente com a irradiação evolutiva das angiospermas (RAVEN *et al.*, 1996). Ou seja, “quando uma dada espécie vegetal é polinizada por somente um ou poucos tipos de visitantes, a seleção favorece especializações relacionadas com as características destes visitantes.” (RAVEN *et al.*, 2014).

O pólen, garantindo a prosperidade da família à abelha, possibilita a perpetuação da espécie vegetal quando a abelha também faz a dispersão dele pela polinização (SOUZA *et al.*, 2007). Dessa forma, as interações existentes entre abelhas e plantas constituem uma importante forma de mutualismo do tipo dispersivo (VALADÃO, 2003).

Desde Darwin (1862) a interação entre planta e polinizador é foco de estudo da evolução das flores, e um dos melhores e mais estudado exemplo de mutualismo entre organismos de espécies diferentes, o qual envolve adaptações recíprocas na evolução das espécies que interagem, classificando-se como coevolução (MARTINS, 2013). A coevolução dá-se quando o conjunto de características próprias de uma flor, favorece a visita de um determinado agente polinizador, denominada síndrome de polinização (SOUSA, 2002).

A reprodução sexual da maioria das angiospermas está diretamente associada às interações mutualísticas entre espécies, como planta e polinizador, as quais constituem a base do funcionamento de muitos ecossistemas (JORDANO *et al.*, 2009). Um exemplo disso é a planta do girassol, que é tida como uma planta melífera por produzir néctar e pólen (POTTS *et al.*, 2010), que são essenciais para a dieta das abelhas, e dessa forma é alvo para o mutualismo entre os dois organismos. Contudo, cabe salientar que nem sempre as interações produzidas nas relações de polinização constituem um mutualismo.

O Brasil é o país com a maior diversidade vegetal do mundo, contando com mais de 55 mil espécies catalogadas (DIAS, 1996). Muitas destas espécies apresentam potencial importância como cultivo agrícola, tal como a cultura de girassol, o qual é uma oleaginosa de desenvolvimento vigoroso e de grande importância mundial pela excelente qualidade do óleo produzido por suas sementes (ROSSI, 1998).

Na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), o papel desempenhado pelas abelhas com a polinização, recebe atenção devido a diferença que o trabalho das mesmas proporciona, trazendo desenvolvimento tanto para a natureza, quanto importância econômica, da planta (ROLIM, 2015). O cultivo agrícola de girassol é realizado em diversas regiões do mundo para produção de sementes, que servirão para alimentação humana e também de criações de animais (ROSSI, 1998).

A polinização nessas culturas possibilita o aumento no número de sementes e o melhoramento de sua qualidade, favorecendo melhor tamanho e peso e ainda uniformizando o amadurecimento dos frutos, o que diminui as perdas na colheita (WILLIAMS *et al.*, 1991). Cerca de 70% das plantas cultivadas, que são utilizadas no consumo humano, têm aumento de produção por conta da polinização promovida pelas abelhas (KLEIN *et al.*, 2007). De 141 espécies de plantas cultivadas no Brasil para alimentação humana, produção animal, biodiesel e fibras, aproximadamente 60% dependem em certo grau da polinização animal (GIANNINI *et al.*, 2015).

Dessa forma, o aprofundamento no estudo sobre polinização é necessário para a preservação das espécies vegetais, incrementando a produção agrícola, de modo que evite a formação de empecilhos que prejudiquem esses processos. Além disso, esse estudo é extremamente importante porque permanece em constante evolução e por isso contribui para a manutenção do equilíbrio da natureza (MALERBO-SOUZA *et al.*, 2008).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da polinização por abelhas sobre características produtivas e de qualidade em aquênios de girassol. (*Helianthus annuus* L.).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar a frequência de visitas das espécies de abelhas nas flores da cultura de girassol.
- Analisar o número de aquênios, peso total e peso de 1000 aquênios produzidos nos tratamentos empregados.
- Verificar a qualidade da polinização por abelhas na germinação e desenvolvimento das sementes de girassol.
- Analisar os grãos de pólen depositados no corpo das espécies de abelhas e quantificar a presença do pólen das flores da cultura de girassol.

2.3 JUSTIFICATIVA

A polinização é a maneira pela qual ocorre a reprodução de plantas com flores, e as abelhas estão entre os polinizadores mais eficientes nessa fertilização. Essa atividade é, muitas vezes, desconsiderada e colocada em um plano secundário (LATTARO & MALERBO-SOUZA, 2006), por conta de outras diferentes formas artificiais de se reproduzir os vegetais hoje. Porém, qualquer deficiência nos ecossistemas é preocupante, e a perda de animais polinizadores, sem a polinização, pode ser alarmante por causa dos efeitos na reprodução das plantas, o que afeta a produção de alimentos em grande escala (WOLFF *et al.*, 2021).

Freitas & Imperatriz-Fonseca (2005) explicaram que há poucas informações disponíveis no Brasil sobre a dependência de polinização em culturas agrícolas e plantas silvestres e que isso impede uma análise precisa do valor da polinização para as culturas agrícolas brasileiras, bem como do que se perde com os possíveis níveis de polinização inadequados. Contudo, esta mesma limitação de informações mostra que a agricultura brasileira pode se beneficiar cada vez mais da polinização biótica e que os níveis de produtividade provavelmente são baixos devido à subpolinização, como consequência da redução e inadequação de polinizadores eficientes nas áreas agrícolas.

Por ser uma planta que recebe a visita das abelhas devido sua produção de atrativos florais, o girassol (*Helianthus annuus* L.), que depende da polinização biótica na maioria das vezes, para produção de sementes, é um objeto de experimento favorável para estudar e compreender a influência das abelhas no desenvolvimento dos frutos, e sua interferência em características econômicas importantes. Tais aspectos, como a quantidade de aquênios por capítulo e a qualidade destes, que se levados em consideração à medidas de hectare (ha), a polinização adequada pode trazer grande benefício ao produtor.

O serviço ecossistêmico desenvolvido pelas abelhas por meio da polinização cruzada e contribuição na manutenção da biodiversidade, acrescenta às plantas uma importante evolução que conserva a diversidade genética, aperfeiçoando a espécie tanto nas partes florais, como nos frutos e nas sementes (ROLIM, 2015). Portanto, entender a influência exercida pelas abelhas por meio da polinização é importante para melhorar a produtividade e a qualidade dos cultivos de girassol.

Diante disto, este experimento é uma forma de mostrar a relevância da polinização nas características produtivas e de qualidade na cultura de girassol, a fim de compreender os benefícios de adotar essa prática. Além de possibilitar a promoção de atividades agrícolas de forma mais ecológica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ECOLOGIA DAS ABELHAS

No mundo, a biodiversidade de abelhas abrange grande quantidade de espécies, sendo conhecidas mais de 16 mil delas, as quais apresentam hábitos solitários ou modos de vida social (PINHEIRO *et al.*, 2014). As mesmas podem ser classificadas por suas práticas generalistas, ou seja, que visitam vários tipos de plantas, e especializadas, quando determinada abelha é fiel a uma espécie de planta (WITTER *et al.*, 2014). No Brasil, estima-se que as abelhas estão reunidas em mais de 1,5 mil espécies descritas em cinco famílias: Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae e Apidae (SILVEIRA *et al.*, 2002; MOURE *et al.*, 2007).

As abelhas são associadas, frequentemente, com a produção de mel e com a agressividade, por conta do ferrão que muitas espécies delas possuem (WITTER *et al.*, 2014). Contudo, elas também são descritas como um dos principais agentes polinizadores (SOUZA *et al.*, 2007), dentro da classificação de entomofilia, que é a polinização por insetos (FREITAS & SILVA, 2015).

Com a diversidade morfológica e comportamental dos diferentes grupos de abelhas, é possível que esses insetos explorem grande variedade de flores, ao mesmo tempo que a maioria das espécies de angiospermas apresentam flores visitadas e polinizadas, principalmente e exclusivamente, por abelhas (PINHEIRO *et al.*, 2014). Estas, são atraídas por flores que possuem cores vivas, como azul, lilás e amarela, guias nectários, área de pouso, odor agradável e que produzem ou oferecem algum tipo de recurso floral (PERCIVAL, 1965; SIGRIST, 1995; PROCTOR *et al.*, 1996).

As abelhas devem consumir certos nutrientes essenciais em sua dieta. Em condições normais, o néctar fornece os carboidratos utilizados como fonte de energia, enquanto o pólen supre as exigências de aminoácidos e vitaminas essenciais para a construção da sua estrutura corporal. A deficiência desses nutrientes compromete o seu desenvolvimento, uma vez que a escassez de pólen afeta a capacidade da colônia em cuidar das crias mais jovens, e a falta de alimento energético diminui o estímulo para a produção de crias (SEREIA, 2009; ZANGIROLAMI & SANTOS JUNIOR, 2022).

Por isso, de forma ecológica, o vínculo entre planta e polinizador vem a ser uma categoria demasiado importante de associação planta/animal, pois diversas plantas sofreriam sem polinizadores, uma vez que não poderiam se reproduzir e formar sementes, e de mesmo modo, os polinizadores sem as plantas não obteriam fontes abundantes de pólen e néctar (KEARNS *et al.*, 1998 *apud* OLLERTON *et al.*, 2011).

3.2 IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS: POLINIZAÇÃO

Os polinizadores são parte fundamental para bom funcionamento dos ecossistemas como um todo (COSTANZA *et al.*, 1997). Por meio de estudos sobre a ação das abelhas no meio ambiente, evidenciou-se o trabalho essencial e a admirável contribuição desses insetos na preservação da vida das plantas e na manutenção da variabilidade genética (COUTO, 1994), além de prover alimento para os animais e humanos, influenciando de mesmo modo, características qualitativas de produções (BUCHMANN *et al.*, 1997). Necessitando visitar grande número de espécies florais diariamente para satisfazerem suas necessidades alimentares individuais, de suas crias ou das suas colônias (MICHENER, 2000), esses insetos fazem a polinização, que é um dos mais importantes benefícios para a humanidade (MAIA *et al.*, 2010).

Nas últimas décadas, com a dependência de polinizadores na agricultura, o papel das abelhas ficou mais evidente (VAISSIERE *et al.*, 2009). A existência das abelhas em cultivos no Brasil é fundamental, e já foram observados aumentos significativos na produtividade com a presença delas (FREITAS *et al.*, 2002). Em culturas como de pimentão (*Capsicum sp.*) e morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne), cerca de 17% a 43% menos deformações de frutos ocorreu com a ação da polinização. Em oleaginosas, que é o caso do girassol (*Helianthus annuus* L.), o teor de óleo aumenta de 9% a 27%, nas sementes (SILVA *et al.*, 2005; ROSA *et al.*, 2010).

Atualmente, a falta de informação sobre polinizadores efetivos dos cultivos no Brasil e técnicas de manejo são problemas que impedem melhores rendimentos, especialmente dos cultivos que muito dependem deles, como as abelhas no girassol.

3.3 ESPÉCIE BOTÂNICA: GIRASSOL

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma eudicotiledônea anual, pertencente à ordem Asterales e à família Asteraceae, originária do continente Norte Americano. O gênero deriva do grego “helios”, que significa sol, e de “anthus”, que significa flor, ou "flor do sol", que gira seguindo o movimento do sol. O gênero *Helianthus* compreende 49 espécies e 19 subespécies, sendo 12 espécies anuais e 37 perenes (CAVASIN JÚNIOR, 2001).

Helianthus annuus é uma planta de haste única, não ramificada, ereta, pubescente e áspera, vigorosa, cilíndrica e com interior maciço. Sua inflorescência, conhecida como capítulo, apresenta dois tipos de flores: flores liguladas, incompletas, com ovário e cálice rudimentar e corola transformada, semelhante a uma pétala, de cor amarelo alaranjada; e, flores tubulares, férteis e hermafroditas, formadas por cálice, corola, androceu e gineceu (ROSSI, 1998).

Nas flores tubulares, a corola é amarela e do tipo gamopétala, ou seja, pétalas fusionadas. Formando tubo estreitado comunicante com o ovário, na corola este tubo dá origem a uma estrutura do nectário floral, conforme observado por Fonseca & Vásquez (1994). O androceu, parte masculina das flores, é constituído de 5 estames que possuem anteras alongadas, produtoras de pólen, as quais após deiscência promovem a liberação dos grãos de pólen também quando o estigma do gineceu está exposto à ação dos insetos polinizadores (NEIVA, 2009).

No cultivo, essas plantas variam de 1,0 m a 2,5 m de altura, com seu caule comendo entre 20 e 40 folhas em cada planta, aproximadamente. Dependendo do híbrido plantado, no capítulo do girassol podem maturar até mesmo 1700 aquênios. Seu sistema radicular compreende uma raiz pivotante que chega a grandes profundidades, e muitas ramificações (CASTRO *et al.*, 1996).

As flores da planta apresentam discordância morfofisiológica de maturação de estames e pistilos, denominada protandria, isto é, ação da antera amadurecendo antes do estigma (VRÂNCEANU, 1977 *apud* CASTRO MELO, 2014), tratando-se de uma planta alógama, ou seja, uma planta que faz preferencialmente polinização cruzada, sendo praticamente inexistente a autofecundação. Com essa discordância, a flor masculina libera primeiro o pólen e após, a flor feminina amadurece e expõe o estigma para polinização, possuindo assim maturação em duas fases.

Por apresentar grãos de pólen pesados e grandes, impossibilitando movimentar-se pelo vento, a entomofilia constitui-se no mecanismo básico de polinização do girassol, especialmente realizada pelas abelhas (SEMENTES CONTIBRASIL, 1981). Polinizadores que inicialmente exploram o pólen como recurso, visitam mais as flores na fase de maturação masculina e polinizadores em busca de néctar acessam as flores com maturação das duas fases, podendo visitar todas as flores (FREE, 1993 *apud* MACHADO & CARVALHO, 2006).

Existe a produção de néctar durante as duas etapas de desenvolvimento das flores, o que faz com que elas sejam atrativas aos visitantes florais todo momento, que enquanto forrageiam pelo capítulo a procura de pólen e/ou néctar, também promovem a polinização das flores (PAIVA *et al.*, 2002). A visita da abelha sobre a flor, faz com que, além do forrageio, várias partes de seu corpo entrem em contato com o pólen, por isso permite que a mesma abelha ao levar esse pólen aderido ao corpo para outro capítulo de girassol, realize a polinização.

O órgão da planta de maior importância econômica é o fruto, chamado de semente. É um fruto seco, do tipo aquênio, oblongo, geralmente achatado, composto pelo pericarpo (casca) e pela semente propriamente dita (polpa ou amêndoa). Conforme o cultivo, o fruto é variável quanto ao tamanho, cor e teor de óleo (PEIXOTO, 2004).

3.4 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DE GIRASSOL

A parte da planta do girassol que possui maior interesse econômico é o seu fruto seco, do tipo aquênio, também chamado de semente. Mesmo com incontáveis maneiras de usar as matérias-primas extraídas do girassol, destaca-se a importância do óleo. Hoje em dia, o girassol é a quarta planta oleaginosa de cultivo no mundo todo, com cerca de 90% da sua produção destinada à extração de óleo bruto (CÂMARA *et al.*, 2004).

A níveis industriais, o óleo bruto das sementes é extraído e após processo de refino, da origem ao óleo que pode ser consumido, possuindo propriedades nutricionais, medicinais e comerciais. Nas agroindústrias, os aquênios secos precisam ter 10% a 12% de umidade para aproveitamento, os quais são limpos e prensados para retirada do óleo, produto final (CÂMARA *et al.*, 2004).

Após extração, sobra uma parte da massa dos aquênios, que também possui óleo, residual, mas com teor abaixo de 1% e assim é chamado de farelo de girassol. O farelo do girassol pode passar por processos de dessolventização, que permitirá que este produto final fique apenas com os componentes nutricionais, sendo 50% de proteínas, riquezas de aminoácidos sulfurados, mas pobre em lisina (CARRÃO-PANIZZI *et al.*, 1994). Esse farelo,

misturados ao farelo de soja que é rico em lisina, pode ser utilizado para rações destinadas à nutrição de animais.

Fator importante a se destacar na área da meliponicultura, é a utilização do florescimento da cultura do girassol para produção de 20 a 40 kg de mel/ha desenvolvido com girassol, que teve os aquênios resultantes da polinização das flores, com seus principais agentes polinização, exemplificando a espécie de abelha *Apis mellifera* (LIRA, 2017; CÂMARA *et al.*, 2004).

Além da tradicional utilização da planta para consumo humano, tanto como óleo ou como semente *in natura*, e também na alimentação de aves e demais animais, a partir de 2005, por meio do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), cria-se a oportunidade de negócio nesta área com lotes de sementes de híbridos do girassol, aqueles com alto teor oleico (GAZZOLA *et al.*, 2012)

As novas demandas agroindustriais alavancam a agricultura do girassol em diversas regiões do Brasil, principalmente em áreas com fertilidade melhor, tratadas para altas demandas também de grãos de soja. Assim, o girassol é destacado na adubação verde em rotação com outras espécies, graças ao seu ciclo de cultura rápido e eficiência no reaproveitamento de nutrientes, bem como proteção do solo (CÂMARA *et al.*, 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido em uma área próxima ao Laboratório de Estudo e Pesquisa com Abelhas (LEPA) da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Palmeira das Missões, no norte do Rio Grande do Sul, localizada nas coordenadas, 27°55'24.6"S 53°19'06.2"W (Figura 1), no período de agosto de 2022 a janeiro de 2023.

Figura 1 – Localização do cultivo experimental de girassol demarcada em retângulo preto, na Universidade Federal de Santa Maria, em Palmeira das Missões, RS



Fonte: (GOOGLE EARTH, 2023).

Segundo a classificação de Köppen, o clima do Rio Grande do Sul é temperado do tipo subtropical, denominado mesotérmico úmido. As temperaturas apresentam variação sazonal com verões quentes e invernos rigorosos, tendo temperaturas médias entre 15°C e 18°C, mínimas de até -10°C e máximas de 40°C. As chuvas são bem distribuídas, ocorrendo ao longo de todo o ano, com precipitação média ao norte entre 1.500 e 1.800mm (DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL, 2021).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A semeadura do girassol foi realizada no mês de agosto de 2022 em uma área de 20 x 30 m, próximo ao Laboratório de Estudo e Pesquisa com Abelhas (LEPA). Com base na análise do solo, para adubação foram aplicados 3,6 kg de Ureia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) como fonte de Nitrogênio (N), 2,4 kg de Superfosfato simples (P205) e 2,4 kg de Sulfato de Potássio (K20). A Ureia foi aplicada parcialmente, colocando-se 30% na semeadura e o restante aproximadamente 30 dias depois da emergência das plantas (EMBRAPA, 1996).

A fim de minimizar o efeito da localização das plantas nos resultados, a área foi dividida em 6 quadrantes de 10 x 10 m, sendo que em cada quadrante escolheu-se uma planta para cada tratamento, totalizando 6 plantas por tratamento onde cada planta representa uma repetição. O espaçamento entre plantas e entre linhas obedeceu às recomendações, em que 0,35 m foi o espaçamento entre plantas, 0,70 m o espaçamento entre linhas e a profundidade para semeadura

foi de 0,04 m (EMBRAPA, 1983). Foi feito desbaste após a emergência das plantas para ficar uma planta por cova (Figura 2).

Figura 2 – Visão geral do cultivo experimental de girassol, após a germinação



Fonte: Próprio autor.

3.3 TRATAMENTOS E TESTES

Para avaliar a influência da polinização por abelhas na formação das sementes, foi conduzido um experimento composto por 3 tratamentos com 6 repetições cada, distribuídos na área de realização. Os tratamentos empregados foram: T1 - plantas com exclusão total de polinizadores (Figura 3a); T2 - plantas com exclusão parcial de polinizadores (Figura 3b); e T3 - plantas sem limitação à polinização (Figura 3c). Trata-se de um estudo realizado mediante pesquisa-ação, de cunho qualitativo e quantitativo.

Figura 3 – (a) planta com exclusão total de polinizadores; (b) planta com exclusão parcial de polinizadores; (c) planta sem limitação à polinização



Fonte: Próprio autor.

Os tratamentos T1 e T2, que possuem restrição à polinização por abelhas, receberam pequenas coberturas específicas com 30 cm de diâmetro para cada repetição, que foram presas no capítulo de cada planta antes de iniciar a abertura das flores. Estas coberturas foram confeccionadas por telas de polietileno na cor verde com 1 mm (T1) e azul com 4 mm de mesh (T2). No caso do tratamento T3, o qual não possuía restrição aos polinizadores, os girassóis apenas foram demarcados com uma fita colorida. Escolheram-se todas as plantas com diâmetro de 9 cm aproximadamente, para que existisse maior uniformidade entre tratamentos e a altura média das 18 plantas foi de 1,37 metros.

Após a maturação e a colheita, os capítulos foram mantidos em laboratório com adequada temperatura e ventilação por 15 dias. Os tratamentos foram comparados em relação ao número de aquênios no capítulo, ao peso total de aquênios por capítulo, peso de 1000 aquênios (estimado a partir do peso de 100 aquênios de cada repetição do tratamento) e taxa de germinação.

Os dados de número de aquênios por capítulo, peso total de aquênios por capítulo e peso de 1000 aquênios por tratamento foram submetidos à análise de variância e teste de Duncan com uso do Software estatístico SAS.

3.3.1 Teste de germinação

Para a germinação das sementes foram utilizadas 6 repetições de 50 sementes desinfestadas com álcool 70%, por tratamento, ou seja, 18 repetições. O substrato onde as plântulas se desenvolveram era do tipo rolo de papel (RP) Germitest[®] conforme Brasil (2009), formado por duas folhas sobrepostas, umedecidas com água destilada a uma proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Cada repetição foi disposta em dois rolos de papel com 25 sementes para melhor distribuição, e foram colocadas em sacos plásticos a fim de não perderem a umidade. Os rolos foram colocados em beckers e levados para estufa incubadora B.O.D a 25°C com fotoperíodo de 12h.

Para identificar e classificar as plântulas como normais e anormais, utilizou-se o manual: Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), sendo que a primeira contagem ocorreu no 4º dia desde o início da germinação e a segunda contagem no 10º dia de teste, conforme o indicado na literatura do mesmo para testes de germinação com sementes de girassol. A taxa média de germinação e a taxa média de plântulas normais por tratamento também foram submetidos à análise de variância e teste de Duncan com uso do Software estatístico SAS.

3.4 OBSERVAÇÃO DE FREQUÊNCIA E DIVERSIDADE

Foram identificadas por meio de observações, a frequência de visita das espécies de abelhas nos capítulos dos girassóis, durante 5 dias não consecutivos, em novembro de 2022. Os visitantes florais foram coletados na planta com o auxílio de rede entomológica de cabo extensível e potes de plástico com tampa em intervalos de 20 minutos a cada hora, das 7h00 às 17h00, totalizando aproximadamente 17h de amostragem, anotando-se a quantidade de indivíduos de cada espécie, temperatura e umidade relativa do ar no momento da coleta. Em seguida, nos potes de plástico, as abelhas foram depositadas em freezers no Laboratório de Estudo e Pesquisa com Abelhas para posterior identificação.

A identificação das espécies de abelhas que não eram comumente conhecidas pelos profissionais do LEPA, deu-se por meio de consultas de literaturas online levando em consideração características morfológicas como cor das pernas e do abdômen das espécies, tamanho do corpo e tipo de antena.

Para saber a abundância, o domínio e a diversidade das espécies, no programa de análise faunística (ANAFU), o índice de Shannon foi calculado, bem como para saber os valores de frequência por hora e constância. Se pequeno for o valor do índice de Shannon, menor será o grau de incerteza sobre qual espécie o indivíduo pertence e por isso a diversidade da amostra será baixa. A diversidade tende a ser alta quando os índices de Shannon são mais elevados. O teste de correlação de Pearson foi usado para verificar se os dados do clima, obtidos por meio da estação automática do INMET instalada no *campus* da UFSM em Palmeira das Missões, tinham relação com a frequência de abelhas e interferiam na ação de polinização destes.

3.5 VERIFICAÇÃO POLÍNICA DOS VISITANTES

Para analisar a eficiência dos visitantes como polinizadores do girassol, o pólen no corpo dos visitantes florais foi verificado através de análises em microscópio óptico, depois de submeter a abelha a um curto período de resfriamento para dormência e retirada do pólen, da região dorsal do tórax, cabeça e asa, locais mais prováveis de contato com as estruturas reprodutivas. O pólen carregado nas escopas ou corbículas também foi analisado, a fim de verificar a coleta de pólen como recurso para a abelha.

Assim, para confirmar se o pólen aderido é proveniente de *Helianthus annuus* L. e a fim de obter a frequência em porcentagem de grãos de pólen dessa planta, no total de grãos de cada amostra, foram confeccionadas lâminas com os grãos de pólen em uma mistura de água

destilada e lugol para colorir, fechando-se com uma lamínula este conjunto. O método de varredura da lâmina no microscópio óptico com lente objetiva de 400x foi empregado, e uma contagem aleatória de 250 grãos de pólen em cada lâmina referente a cada abelha visitante foi determinado.

Foram examinadas 5 abelhas para cada uma das espécies predominantes coletadas e para a identificação do pólen de girassol foi feita uma lâmina de referência com pólen de girassol para comparação. Tais abelhas foram selecionadas de acordo com suas frequências e a presença de pólen, ou seja, aquelas abelhas que apareceram em mais coletas ou que visitavam mais o girassol, as quais atingiram um número considerável de indivíduos coletados e que possuíam pólen no corpo. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Duncan com uso do Software estatístico SAS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIVERSIDADE FAUNÍSTICA

Nas coletas, foram contabilizadas 2.840 abelhas de 11 espécies, correspondendo a 11 gêneros e 5 tribos. As espécies de abelhas que foram observadas visitando os capítulos de girassol estão representadas por *Apis mellifera* (FABRICIUS, 1793), também conhecida como abelha europeia, *Augochlora sp.*, *Bombus pauloensis*, *Exomalopsis sp.* (SPINOLA, 1853), *Melipona torrida*, *Mourella caerulea*, *Plebeia droryana*, *Plebeia emerina*, *Scaptotrigona depilis*, *Tetragonisca angustula* e *Trigona spinipes* (FABRICIUS, 1793), popularmente conhecida como irapuá. Os dados dos parâmetros faunísticos das abelhas no girassol estão apresentados na Tabela 1. O maior número de indivíduos foi encontrado na tribo Apini com a única espécie, *Apis mellifera* apresentando 2.324 abelhas coletadas, totalizando frequência relativa de 81,83% para a espécie (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros faunísticos das populações de abelhas coletadas em dez horas do dia na região de Palmeira das Missões no Estado do Rio Grande do Sul, nos meses de novembro e dezembro de 2022

Espécie	Nº de indivíduos	Nº de coletas	F. R. (%)	Dominância	Abundância	Frequência	Constância
<i>Apis mellifera</i>	2.324	50	81,83	SD	SA	SF	W
<i>Trigona spinipes</i>	328	48	11,55	SD	SA	SF	W
<i>Mourella caerulea</i>	146	35	5,14	SD	SA	SF	W
<i>Plebeia emerina</i>	10	7	0,35	D	MA	MF	Y
<i>Plebeia droryana</i>	2	2	0,07	ND	C	F	Z
<i>Melipona torrida</i>	1	1	0,04	ND	C	F	Z
<i>Scaptotrigona depilis</i>	3	1	0,11	ND	C	F	Z
<i>Tetragonisca angustula</i>	1	1	0,04	ND	C	F	Z
<i>Bombus pauloensis</i>	19	16	0,67	SD	SA	SF	Y
<i>Exomalopsis sp.</i>	1	1	0,04	ND	C	F	Z
<i>Augochlora sp.</i>	5	5	0,18	ND	C	F	Y
Total	2.840						

(F.R.) frequência relativa; (SD) superdominante; (D) dominante; (ND) não dominante; (SA) superabundante; (MA) muito abundante; (C) comum; (SF) superfrequente; (MF) muito frequente; (F) frequente; (W) constante; (Y) acessória; (Z) acidental.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tendo a análise de dados sobre estes visitantes florais dentro do padrão de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade entre variáveis pelo teste de Levene, utilizaram-se testes paramétricos, sendo análise de variância e teste de Duncan, que compararam o número médio de espécimes capturadas nas diferentes horas do dia.

De acordo com os valores da frequência relativa obtidos, os dados da Tabela 1 demonstram que as espécies de abelhas *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Mourella caerulea* puderam ser denominadas como superfrequentes, com valores de 81,83%, ou seja, principal agente polinizador, 11,55% e 5,14%, respectivamente. A abelha *Apis mellifera* foi descrita em outros trabalhos como a principal polinizadora do girassol (McGREGOR, 1976 *apud* MACHADO & CARVALHO, 2006; PARKER, 1981 *apud* MACHADO & CARVALHO, 2006; MORETTI *et al.*, 1996), possuindo frequência relativa maior que 93% (BUTIGNOL, 1990).

Ademais, a espécie *Bombus pauloensis* foi considerada superfrequente ao levar em consideração o número de coletas que a espécie apareceu em relação às outras. A espécie

Plebeia emerina apresentou denominação muito frequente com frequência relativa menor que 1%, apesar dos números destoarem das espécies superfrequentes. Outras espécies foram descritas como frequentes.

A observação da frequência das abelhas comprovou que esses polinizadores estão buscando recurso floral para sua nutrição nas flores de girassol e mostrou a diversidade desses insetos interessados na cultura. O índice de Diversidade (Shannon-Weaver) (H) foi de 1,5809, relativamente bom, se considerar a época e as condições ambientais do local, similar a um experimento realizado por Machado & Carvalho (2006) na Bahia, onde o índice de Shannon-Weaver observado foi 1,34.

Do total de 2.840 abelhas, sendo 2.324 *Apis mellifera*, 328 *Trigona spinipes*, 146 *Mourella caerulea* e 19 *Bombus pauloensis*, em relação à dominância e à abundância, os dados apresentam que, no tempo de estudo, estas espécies foram superdominantes e superabundantes. Já as abelhas da espécie *Plebeia emerina* foram classificadas como dominantes e muito abundantes. As demais espécies foram descritas como comuns para a abundância, e não dominantes para o parâmetro de dominância.

Nas 10 horas de coletas diárias, em relação à constância, houve incidência constante (W) da espécie *Apis mellifera*. As espécies *Trigona spinipes* e *Mourella caerulea* também tiveram incidência constante, porém não foram observadas em alguns dias de coleta. As demais espécies, bem como *Bombus pauloensis* e *Plebeia emerina*, foram apontadas como acessórias (Y) ou acidentais (Z).

Pela incidência constante, nível de abundância e número de espécies capturadas, os dados obtidos corroboram com o observado por Teixeira & Zampieron (2008), em que a abelha *Apis mellifera* teve maior destaque nas visitas dos capítulos de girassol no seu experimento. Por ser uma espécie híbrida, exótica e amplamente disseminada no mundo, é mais fácil que ela seja adaptada à polinizar várias culturas e espécies vegetais (BENEDEK, 1985).

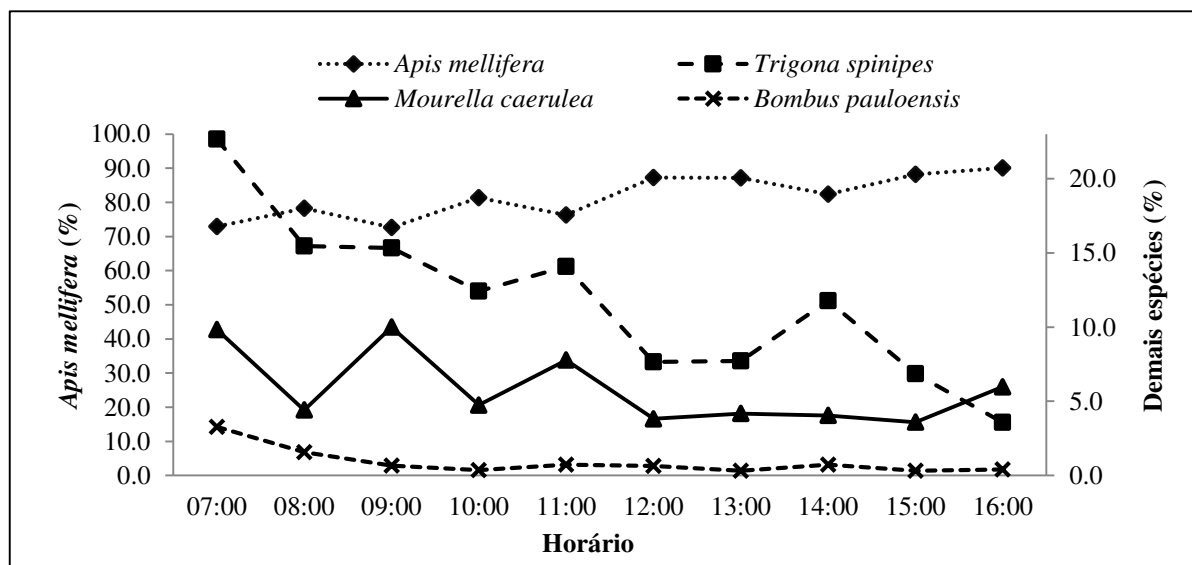
A espécie *Trigona spinipes*, segunda mais observada, foi relatada em experimentos da mesma área como abelha mais abundante (AGUIAR & MARTINS, 1997 *apud* NEVES & VIANA, 2001; SANTOS *et al.*, 2004). De acordo com Almeida & Laroca (1988), a espécie possui características que são favoráveis para sua abundância em diversos ambientes, como defensividade das campeiras do grupo, ninhos externos feitos em locais de difícil acesso e variados, hábitos generalistas e colônias grandes. Essa espécie não raras vezes é dita como praga em várias culturas por conta de danos causados ao tecido vegetal no momento da coleta.

4.2 FREQUÊNCIA DE VISITAS E ÍNDICE DE DIVERSIDADE DAS ABELHAS POLINIZADORAS

Para a espécie de abelha que apareceu neste estudo em uma frequência relativamente maior que as demais, *Apis mellifera*, verificou-se que a intensidade de visitas aumenta ao longo do dia e tem seus picos no período da tarde, preferencialmente das 12:00 às 13:00 com mais de 87% de frequência e às 16:00 com 90,04% de frequência, corroborando com a elevação da temperatura e a diminuição da umidade (Figura 4).

A espécie *Trigona spinipes* de acordo com as observações realizadas, a Figura 4 apresentou para esse polinizador, comportamento contrário ao da espécie comentada anteriormente. A prevalência de visitas, apesar de ainda ser baixa, permaneceu no período da manhã, entre 7:00 e 11:00, apresentando frequência às 7:00 de 22,67%, mas frequência média durante toda manhã de 16%, com queda brusca de visitas a partir das 12:00, tendo novo pico à tarde, somente às 14:00 e posteriormente retorno do declínio. Ainda no período da manhã, abelhas da espécie *Mourela caeruleae* variaram consideravelmente entre 7:00 e 12:00, estabilizando depois desse horário até 15:00, com leve aumento 16:00, com frequência de 5,98%. Diferentemente, as abelhas *Bombus pauloensis* tiveram baixa frequência, com maior visitação apenas às 7:00 e frequência de 3,28%.

Figura 4 – Frequência de quatro espécies de abelhas mais presentes por hora do dia



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados de número médio de abelhas coletadas por hora estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Número médio de todas as abelhas coletadas por hora e desvio padrão ao longo do dia

Horário	Nº de coletas	Nº Média de abelhas
7:00	5	45±15.09a
8:00	5	63.4±11.3a
9:00	5	60±13.32a
10:00	5	54.8±15.41a
11:00	5	54±19.33a
12:00	5	62.8±21.3a
13:00	5	62.2±21.48a
14:00	5	54.4±18.64a
15:00	5	61.2±6.53a
16:00	5	50.2±18.97a
Total	50	

Teste de Duncan a 5% de significância.

Letras iguais entre linhas nas colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste de Duncan.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Constatou-se que no período da manhã, nos horários de 8:00 e 9:00, o número médio de visitas foi maior, mostrando grande favorecimento às 8:00 se comparado com a baixa visitação que estava às 7:00, horário que apresentou o número médio mais baixa de abelhas contadas. No período da tarde, às 12:00 e 13:00 foi observado números médios maiores de abelhas coletadas que polinizavam o girassol, seguida das 15:00 e baixando às 16:00 (Tabela 2). Nenhum horário teve diferença significativa, mesmo apresentando valores diferentes para as médias por hora.

Na tabela 3, estão apresentados os índices de Shannon-Weaver por horário, que dizem respeito à diversidade da amostra em cada coleta.

Tabela 3 – Índice de Shannon com desvio padrão e coeficiente de variância por hora do dia

Horário	Índice de Shannon	Coefficiente de variação
07:00	0,62±0,20ab	33,65
08:00	0,35±0,11c	32,84
09:00	0,67±0,09ab	14,70
10:00	0,46±0,03bc	7,94
11:00	0,64±0,16ab	25,64
12:00	0,53±0,14bc	27,37
13:00	0,48±0,20bc	41,74
14:00	0,76±0,03a	3,97
15:00	0,46±0,05bc	11,42
16:00	0,45±0,01bc	2,83

Teste de Duncan a 5% de significância.

Letras diferentes na coluna do índice de Shannon indicam diferença significativa pelo teste de Duncan.

Fonte: Elaborada pelo autor.

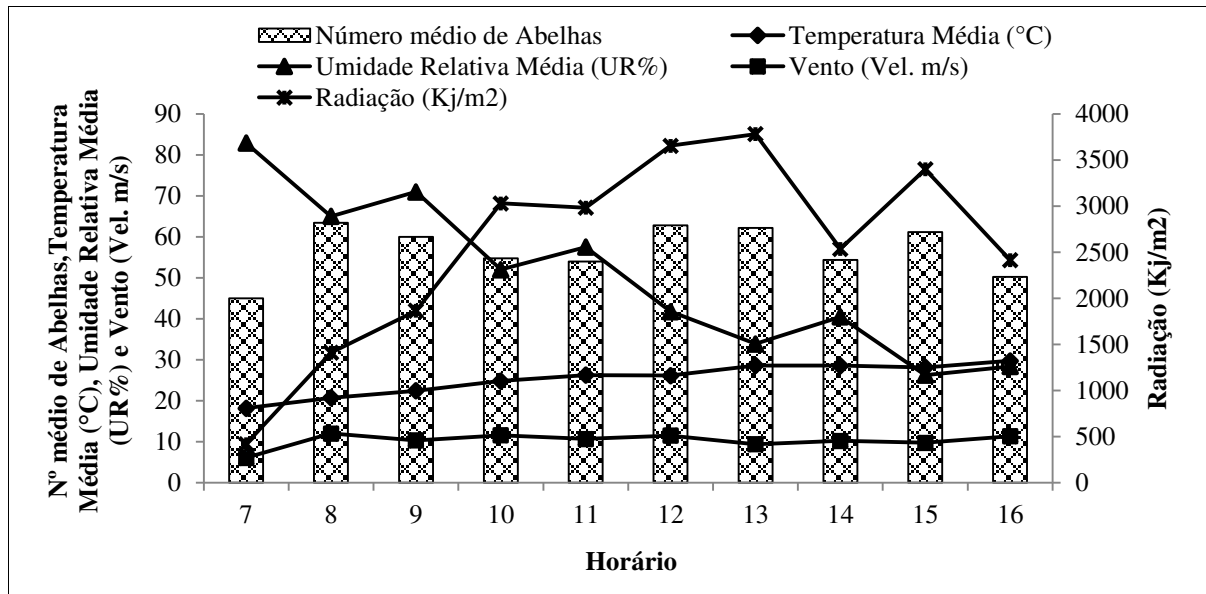
Às 8:00 o índice de Shannon-Weaver foi o menor quando comparado com os horários das 7, 9, 11 e 14 horas, com média de 0,35 mostrando baixa diversidade neste horário. Por outro lado, 14:00 o valor encontrado foi de 0,76 sendo o maior índice dentre as horas do dia quando comparado com os horários das 8, 10, 12, 13, 15 e 16 horas.

Considerando que os índices de diversidade foram razoavelmente baixos, ou seja menores que 1, e as amostras de estudo nos horários foram bem dispersos, os dados apresentados anteriormente na Tabela 1 com o número de coletas de cada espécie expuseram que a espécie *Apis mellifera* apareceu em todas as coletas, deduzindo-se que aconteceu o predomínio de somente uma espécie por todo o período das 10 horas de observação de cada dia.

Sobre a flutuação populacional analisada na Figura 5, foi possível observar que o número médio de abelhas por hora apresentou correlação muito baixa e não significativa com os valores das variáveis obtidas do clima, não sendo significativo e proporcional com a temperatura (°C), fator mais comum na regulação da atividade de voo, umidade relativa (UR%), velocidade do vento (Vel.m/s) e radiação (Kj/m²). Manente-Balestieri & Machado (1998) também constataram em seu estudo que valores dessas variáveis tinham baixa relação evidente com a visita das abelhas.

Porém, pôde-se observar que entre 10h e 16h, na Figura 5, quando os valores de radiação estavam altos, os valores de umidade eram menores, e conseqüentemente o número de abelhas aumenta, o que mostra que o número de abelhas está, de certa forma, sendo influenciado por essas variáveis. Nas primeiras horas da manhã, em que os valores de umidade foram altos, o índice de Shannon observado anteriormente demonstrou que os níveis de diversidade de abelhas eram mais baixos, concordando com a relação.

Figura 5 – Médias da flutuação populacional de todas as abelhas coletadas por hora nas dez horas de observação em relação as variáveis do clima



Fonte: Elaborada pelo autor.

Autores como Kaps & Lamberson (2004) esclarecem que correlação entre duas ou mais variáveis pode aparecer de maneira contrária ao esperado. Tais autores afirmam que essas correlações observadas dessa maneira podem ser decorrentes do efeito mais intenso de outras variáveis. Em outras palavras, nos momentos em que a umidade no início do dia estava mais elevada, que poderia vir a afetar o forrageio, outras variáveis estariam estimulando as abelhas para a atividade de voo e coleta de recursos. Dessa forma, a umidade do ar possivelmente não mostrou números altos a ponto de prejudicar o trabalho das abelhas, como observado na figura 5.

4.3 PRODUTIVIDADE DOS AQUÊNIOS

Sobre os dados obtidos dos aquênios dos tratamentos, os resultados entre os três testes de visitação não tiveram diferença estatística, apesar que para o tratamento 3 houve média maior para o número médio de aquênios produzidos, quando comparado aos outros tratamentos que tinham alguma restrição de polinizador, e maior média no peso médio de aquênios se comparado com o tratamento 1, de exclusão total de polinizadores (Tabela 4). Rauber *et al.* (2013), em estudos utilizando diferentes tratamentos na polinização de girassol, também encontraram resultados que não diferiram estatisticamente. Contudo, em outros trabalhos as visitas de abelhas tiveram números maiores e valores significativos de produtividade e

qualidade de grãos, como os resultados de Moretti & Silva (1994), que mostraram aumento na produção de sementes de feijão em razão da visita de abelhas à cultura.

Tabela 4 – Médias da produtividade de aquênios obtida pelos testes de polinização

Tratamentos	Nº médio de aquênios por capítulo	Peso médio de aquênios por capítulo (g)	Peso de 1000 aquênios (g)
T1	710,4a	28,71a	38,13a
T2	811,17a	36,29a	43,93a
T3	894,33a	33,26a	38,56a

Teste de Duncan a 5% de significância.

Letras iguais entre linhas nas colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste de Duncan.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados da tabela 4 mostraram também que as plantas que não estavam protegidas por tela apresentaram peso de mil aquênios levemente maior ($p > 0,05$) do que as inflorescências do tratamento 1, que estavam protegidas. Porém, as médias de peso médio de aquênios e peso de mil aquênios resultantes, das inflorescências que tinham a presença parcialmente limitada de polinizadores foram 3,03 g e 5,37 g respectivamente maiores que os dados de T3, inferindo-se que a visita dos polinizadores menores interferiu nesse resultado positivo, todavia, os valores não diferiram estatisticamente. Dentre as abelhas que foram coletadas, *Exomalopsis sp.*, *Melipona torrida*, *Mourella caerulea*, *Augochlora sp.*, *Plebeia droryana*, *Plebeia emerina* (Figura 6), *Scaptotrigona depilis*, *Tetragonisca angustula* e *Trigona spinipes* são polinizadores que atravessavam os espaços da tela do tratamento 2 por conta de seus tamanhos serem menores que as abelhas da espécie *Apis mellifera* e *Bombus pauloensis* que não conseguiam entrar.

Figura 6 – Abelha *Plebeia emerina* sob visualização em estereomicroscópio com grãos de pólen aderidos à cabeça. Aumento de 40x



Fonte: Próprio autor.

Os capítulos das plantas isoladas com tela que impossibilitava a entrada de qualquer abelha (T1), apresentaram flores fertilizadas para 5 das 6 repetições. Um dos capítulos desse tratamento não teve o enchimento dos aquênios e por isso não foi contabilizado no momento das análises. Esse acontecimento pode ser consequência da falta de polinizadores, como esperado, mas outros estudos poderiam ser empregados para uma real justificativa, uma vez que 5 repetições do mesmo tratamento obtiveram enchimento dos grãos. Além disso, uma das repetições (R1) apresentou uma das menores quantidades de aquênios no número total, causado por uma possível falta de polinizadores.

Dentre os capítulos das plantas que estavam totalmente expostas à ação dos insetos (T3), houve flores que não foram fecundadas, isto é, o processo de formação das sementes e dos frutos não foi iniciado nessas flores, mas a taxa de fertilização ainda foi considerável para as 6 repetições. Dentre os tratamentos, o tratamento 3 foi aquele que apresentou números mais uniformes sobre os aquênios nas 6 repetições, quando comparado, por exemplo, aos pesos de T1 e T2 nas repetições.

As flores dos capítulos com telas de exclusão parcial de polinizadores (T2), isto é, que possibilitaram visita de polinizadores menores, tiveram taxas de fertilidade em relação ao número delas fecundadas muito variáveis, assim como no T1, e algumas plantas apresentaram capítulos com flores fecundadas somente na parte mais externa da flor (Figura 7).

Figura 7 – Capítulo de girassol do tratamento 2 com flores do centro não fecundadas



Fonte: Próprio autor.

Em relação ao efeito da polinização dos visitantes florais e a fecundação das flores dos três diferentes tratamentos neste trabalho, foi comprovado que o girassol possui também um mecanismo de polinização denominado de geitonogamia, ou seja, a polinização na qual o pólen

é oriundo da flor masculina da mesma inflorescência, possibilitando assim autofecundação, uma vez que mesmo não recebendo polinização das abelhas, muitas flores foram fecundadas.

Observou-se que as abelhas são importantes para a fecundação das flores de girassol e os altos níveis de formação dos frutos, uma vez que apareceram números positivos, apesar de não significativos estatisticamente, para o tratamento livre (T3). Conforme Alves & Freitas (2006), a alavancada na produtividade das inflorescências de T3 pode também ter relação ao comportamento de coleta da espécie de abelha *Apis mellifera* principalmente, as quais realizam visitas mais demoradas que as demais espécies, além de tocar nos estigmas e anteras da planta com maior frequência, promovendo melhor polinização.

4.4 GERMINAÇÃO POR TRATAMENTO E PLÂNTULAS NORMAIS

Na primeira contagem de germinação, ou seja, após 4 dias desde que as sementes haviam sido postas para germinar, observou-se o rompimento do tegumento das sementes que não estavam mortas, de acordo com Brasil (2009), e a emissão da radícula (Figura 8). A média das taxas de germinação de cada repetição na primeira contagem para os tratamentos 1, 2 e 3 foi de respectivamente 75,2, 86 e 92,33% (Tabela 5), mostrando influência significativa das abelhas para tratamentos 1 e 3, uma vez que os valores de taxa de germinação foram maiores para flores que estavam expostas a polinização e menores para as flores sem acesso aos polinizadores, porém esses tratamentos não diferiram do tratamento 2. Esse resultado apoia conclusões obtidas por Terada & Toledo (2000) que por meio da avaliação da germinação de aquênios de girassol produzidos em locais com e sem abelhas *Apis mellifera*, constataram que estas favoreceram o aumento significativo na germinação.

Figura 8 – Emissão de radícula ao 4º dia de germinação



Fonte: Próprio autor.

Tabela 5 – Médias da taxa de germinação na primeira contagem após quatro dias de incubação e desvio padrão por tratamento

Tratamento	Média primeira contagem
T1	75,2±13,31b
T2	86±14,35ab
T3	92,33±2,66a

Teste de Duncan a 5% de significância.

Letras diferentes na coluna do índice de Shannon indicam diferença significativa pelo teste de Duncan.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na segunda contagem de germinação, aos 10 dias, foi observado que o hipocótilo já existia e a plântula do girassol foi caracterizada com germinação epígea, ou seja, cotilédones para cima do substrato, verdes e fotossintetizantes (SILVA *et al.*, 2018). A parte radicular das plântulas normais já apresentava raiz principal e formação de raízes secundárias (Figura 9). Outra classificação que se pode concluir foi que a germinação também é chamada de criptocotiledonar (SILVA *et al.*, 2018), a qual quer dizer que os cotilédones se mantêm envolvidos pelo tegumento até certo desprendimento total no crescimento da plântula (Figura 10).

Figura 9 – Raiz principal e raízes secundárias em plântula normal



Fonte: Próprio autor.

Figura 10 – Visualização de germinação criptocotiledonar



Fonte: Próprio autor.

A definição das plântulas em normais e anormais deu-se segunda a classificação de Brasil (2009), por meio das Regras para Análise de Sementes. As plântulas que foram consideradas normais (Figura 11) apresentavam completa formação de suas estruturas essenciais nos 10 dias, como: raiz principal e raízes secundárias presentes, hipocótilo reto e alongado e cotilédones verdes e descurvados, os quais podem apresentar danos limitados, ou seja, mesmo que uma parte do cotilédone esteja prejudicado, a plântula ainda pode ser considerada normal por esta característica.

Figura 11 – Plântulas normais

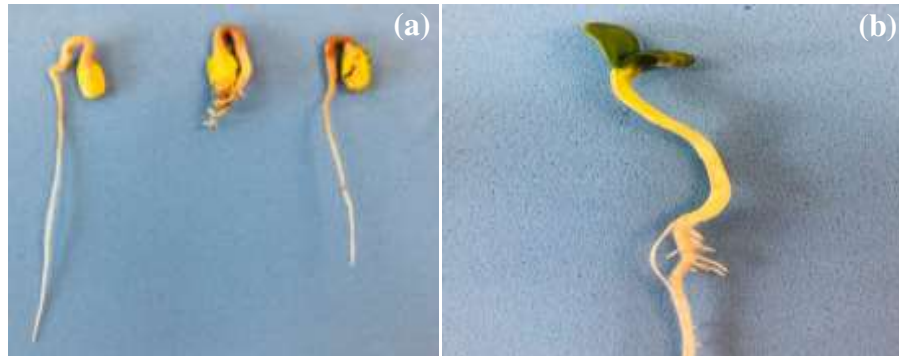


Fonte: Próprio autor.

As plântulas anormais são aquelas que não possuem potencial para continuar seu aperfeiçoamento e dar origem a plantas normais (BRASIL, 2009). Essas tiveram suas principais

estruturas prejudicadas, como: raízes mais curtas, grossas ou atrofiadas e baixo desenvolvimento geral das mesmas, ausência de raízes secundárias, hipocótilo curto e grosso, retorcido ou curvado e coloração imprópria para cotilédones, necrose e enrolamento deste (Figura 12a e 12b).

Figura 12 – (a) plântulas anormais com raiz principal e hipocótilo atrofiados; (b) plântula anormal com cotilédone danificado



Fonte: Próprio autor.

Plântulas seriamente danificadas, por conta da presença de fungos ou bactérias foram consideradas anormais, uma vez que tal situação impediu o seu desenvolvimento e completo crescimento pela ausência de algumas estruturas essenciais (Figura 13), independente da fonte da infecção, se da própria semente ou não, mesmo com desinfestação, a plântula não podia ser dita como normal pelo nível de deterioração.

Figura 13 – Plântula anormal com fungos



Fonte: Próprio autor.

Foram observadas plântulas anormais em todos os tratamentos, não diferindo estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias de germinação de plântulas normais após dez dias de incubação por tratamento

Tratamento	Média primeira contagem	Média de germinação de plântulas normais
T1	75,2b	23,6a
T2	86ab	18,8a
T3	92,33a	15a

Teste de Duncan a 5% de significância.

Letras diferentes na coluna do índice de Shannon indicam diferença significativa pelo teste de Duncan.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Estudos feitos por Dequech (1987) com a espécie vegetal de alfafa, do mesmo modo, não obtiveram vigor de plântulas significativas, vindo a ratificar com os resultados do presente trabalho. Nascimento *et al.* (2012), analisaram germinação e emergência de plântulas com sementes de pimenta doce, as quais pelo efeito da ação dos polinizadores também não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos.

A variação dos lotes de semente na hora do cultivo do girassol pode ter influenciado na significância dos resultados, uma vez que para o plantio, não foram determinados híbridos de girassol especificamente. À vista disso, ao colher o cultivo no tempo certo, as inflorescências apresentaram diâmetros de capítulo diferentes, levando a quantidade e peso de aquênios distintos, sendo alguns capítulos com sementes mais escuras e outros com sementes mais claras, não sendo pelo efeito da polinização objetivamente. Essas características permitiram que capítulos que não receberam polinização obtivessem mais aquênios e mais pesados, já que além do fator ação de polinizadores, o híbrido plantado possibilitou maior desempenho no resultado.

Em estudos realizados por Chambó *et al.* (2010), com 8 combinações de híbridos de girassol, observou-se que os híbridos Charrua, MG2, Aguará e Hélio 360, se desenvolviam bem mesmo na escassez dos polinizadores, sendo estes indicados para o plantio quando não houvesse os insetos. Em híbridos de girassol Multissol, M734, Catissol 01 e Embrapa 122, a polinização entomófila aumentou a produção destes. O híbrido Aguará, mesmo com bom desempenho sem polinizadores, apresenta, segundo o autor, aumento ainda maior na produção com os serviços de polinização.

Dessa forma, sabe-se que determinadas variedades de sementes de girassol apresentam boa produtividade mesmo na exclusão dos polinizadores, como notado para as repetições do tratamento 1 do presente experimento. Porém, outros híbridos têm melhor rendimento quando submetidos à ação entomófila melhorando a quantidade de aquênios e o peso de aquênios, não descartando assim os benefícios da polinização na cultura.

Logo, mesmo as abelhas não influenciando diretamente o vigor das plântulas nos resultados da tabela 6, em diversas ocasiões isso pode acontecer. Moretti & Silva (1994), ao estudarem o efeito da ação das abelhas sobre o cultivo de feijão, encontraram um acréscimo de 2,07% no peso das sementes as quais as flores receberam polinização e Terada & Toledo (2000), analisando a germinação de sementes de girassol sobre áreas visitadas e não visitadas por abelhas da espécie *Apis mellifera*, puderam ver significância maior nos níveis da germinação, reforçando a eficiência da polinização.

4.5 AVALIAÇÃO DE CARGA POLÍNICA

Referente às cargas de pólen de cada uma das espécies de abelhas coletadas, as análises demonstraram a presença quase que exclusiva do pólen de girassol (Figura 14), sendo este muito predominante em todas as amostras. O número total de grãos de pólen contabilizado em cada abelha foi de até 250 grãos, porém foram encontrados valores mais baixos nas espécies de abelha *Plebeia emerina* e *Bombus pauloensis*, sendo de 238 e 242 grãos respectivamente. Tais números são ainda consideravelmente altos, com média das taxas de pólen de 98,72% para carga polínica do girassol em amostras da espécie *Plebeia emerina* e média de 98,78% para carga polínica do girassol em amostras da espécie *Bombus pauloensis*. A maior média das taxas foi obtida na espécie *Trigona spinipes* com 99,68% de pólen de girassol das abelhas coletadas, seguida das espécies *Mourella caerulea* com 99,44% e *Apis mellifera* com 99,20% (Tabela 7).

Figura 14 - Morfologia de pólen de girassol típico de Asteraceae. Aumento de 400x



Fonte: Próprio autor.

Tabela 7 – Média da taxa de grãos de pólen do girassol encontrados no corpo das cinco espécies de abelhas mais coletadas

Espécie	Média
<i>Apis mellifera</i>	99,20a
<i>Bombus pauloensis</i>	98,78a
<i>Mourella caerulea</i>	99,44a
<i>Plebeia emerina</i>	98,72a
<i>Trigona spinipes</i>	99,68a

Teste de Duncan a 5% de significância.

Letras iguais entre linhas nas colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste de Duncan.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A aproximação dos valores dos resultados obtidos não possibilitou diferença significativa sobre a carga polínica nas 5 abelhas que foram analisadas. A espécie *Apis mellifera*, apesar de ter sido considerada anteriormente visitante constante durante todo o experimento, possui hábitos generalistas como discutido, e por isso sua carga polínica abrangia um pouco mais de diversidade de grãos de pólen e seu tamanho corporal restringia sua passagem sobre as telas do tratamento 2, impossibilitando seu trabalho de chegar nas flores de girassol e permitir adesão do pólen em seu corpo (Figura 15).

Figura 15 – Abelha *Apis mellifera* tentando entrar na tela do tratamento 2



Fonte: Próprio autor.

Espécies de abelhas menores, como *Plebeia emerina*, *Mourella caerulea* e *Augochlora sp.*, puderam ter acesso a maior número de flores de girassol que a *Apis mellifera* e *Bombus pauloensis*, e seus tamanhos corporais possibilitam melhor acesso ao recurso floral, uma vez que permitia à abelha adentrar mais entre as flores do girassol, e do mesmo modo sujar-se de pólen (Figura 16). *Augochlora sp.* apresentou grande quantidade de grãos de pólen em seu corpo, mas foi em 1 dos 5 indivíduos coletados, o que leva a concluir que pode não ser a espécie boa

polinizadora em si, mas uma situação favorável que fez com que ela tivesse mais grãos de pólen no corpo no determinado momento.

Corroborando a isso, Castro Melo (2014) em estudos feitos sobre o efeito da polinização na qualidade das sementes de girassol observou que a frequente presença de meliponíneos do gênero *Paratrigona*, que são abelhas pequenas, não demonstravam realizar uma polinização real, pois andavam entre as flores e não coletando pólen das flores masculinas, na maioria das vezes.

Figura 16 – Abelha *Augochlora sp.* sob visualização em estereomicroscópio com pólen no corpo. Aumento de 40x



Fonte: Próprio autor.

A espécie de abelha *Trigona spinipes* possuiu maior média de taxa de pólen do girassol, porém não foi dita como boa polinizadora da cultura pela análise do pólen, juntamente com as espécies que não tiveram o pólen analisado (*Augochlora sp.*, *Exomalopsis sp.*, *Melipona torrida*, *Mourella caerulea*, *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona depilis* e *Tetragonisca angustula*). Essas abelhas, *Trigona spinipes*, tinham pouco pólen aderido ao corpo na hora da coleta e nas corbículas, imaginando-se que seja por sua maior atividade junto a seiva da planta, fazendo da abelha uma praga como mencionado antes. Mesmo que para *Trigona spinipes* o valor tenha atingido 250 grãos, em outras espécies como *Apis mellifera*, pôde ser encontrado um valor bem maior de grãos, além de suas visitas constantes, fazendo dessa espécie uma boa polinizadora.

Com maior especificidade para coleta de pólen do que de néctar, as abelhas podem ser denominadas de poliléticas (generalistas) ou oligoléticas, delimitando a coleta de pólen a poucas plantas (LINSLEY, 1958 *apud* RIBEIRO *et al.*, 2008). Os resultados da análise do pólen mostraram que as abelhas que visitaram as flores de girassol, no momento da coleta do recurso

nutricional, foram fiéis à planta, não misturando tanto o pólen com recurso de outras espécies vegetais, sendo um atributo para possíveis polinizadores efetivos, segundo Santos (1998). Dessa forma, pode-se dizer que no momento da coleta, as abelhas possuíam um hábito não generalista e se analisar evolutivamente, o fato de não misturar pólenes que não seriam aproveitados para fecundação do óvulo no estigma da planta, unido a constância da visita e quantidade do recurso no corpo, contribui para que as abelhas venham a ser polinizadores em excelência (RIBEIRO *et al.*, 2008).

5 CONCLUSÃO

Foram contabilizadas 2.840 abelhas de 11 espécies, e a espécie *Apis mellifera* apresentou maior número de indivíduos coletados, com 81,83% de frequência relativa. Outras espécies como *Trigona spinipes* e *Mourella caerulea* apareceram com frequência relativa de 11,55% e 5,14%, respectivamente. Foi denominada superfrequente a espécie *Bombus pauloensis* com frequência relativa de 0,67%. Demais espécies apareceram com frequência a baixo de 1% e não foram constantes.

Os resultados demonstraram que *Apis mellifera* visitou os capítulos de girassol mais intensamente após às 12:00, enquanto a espécie *Trigona spinipes* teve maior número de visitas no início da manhã, decrescendo com o passar das horas. Houve grande variação de visitas no período da manhã para *Mourella caeruleae* e baixa visita da espécie *Bombus pauloensis*. No horário das 8:00, o índice de Shannon-Wiener confirmou diferença estatística dos demais horários, com baixa diversidade e 14:00 com maior diversidade de espécies. O número médio de abelhas por hora não teve correlação com os valores das variáveis obtidas do clima, não diferindo significativamente.

A produtividade de aquênios não foi influenciada pelo acesso dos polinizadores às flores do girassol.

A taxa de germinação na primeira contagem foi significativamente maior para o tratamento com acesso livre aos polinizadores, em relação ao tratamento com exclusão total de polinizadores.

Não foi encontrado efeito significativo da ação das abelhas sobre as médias de germinação de plântulas normais, na segunda contagem. Os resultados de produtividade e taxa de germinação podem ter recebido interferência dos diferentes híbridos de girassol que foram cultivados de forma aleatória.

A carga polínica analisada, era majoritariamente grãos de pólen de girassol, com taxas acima de 98%, não diferindo entre as espécies. Espécies de abelhas como *Trigona spinipes* e *Augochlora sp.* não foram boas polinizadoras de acordo com a observação do pólen aderido ao corpo.

Por fim, conclui-se que os cultivos agrícolas, entre eles, o girassol, são favorecidos pela polinização, sendo recomendadas novas pesquisas com melhor controle do cultivar e períodos mais prolongados nos testes de germinação para uma conclusão mais positiva.

REFERÊNCIAS

- ALVES, José Everton; FREITAS, Breno Magalhães. Comportamento de pastejo e eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas em flores de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 37, n. 2, p. 216-220, 2006.
- ALMEIDA, Maria Cristina de; LAROCA, Sebastião. *Trigona spinipes* (Apidae, Meliponinae): taxonomia, bionomia e relação tróficas em áreas restritas. **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, PR, v. 17, n. 1-4, p. 67-108, 1988.
- BARR, Anthony; GOODNIGHT, James; SALL, John; HELWIG, Jane. **Statistical Analysis System (SAS)**. Cary, EUA, 1976.
- BENEDEK, P. Economic importance of honey bee pollination of crops at the national level in Hungary. *In: International Congress of Apiculture*, Budapest, HU, v. 37, n. 1, p. 286-289, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. **Secretaria de Defesa Agropecuária**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.
- BUCHMANN, Stephen; NABHAN, Gary Paul. **The Forgotten Pollinators**. Washington: Island Press, 1997.
- BUTIGNOL, Cesar A. Ocorrência de insetos em capítulos de girassol em distintos horários e estágios de florescimento. **Sociedade entomológica do Brasil**, Porto Alegre, RS, v. 19, n. 2, p. 273-280, 1990.
- CÂMARA, Gil Miguel de Souza. **Introdução ao agronegócio do girassol**. ESALQ/LPV, 2004.
- CÂMARA, Gil Miguel de Souza; MONTEIRO, C. A. **Potencial da cultura do girassol para rotação com cana-de-açúcar**. *In: XII Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol*. Campinas, SP, 1997. Resumos. Campinas: IAC e ITAL, 1997. p. 5-7.
- CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. **Girassol: derivados proteicos**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 1994. 27p.
- CASTIGLIONI, Vânia Beatriz Rodrigues; BALLA, Antal; CASTRO, César de; SILVEIRA, José Miguel. **Fases do desenvolvimento do girassol**. Londrina, PR: Embrapa, 1994. 24p.
- CASTRO, César; CASTIGLIONI, Vania Beatriz Rodrigues; BALLA, Antal; LEITE, Regina Maria Vilias Bôas de Campos; KAIRAM, Décio; MELLO, Heveraldo Camargo; GUEDES, Luiz César Auvray; FARIAS, José Renato Bouças. **A cultura do girassol**. Londrina, PR: Embrapa, 1996. 38p.
- CASTRO MELO, Ana Luisa de Sousa. **Efeito dos serviços de polinização na produção e qualidade de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 2017. 45f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Uberlândia, MG, 2014.

CAVASIN Júnior, Carlos Paulo. **A cultura do girassol**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2001. 69 p.

CHAMBÓ, Emerson D.; GARCIA, Regina C.; OLIVEIRA, Newton T. E.; CHIRÉA, Alisson. Produção de genótipos de girassol pela ação de insetos polinizadores. **Revista Varia Scientia**, Rondon, PR, v. 9, n. 15, p. 131-139, 2010.

COSTA-MAIA, Fabiana Martins; LOURENÇO, Daniela Andressa Lino; TOLEDO, Vagner de Alencar Arnaut. **Aspectos econômicos e sustentáveis da polinização por abelhas**. Sistemas de Produção Agropecuária (Ciências Agrárias, Animais e Florestais). 1. ed. Paraná: UTFPR, 2010. p. 45-67.

COSTANZA, Robert *et al.* O valor dos serviços ecossistêmicos do mundo e do capital natural. **Revista Nature**, [s.l.], v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

DARWIN, Charles Robert. **On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilized by insects**. Londres: [s. n.], 1862. 365 p.

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Atlas. 6. ed. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2021. 203 p.

DEQUECH, Sônia T. B. **Estudos sobre a polinização de alfafa (*Medicago sativa* L. cv. Crioula) no Município de Augusto Pestana**. 1987. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1987.

DIAS, Bráulio Ferreira de Souza. **A implementação da convenção sobre diversidade biológica no Brasil: desafios e oportunidades**. Campinas: André Tosello, 1996. 10 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Indicações técnicas para o cultivo do girassol**. Londrina, PR: Embrapa, 1983. 40 p.

FONSECA, A. Ezequiel; VÁSQUEZ, Andrea. La Planta de girassol. *In: Asociacion Argentina de consorcios regionales de Experimentacion Agrícola*. Buenos Aires, AR: Produccion de girassol, 1994. p. 17-22.

FREE, John Brand. Insect pollination of crops. *In: MACHADO, Cerilene Santiago; CARVALHO, Carlos Alfredo Lopes de. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano*. Cruz das Almas, BA: Ciência Rural, 2006. p. 1404-1409.

FREITAS, Breno Magalhães; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia. A importância econômica da polinização. **Revista Mensagem Doce**, São Paulo, v. 80, p. 44-46, 2005.

FREITAS, Breno Magalhães; PAXTON, Robert; HOLANDA-NETO, João Paulo. Identificando polinizadores entre uma matriz de visitantes florais e o caso de polinização inadequada do cajueiro no Brasil. *In: KEVAN, Peter; FREITAS G.; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia (ed.). Abelhas Polinizadoras – O Elo de Conservação entre a Agricultura e a Natureza – 2002*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002, p. 229-244.

FREITAS, Breno Magalhães; SILVA, Cláudia Inês da. O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. *In: Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (org.). Agricultura e polinizadores*. São Paulo: [s. n.], 2015. p. 9-18.

GAZZOLA, Adriano *et al.* **A cultura do girassol**. Piracicaba: ESALQ, v. 69, p. 63, 2012.

GIANNINI, Tereza C.; CORDEIRO, Guaraci Duran; FREITAS, Breno Magalhães; SARAIVA, Antonio M.; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p.1 - 9, 2015.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Ministério da Agricultura e Pecuária**. Brasília, DF, 1992. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 18 abr. 2023.

JORDANO, Pedro; VÁZQUEZ, Diego; BASCOMPTE, Jordi. Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. *In: MEDEL, Rodrigo; AIZEN, Marcelo; ZAMORA, Regino (ed). Ecología y Evolucion de Interacciones Planta-Animal: Conceptos y Aplicaciones*. Chile: Editorial Universitaria S.A, 2009. p. 17-42.

KAPS, M.; LAMBERSON, William R. **Biostatistics for animal science**. Wallingford, UK: Cabi, 2004, 445p.

KLEIN, Alexandra Maria; VAISSIÈRE, Bernard E.; CANE, James H.; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf; CUNNINGHAM, Saul A.; KREMENE, Claire; TSCHARNTKE, Teja. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B**, [s. l.], p.303-313, 2007.

LATTARO, Luiz Henrique; MALERBO-SOUZA, Darclat. Polinização entomófila em abóbora caipira, Cucurbita mixta (Cucurbitaceae). **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 28, n. 4, p. 563-568, 2006.

LIRA, Aline. Lavoura de girassol não é só bela como uma alternativa rentável para driblar entressafra de mel. **Agrar: Agência de desenvolvimento agrário e extensão rural**. Disponível em: <https://www.agraer.ms.gov.br/lavoura-de-girassol-nao-e-so-belo-como-uma-alternativa-rentavel-para-apicultores-driblarem-entressafra-de-mel/>. Acesso em: 05 jul. 2023.

MACHADO, Cerilene Santiago; CARVALHO, Carlos Alfredo Lopes de. **Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano**. Cruz das Almas, BA: Ciência Rural, 2006. p. 1404-1409.

MALERBO-SOUZA, Darclat Teresinha; TOLEDO, Vagner de Alencar Arnaut; PINTO, Alexandre Sene. **Ecologia da polinização**. Piracicaba: CP 2, 2008. 32p.

MANENTE-BALESTIERI, Fátima Cristina De Lazari; MACHADO, V. L. L. Entomofauna visitante de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth) (Leguminosae) durante o seu período de florescimento. **Revista Brasileira de Entomologia**, [s. l.], p. 547-554, 1998.

MARTINS, Aline Cristina. Abordagens históricas no das interações planta-polinizador. **Oecologia Australis**, Curitiba, PR, v.17, n. 2, p. 229-242, 2013.

MICHENER, Charles Duncan. **The Bees of the World**. 2 ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2000. 913 p.

MORAES, Regina Célia Botequio *et al.* **Software para análise faunística – ANAFAU (2003)**. Anais [...]. Piracicaba, SP: SEB, 2003.

MORETTI, Augusta Carolina de Camargo Carmello; SILVA, Ronaldo Mário Barbosa da; SILVA, Eduardo C. A.; ALVES, Maria Luisa Teles Marques Florêncio Alves; OTSUK, Ivanir Pozar. Aumento na produção de sementes de girassol (*Helianthus annuus*) pela ação dos insetos polinizadores. **Scientia agrícola**, [s. l.], v. 53, n. 2-3, p. 280-284. 1996.

MORETTI, Augusta Carolina de Camargo Carmello; SILVA, Ronaldo Mário Barbosa da. Polinização do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) efetuada por *Apis mellifera* L. **Científica**, São Paulo, SP, v. 51, n. 2, p. 119-124, 1994.

MOURE, Jesus Santiago; URBANA, Danúncia; MELO, Gabriel. **Catalogue of the bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. 1058 p.

NASCIMENTO, Warley Marcos; GOMES, Eliana Marília L.; BATISTA, Elizabeth A.; FREITAS, Raquel A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira** 30, Brasília, DF, v. 30, n. 3, p. 494-498, 2012.

NEIVA, Izequias Souza. **Abelhas visitantes das flores do girassol *Helianthus annuus* Linnaeus (Asterales: Asteraceae) em Dourados MS, Brasil**. 2009. 28f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009.

NEVES, Edinaldo L.; VIANA, Blandina F. Ocorrência de *Epicharis bicolor* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini) nas Caatingas da Margem Esquerda do Médio Rio São Francisco, Bahia. **Neotropical Entomology**, Bahia, BA, v. 30, p. 735-736, 2001.

NOGUEIRA-COUTO, Regina Helena. Polinização com Abelhas Africanizadas. *In: Encontro sobre Abelhas*, 1., 1994, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: [s. n.], 1994. p. 101-117.

OLLERTON, Jeff; WINFREE, Rachel; TARRANT, Sam. Quantas plantas com flores são polinizadas por animais? **Oikos**, Reino Unido, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

PAIVA, Guilherme José; TERADA, Yoko; TOLEDO, Vagner de Alencar Arnaut. Behavior of *Apis mellifera* L. Africanized honey bees in sunflower (*Helianthus annuus* L.) and evaluation of *Apis mellifera* L. colony inside covered area of sunflower. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 851-855, 2002.

PEIXOTO, Aristeu Mendes; **Enciclopédia Agrícola Brasileira - Girassol**. 1 ed. v. 5. São Paulo: EDUSP, 2004. 508 p.

PERCIVAL, Mary. **Floral Biology**. Oxford: Pergamon Press, 1965. 243 p.

PIGOZZO, Camila Magalhães; MELO, Amanda Mariana Costa; REBOUÇAS, Patricia Luiza de Oliveira. Síndromes de Polinização: São Reais? *In: Instituto de Biologia da UFBA*,

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento; **Biologia e ecologia da polinização**: cursos de campo. Salvador: EDUFBA, 2006. 150 p.

PINHEIRO, Mardiore *et al.* Polinização por abelhas. *In*: RECH, André Rodriguez *et al.* **Biologia da Polinização**. 1. ed. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 205-233.

POTTS, Simon G. *et al.* Declínio global de polinizadores: tendências, impactos e fatores determinantes. **Tendências em ecologia e evolução**, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

PROCTOR, Michael; YEO, Peter; LACK, Andrew. **The natural history of pollination**. Londres: Harper Collins Publishers, 1996. 479 p.

RAUBER, José Luis. Prill.; KAISER, Douglas R.; PINHEIRO, Mardiore. **Influência da visita de abelhas sobre características produtivas de *Helianthus annuus* (Asteraceae)**. Belo Horizonte, MG, 2013, 36p.

RAVEN, Peter Hamilton; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. **Biologia Vegetal**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 738p.

RAVEN, Peter Hamilton; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. **Biologia Vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. 830p.

RIBEIRO, Éville Karina Maciel Delgado; RÊGO, Márcia Maria Corrêa; MACHADO, Isabel Cristina Sobreira. Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. **Acta Botânica Brasília**, [s. l.], p. 165-171. 2008.

ROLIM, Gabriela da Silva. **Flora apícola para *Apis mellifera* L. (hymenoptera: apidae) em municípios sergipanos**. 2015. 95f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, 2015.

ROSA, Annelise de Souza *et al.* Polinização Cruzada Aumenta o Teor de Óleo em Canola (*Brassica napus* L. cv. Hyola 432) no Rio Grande do Sul, Brasil. *In*: **XIX Encontro sobre Abelhas**, 2010, Ribeirão Preto. Anais [...]. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2010.

ROSSI, Rodolfo Oscar. **Girassol**. Curitiba: Tecnoagro, 1998. 333 p.

SANTOS, Alves dos. A importância das abelhas na polinização e manutenção da diversidade dos recursos vegetais. *In*: **III Encontro sobre Abelhas**, 1998, Ribeirão Preto. Anais [...]. Ribeirão Preto: USP, 1998. p.103-106.

SANTOS, Charles F.; ABSY, Maria, Lúcia. Polinizadores de *Bertholletia excelsa* (Lecythidales: Lecythidaceae): Interações com Abelhas sem Ferrão (Apidae: Meliponini) e Nicho Trófico. **Entomologia Neotropical**, v. 39, p. 854-861, 2010.

SANTOS, Florisvaldo Mesquita dos; CARVALHO, Carlos Alfredo Lopes de; SILVA, Rejane Ferreira. Diversidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de transição Cerrado-Amazônia. **Acta amazônica**, [s. l.], v. 34, p. 319-328, 2004.

- SEMENTES CONTIBRASIL. **Girassol**: manual do produtor. Campinas, SP: [s. n.], 1981. 31 p.
- SEREIA, Maria Josiane. **Suplementos proteicos para abelhas africanizadas submetidas à produção de geleia real**. 2009. 92f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2009.
- SIGRIST, Maria Rosângela. A polinização pelas abelhas. *In*: MORELLATO, Patrícia; LEITÃO, Hermógenes de Freitas Filho (org.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**: reserva de Santa Genebra. Campinas: Unicamp, 1995. p. 46-49.
- SILVA, Eva Monica S.; FREITAS, Breno M.; SILVA, Luís Antônio; CRUZ, Darci Oliveira; BOMFIM, Isac Gabriel A. Biologia Floral do Pimentão (*Capsicum annuum*) e a Utilização da Abelha Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como Polinizador em Cultivo Protegido. **Revista Ciência Agrônômica**, Ceará, v. 36, n. 3, p. 386-390, 2005.
- SILVA, Mirelly Martins da; PEREIRA, Joseanny Cardoso da Silva; PIMENTEL, Vaynner Botelho. Morfologia da germinação de sementes de girassol. Goiás, MT, 2018.
- SOUSA, Vanessa Ribeiro. **Biologia floral do Cerrado**: polinização e floração. 2002. 43p. Monografia (Graduação em Biologia) - Faculdade de Ciências da Saúde, Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2002.
- SOUZA, Darklê Luiza; EVANGELISTA-RODRIGUES, Adriana; DE CALDAS PINTO, Maria do Socorro. As abelhas como agentes polinizadores. **Revista eletrônica de Veterinária**, Espanha, v. 8, n. 3, p. 1-7, 2007.
- TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MØLLER, Ian Max; MURPHY, Angus. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- TEIXEIRA, Ludmila Maria Rattis; ZAMPIERON, Sônia Lúcia Modesto. Estudo da fenologia, biologia floral do girassol (*Helianthus annuus*, Compositae) e visitantes florais associados em diferentes estações do ano. **Ciência et Praxis**, Belo Horizonte, MG, v. 1, n. 1, p. 5-14, 2008.
- TERADA, Yoko; TOLEDO, Vagner Alencar. Arnaut. Avaliação da germinação de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L., Compositae) produzidas em áreas visitadas e não visitadas por abelhas. *In*: **Encontro sobre Abelhas**, 4., 2000, Ribeirão Preto. Anais [...]. Ribeirão Preto: USP, 2000. p.338.
- VAISSIERE, Bernard. E.; FREITAS, Breno. M.; GEMMILL-HERREN, Bárbara. **Protocol to Detect and Assess Pollination Deficits in Crops**. Roma: Food and Agriculture Organization, 2009. 30 p.
- VALADÃO, David Vieira. **Mecanismos de Polinização**. 2003. 35f. Monografia (Graduação em Biologia) - Faculdade de Ciências da Saúde, Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2003.
- WILLIAMS, Ingrid H.; BORBET, Sarah. A.; OSBORNE, Julieta L. Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. **Bee World**, [s. l], v. 72, n. 4, p. 170-180, 2015.

WITTER, Sidia *et al.* **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: Edipucrs, 2014. 143 p.

WOLFF, Luis Fernando; ZANUSSO, Jerri Teixeira; SANTOS, Regis Sivori Silva; BONOW, Roni; NORONHA, Alberi. Paisagens e Práticas que Favorecem Polinizadores e a Biodiversidade. *In*: WOLFF, Luis Fernando; EICHOLZ, Eberson Diedrich (ed.). **Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica - 2021**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021. 46 p.

ZANGIROLAMI, Marcela de Souza; SANTOS JÚNIOR, Oscar de Oliveira. Organização, necessidades nutricionais e suplementação artificial para abelhas *Apis mellifera*. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, Maringá, v. 11, n. 9, 2022.