

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL - PPGPV

LUCAS DE ALMEIDA BIZOTTO

**MANEJO DE COLMEIAS DE *Apis mellifera* EM POMARES DE MACIEIRAS:
MANUTENÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE COLMEIAS, E USO DO THIDIAZURON**

LAGES

2021

LUCAS DE ALMEIDA BIZOTTO

**MANEJO DE COLMEIAS DE *Apis mellifera* EM POMARES DE MACIEIRAS:
MANUTENÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE COLMEIAS, E USO DO THIDIAZURON**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, área de concentração Proteção de plantas e agroecologia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Mari Inês Carissimi Boff.

LAGES

2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Bizotto, Lucas de Almeida
Manejo de colmeias de *Apis mellifera* em pomares de
macieiras : manutenção e características de colmeias, e uso
do Thidiazuron / Lucas de Almeida Bizotto. -- 2021.
91 p.

Orientadora: Mari Inês Carissimi Boff
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2021.

1. Abelhas. 2. Maças. 3. Thidiazuron. 4. Suplementação
de colmeias. I. Boff, Mari Inês Carissimi. II. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção
Vegetal. III. Título.

LUCAS DE ALMEIDA BIZOTTO

MANEJO DE COLMEIAS DE *Apis mellifera* EM POMARES DE MACIEIRAS: MANUTENÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE COLMEIAS, E USO DO THIDIAZURON

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, área de concentração Proteção de plantas e agroecologia.

BANCA EXAMINADORA

Mari Inês Carissimi Boff Prof.^a Dra.

Universidade do Estado de Santa Catarina: Centro de Ciências Agroveterinárias-
CAV

Membros:

Aike Anneliese Kretschmar Prof.^a Dra.

Universidade do Estado de Santa Catarina: Centro de Ciências Agroveterinárias-
CAV

Antonio Felipe Fagherazzi Prof. Dr.

Universidade do Estado de Santa Catarina: Centro de Ciências Agroveterinárias-
CAV

Joatan Machado da Rosa Prof. Dr.

Universidade Federal do Paraná

Regis Sivori Silva dos Santos Dr. Pesquisador

Embrapa Uva e Vinho: Estação Experimental de Vacaria RS

Lages, 25 de fevereiro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao Dr. Regis Sivori Silva dos Santos pelo apoio durante todo o período do curso e, em especial, durante todas as atividades de pesquisa que foram realizadas nas áreas experimentais da Embrapa Uva e Vinho, unidade Vacaria/RS. Obrigado pela paciência e confiança durante essa trajetória.

A minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Mari Inês Carissimi Boff pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Agradeço a minha mãe Maria, heroína que infelizmente não está presente neste momento. Ao meu pai que, apesar de todas as dificuldades, me fortaleceu e que para mim foi muito importante.

Aos meus irmãos e sobrinhos, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo, sempre fizeram entender de que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.

Aos colegas de trabalho, Gabriel Fedozzi, Anelise Oliveira e Daniela Klesener pelos momentos de descontração após a instalação dos experimentos, e durante as avaliações.

Aos grandes amigos Vanderlei Cardoso da Silva (Tio Vandí) e Faustina Verlindo de Lima (Dona Tina), colegas de laboratório, estágio, trabalhos e de todas as horas, obrigado por fomentarem meu saber. Vocês estarão sempre no meu coração.

Ao João Carlos Zantedeschi, técnico agrícola da Embrapa e amigo que muito me ajudou nas coletas de material a campo.

Obrigado a todos!

RESUMO

O cultivo de macieira teve início no Brasil na década 1970, com menos de 100 hectares, e uma produção de pouco mais de 12 toneladas. Em menos de 40 anos o país passou de importador, a autossuficiente e exportador da fruta. No entanto a cultura se caracteriza pela sua autoincompatibilidade, necessitando de polinização cruzada para que haja a produção de frutos em quantidade e qualidade. De tal forma necessitando de agentes polinizadores. O presente estudo teve como objetivos avaliar a eficácia de técnicas para manutenção/suplementação alimentar de colmeias por meio de avaliação de áreas internas de colmeias de *Apis mellifera* em relação aos recursos armazenados e a prole existente antes, durante e após os serviços de polinização; avaliar a ação complementar e efeitos nos frutos pelo uso de TDZ na plena floração de macieiras associado, ou não, a polinização por *A. mellifera* e outros agentes naturais; avaliar as possíveis interações e oscilações entre as áreas de imaturos e a coleta de recursos alimentares por abelhas campeiras de colmeias de *A. mellifera* utilizadas em serviços de polinização em pomares de macieira. A suplementação com dieta rica em proteínas reduziu e retardou a perda de colmeias de *A. mellifera* utilizadas em serviços de polinização em pomar de macieira. Houve um retardo nas perdas de colmeias no tratamento que recebeu suplementação e obstrução de pólen contaminado. Efeito semelhante, no entanto, em menor escala foi observado para o tratamento que recebeu somente suplementação. Não foram observados efeitos de tratamento para as variáveis internas de recursos alimentares e prole. No entanto é observado um maior consumo de recursos energéticos para o período de polinização, e aumento das áreas ocupadas com crias operculadas. O uso isolado de TDZ se mostrou eficaz na frutificação e fixação de frutos de maçãs. O uso do TDZ associado a agentes polinizadores se mostrou eficaz aumentando a quantidade de frutos originados e fixados em comparação a testemunha. Os frutos gerados por meio do uso de TDZ isolado e ou associado com polinizadores apresentou números reduzidos de sementes presentes nos frutos. A aplicação de TDZ isolado promoveu frutos de menor peso em comparação aos demais tratamentos. A utilização do TDZ isolado resultou em frutos alongados em comparação com os demais tratamentos. Para as variáveis recursos alimentares pólen e néctar e imaturos não foram encontradas interações entre os mesmos não havendo uma maior procura por pólen em colmeias

com maiores áreas de larvas. As maiores quantidades imaturos foram registrados nas colmeias vindas de áreas com cultivo de canola com média de 26% de suas áreas ocupadas com larvas e crias operculadas. Para os demais locais de origens áreas de matas safras 2014/15, 2015/16, 2017/18, 2018/19 e 2019/20, e para as colmeias vindas de reflorestamento com eucalipto 2015/16 foram registradas quantidades mínimas de áreas ocupadas com imaturos. Em relação as áreas de imaturos e a coleta de recursos não foi observado aumento de coleta do recurso pólen em função de uma maior área de larvas. As maiores quantidades de abelhas campeiras retornando em cinco minutos foram observadas no grupo de colmeias vindas da canola.

Palavras-chave: Abelhas. Maçãs. Thidiazuron. Suplementação de colmeias.

ABSTRACT

Apple cultivation started in Brazil in the 1970s, with less than 100 hectares, and a production of just over 12 tons. In less than 40 years the country has gone from being an importer, to a self-sufficient and an exporter of fruit. However, the culture is characterized by its self-incompatibility, requiring cross-pollination in order to produce fruits in quantity and quality. In such a way needing pollinating agents. The present study aimed at evaluating the effectiveness of techniques for maintaining/supplementing beehives by assessing the internal areas of *Apis mellifera* hives in relation to stored resources and the offspring existing before, during and after pollination services of apple trees; to evaluate the complementary action and effects on the fruits through the use of TDZ in the full bloom of apple trees associated, or not, with pollination by *A. mellifera* and other natural agents; to evaluate the possible interactions and oscillations between the immature areas and the collection of food resources by bee bees from *A. mellifera* hives used in pollination services in apple orchards. Supplementation with a protein-rich diet reduced and delayed the loss of hives of *A. mellifera* used in pollination services in apple orchards. There was a delay in the loss of hives in the treatment that received supplementation and obstruction of contaminated pollen. A similar effect, however, on a smaller scale was observed for the treatment that received only supplementation. No treatment effects were observed for the internal variables of food resources and offspring. However, a greater consumption of energy resources is observed for the pollination period, and an increase in the areas occupied with operculated offspring. The isolated use of TDZ was shown to be effective in the fruiting and fixation of apple fruits. The fruits generated through the use of TDZ alone and or associated with pollinators showed reduced numbers of seeds present in the fruits. The application of TDZ alone promoted fruits of less weight compared to the other treatments. The use of TDZ alone resulted in elongated fruits compared to the other treatments. For the variables pollen and nectar and immature food resources, no interactions were found between them, with no greater demand for pollen in hives with larger areas of larvae. The highest immature amounts were recorded in hives from areas with canola cultivation with an average of 26% of their areas occupied with larvae and operculated offspring. For the remaining areas of forest areas origin 2014/15, 2015/16, 2017/18, 2018/19 and 2019/20, and for the hives of reforestation

with eucalyptus 2015/16, minimum amounts of areas occupied with immature. Regarding the immature areas and the collection of resources, there was no increase in pollen resource collection due to a larger area of larvae.

Keywords: Bees. Apples. Thidiazuron. Beehives supplementation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Imagem aérea do perímetro do pomar, áreas de florestas de matas nativa e reflorestamentos com *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., e localização dos apiários (A), imagens do apiário 1 (B) e apiário 2 (C).....41
- Figura 2 – Imagens fotográficas dos recursos: Pólen (A), néctar (B) e mel maduro (C), larvas (D) e crias operculadas (E)43
- Figura 3 – Percentual de perdas de colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO), (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO e (C) Testemunha44
- Figura 4 – Percentual de áreas ocupadas com pólen em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO), (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO e (C) Testemunha46
- Figura 5 – Percentual de área ocupada com néctar em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO) (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO (C) testemunha49
- Figura 6 – Percentual de áreas ocupadas com o recurso mel em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO), (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO e (C) Testemunha.....52
- Figura 7 – Percentual de áreas ocupadas com larvas em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO), (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO e (C) testemunha55

Figura 8 – Percentual de áreas ocupadas com crias operculadas em colmeias de <i>A. mellifera</i> utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO) (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSOe (C) Testemunha.....	
Figura 9 – Plantas de macieira da cultivar Maxigala com ramos confinados em gaiolas confeccionadas com arame e tecido (TNT) para o estudo com Thidiazuron (TDZ) (Vacaria, RS)	66
Figura 10 – Medições do comprimento (A) e diâmetro (B) de frutos, da distância entre lóbulos (C1), do diâmetro (C2) e comprimento do tubo calicinal do fruto (C3)	67
Figura 11 – Percentual de áreas ocupadas com larvas em colmeias transferidas de áreas de matas (A) e áreas com cultivo com canola (B), Matas 2015/16 (C), reflorestamento com Eucalipto (D), safra 2017/18 (E), safra 2018/19 (F) e 2019/20 (G), e utilizadas em serviços de polinização de macieiras safra 2014/15. Vacaria, RS.....	82
Figura 12 – Percentual de áreas ocupadas com crias operculadas em colmeias vindas de áreas de matas (A) e áreas com cultivo com canola (B), Matas 2015/16 (C), reflorestamento com eucalipto (D), áreas de matas safras 2017/18 (E), 2018/19 (E) e 2019/20 (G). Utilizadas em serviços de polinização de macieiras na cidade de Vacaria, RS.....	84
Figura 13 – Número médio de abelhas campeiras com presença de pólen e néctar/água observadas em cinco minutos, em colmeias oriundas de áreas de matas (A) e áreas com cultivo com canola (B). Utilizadas em serviços de polinização de macieiras safra 2014/15 na cidade de Vacaria, RS.....	86
Figura 14 – Número médio de abelhas campeiras retornando a colmeia em cinco minutos de observação, com presença de pólen ou néctar/água, colmeias oriundas de áreas de matas (A) e reflorestamento com eucaliptos (B). Utilizadas em serviços de polinização de macieiras safra 2015/16 na cidade de Vacaria, RS.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais agrotóxicos utilizados e seus efeitos sobre as abelhas.	28
Tabela 2 – Tratamentos utilizados no experimento com Thidiazuron (TDZ) nas safras 2017/18 e 2018/19 em plantas de macieira da cultivar Maxigala. (Vacaria, RS)	65
Tabela 3 – Percentual médio de frutificação efetiva em ramos de macieira, cultivar Maxigala, submetidos a diferentes tratamentos durante a florada nas safras 2017/18 e 2018/19, Vacaria, RS	68
Tabela 4 – Número médio de sementes (\pm Erro Padrão) presentes em frutos e nos lóculos de maçãs da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada durante as safras 2017/18 e 2018/19, Vacaria, RS.....	69
Tabela 5 – Peso médio (g) (\pm Erro Padrão) de frutos de macieira da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada nas safras 2017/18 e 2018/19, Vacaria, RS	70
Tabela 6 – Comprimento, diâmetro e razão C/D médios (\pm Erro Padrão) de frutos de macieira da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada nas safras 2018/19, Vacaria, RS.....	71
Tabela 7 – Distância entre lóbulos (mm), comprimento do tubo calicinal (mm) e distância do tubo calicinal (mm) (\pm Erro Padrão) obtidos em frutos de macieira da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada nas safras 2018/19, Vacaria, RS.....	72
Tabela 8 – Firmeza de polpa e SST ($^{\circ}$ Brix) (\pm Erro Padrão) de frutos da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada nas safras 2018/19, Vacaria, RS	73
Tabela 9 – Correlação entre o percentual de áreas ocupadas com imaturos e a área ocupada com recursos em colmeias utilizadas em serviços de polinização de macieiras na safra 2014/15, Vacaria, RS.....	79
Tabela 10 – Correlação entre o percentual de áreas ocupadas com imaturos e a área ocupada com recursos em colmeias utilizadas em serviços de polinização de macieiras na safra 2015/16, Vacaria, RS.....	79
Tabela 11 – Correlação entre o percentual de áreas ocupadas com imaturos e a área ocupada com recursos em colmeias utilizadas em serviços de	

polinização em macieiras nas safras 2017/18, 2018/19 e 2019/20,
Vacaria, RS.....80

Tabela 12 – Correlação entre percentual de áreas ocupadas com imaturos e coleta
de recursos por abelhas campeiras em colmeias utilizadas em serviços
de polinização de macieiras em duas safras seguidas, Vacaria, RS85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	DECLÍNIO DE POLINIZADORES.....	21
2.2	USO DE AGROTÓXICOS <i>versus</i> POLINIZADORES.....	25
2.3	EXPLORAÇÃO ECONÔMICA DE MACIEIRA.....	29
2.4	VALOR ECONÔMICO DA POLINIZAÇÃO DA MAÇÃ.....	30
	REFERÊNCIAS	32
3	DESEMPENHO DE COLMEIAS DE <i>Apis mellifera</i> SUBMETIDAS A DIFERENTES TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO DURANTE A FLORADA DA MACIEIRA	39
3.1	INTRODUÇÃO.....	39
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	40
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.3.1	Perdas de colmeias ao longo do ano	43
3.3.2	Recursos alimentares armazenados	45
3.3.2.1	Área de pólen	45
3.3.2.2	Área de néctar	48
3.3.2.3	Área de mel	51
3.3.3	Áreas com imaturos	54
3.3.3.1	Área com larvas.....	54
3.3.3.2	Área de cria operculada.....	56
3.4	CONCLUSÕES.....	59
	REFERÊNCIAS	60
4	AÇÃO DO THIDIAZURON (TDZ) E DE AGENTES POLINIZADORES NA FRUTIFICAÇÃO EFETIVA E QUALIDADE DE FRUTOS DE MAÇÃ DA CULTIVAR MAXIGALA	63
4.1	INTRODUÇÃO.....	63
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	64
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.4	CONCLUSÕES.....	73
	REFERÊNCIAS	74
5	AVALIAÇÃO POPULACIONAL DE COLMEIAS DE <i>Apis mellifera</i> UTILIZADAS NA POLINIZAÇÃO DE MACIEIRAS	76

5.1	INTRODUÇÃO.....	76
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	77
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
5.4	CONCLUSÃO	88
	REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo de macieira teve início no Brasil na década 1970, com menos de 100 hectares, e uma produção de pouco mais de 12 toneladas (PETRI et al., 2011). Com o passar do tempo, avanços significativos ocorreram, que culminaram no ano de 2019 a uma área cultivada de 32.433 hectares e produção que supera um milhão de toneladas com rendimento médio de 37.740 kg por hectare (IBGE, 2019). Este avanço se deve, principalmente, ao emprego de novas tecnologias de produção (KIST et al., 2019), ao uso de variedades mais produtivas, ao manejo fitotécnico adequado e aos sistemas de polinização mais eficazes.

A polinização é considerada um período crítico na produção de maçãs. A cultura é conhecida pela sua típica condição de autoincompatibilidade (SANTOS et al., 2013) requerendo a transferência de pólen de outras variedades compatíveis para fecundação e geração de frutos. A autopolinização e a ação do vento podem gerar frutos, no entanto poucos são os estudos sobre o assunto, os quais são necessários para que haja a verificação da eficiência de tais mecanismos de polinização. Até o presente momento insetos como as abelhas são veículos de dispersão de pólen em pomares de maçã, sendo indispensável para uma adequada produção de frutos.

Entre os polinizadores naturais nos pomares de macieiras as abelhas da espécie *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae) tem sido utilizada com sucesso (SANTOS et al., 2013; SHEFFIELD, 2014). A possibilidade de *A. mellifera* ser mantida em colmeias racionais e populosas é uma vantagem, pois permite adotar técnicas de manejo e, ao mesmo tempo, transportar as abelhas para pomares durante o período de floração para serviços de polinização (BIZOTTO et al., 2018b; FREITAS; ALVES, 2008; PARK et al., 2010). No entanto, recentes observações relacionadas ao declínio da abundância de polinizadores, incluindo a queda no número de colmeias de *A. mellifera* apontam para a necessidade de investigações científicas sobre o tema (DEPRÁ et al., 2014; MESSAGE et al., 2011).

O declínio dos polinizadores é descrito como uma síndrome multifatorial, que tem levado a uma redução no número de abelhas adultas nas colmeias que coletam alimento de manutenção, além das perdas associadas a serviços de polinização que foram registrados em vários países (DEPRÁ et al., 2014). A redução das áreas de crias e das reservas alimentares em colmeias de *A. mellifera* que estão em serviço

de polinização são sinais de alterações fisiológicas e comportamentais que comprometem a manutenção e o desenvolvimento das colmeias (LEE et al., 2010).

Um único agente não pode ser responsabilizado pelo declínio da *A. mellifera*, mas sim um conjunto de fatores, onde a ação de um agente sub-letal pode aumentar a severidade de outro agente (POTTS et al., 2010). É possível que múltiplos estressores estejam agindo isoladamente ou em paralelo, enfraquecendo uma colmeia, permitindo a entrada de patógenos oportunistas (WILLIAMS et al., 2011). Dentre os possíveis agentes causais do declínio das abelhas estão incluídos o ectoparasita *Varroa destructor* (ANDERSON; TRUEMAN, 2000) (Arachnida: Varroidae), o patógeno da nosemose causada pelo microsporídio *Nosema* sp. (Dissociodihaplophasida: Nosematidae) e a ação de pesticidas, os quais poderiam estar agindo ou agravando na incidência de outros agentes estressores (BIZOTTO et al., 2018a),

O ácaro *V. destructor* é considerado como um dos mais importantes ectoparasitas de *A. mellifera* no mundo (WIELEWSKI et al., 2013). Os primeiros registros de parasitismo por *V. destructor* em *A. mellifera* foram relatados na década de 1980 (MORETTO; MELLO-JUNIOR, 1999). O ácaro pode gerar um enfraquecimento da abelha pela sucção de tecido adiposo ou como vetor de vírus, reduzindo drasticamente a vida útil da colônia. O transporte e a comercialização de colmeias favorecem a disseminação do ectoparasita, que é considerado cosmopolita (BIZOTTO et al., 2018 a). Sem tratamento adequado, uma colmeia pode ser dizimada em até três anos (DIETEMANN et al., 2012) em função de reduções populacionais, com diminuições nas quantidades de abelhas campeiras (AMDAM et al., 2004; FREY; ROSENKRANZ 2014).

Microsporídios do gênero *Nosema* também tem sido associado a perdas de colmeias de *A. mellifera* (PAXTON, 2010). A *Nosema apis* apresenta variação no número de esporos produzidos durante o decorrer do ano, aumento durante os meses da primavera e outono, e diminuição no verão e inverno. Já *Nosema ceranae* apresenta picos na primavera seguidos de diminuição nos meses do verão, e mantendo-se baixo durante os meses do outono e inverno (MULHOLLAND et al., 2012). Ambas as espécies de microsporídios não dizimam as colmeias, porém, provocam redução significativa na produção de novos indivíduos e coleta de néctar e pólen.

O comportamento de coleta das abelhas é fundamental para a manutenção da colônia, porém, propicia a exposição à contaminação e risco de morte em áreas onde tenham sido aplicados produtos fitossanitários (WOLFF et al., 2008). O pólen contaminado com fungicidas, por exemplo, pode elevar a mortalidade de abelhas por reduzir a capacidade de resistência dessas a parasitas (PETTIS et al., 2013).

Segundo Botton et al. (2006) para evitar perdas econômicas de produção há a necessidade de intervenção com inseticidas químicos sintéticos da classe dos organofosforados para o controle de lagartas durante o período de floração de macieiras. Os inseticidas, em geral, ao serem aplicados no período da floração reduzem a quantidade de abelhas forrageando flores (CHAMBÓ et al., 2010). Inseticidas são altamente tóxicos às abelhas *A. mellifera*, causando nas primeiras 20 horas de sua aplicação mortalidade superior a 90% (BAPTISTA et al., 2009). Os diferentes inseticidas utilizados podem agir de maneiras distintas, sendo relacionados com a perda de memória e poder de locomoção em alguns casos (ALIOUANE et al., 2009).

Na utilização de inseticidas sistêmicos, há translocação do ingrediente ativo para todas as partes da planta, inclusive para flores, néctar e pólen, os quais ao serem coletados e armazenados, acabam expondo as abelhas a concentrações elevadas de princípio ativo. Os resíduos de pesticidas são encontrados nos diferentes recursos coletados pelas abelhas, tendo uma maior concentração no pólen em relação ao néctar (JOHNSON et al., 2010). Tais aspectos, ao não serem levados em consideração, podem ser consideradas como uma ameaça potencial para polinizadores, em especial a *A. mellifera*, em pomares de macieira.

Em geral a formação e manutenção de colmeias populosas de fácil manejo e transporte dos enxames, tornam *A. mellifera* a principal espécie de abelha utilizada em serviços de polinização de macieiras no Brasil. No entanto, o uso dos enxames nos pomares de macieira durante o período de florescimento pode gerar *stress* para as abelhas, refletindo em perdas populacionais das colmeias por mortalidade.

A redução das áreas de crias em colmeias de *A. mellifera* em serviço de polinização são sinais de alterações populacionais que podem comprometer a manutenção e o desenvolvimento das colmeias ao longo do tempo (BIZOTTO et al., 2018b). Além disso a origem dos enxames antes do serviço de polinização influencia o estado populacional e a sanidade durante o uso nos pomares de macieira. Enxames fortes, que forrageiam em áreas de maior disponibilidade de recursos

antes do transporte aos pomares de macieira, são os mais afetados durante a estada nos pomares de macieira (BIZOTTO et al., 2019).

É evidente que a principal causa de declínio de insetos polinizadores, principalmente as abelhas está relacionada as atividades antrópicas. Medidas de amplo alcance podem ser tomadas para reduzir o declínio das abelhas como: a redução do uso de produtos químicos-sintéticos na agricultura, do desmatamento e a implementação de ações de educação ambiental através de políticas públicas. Assim, a avaliação de ações e fatores que podem ter influência negativa direta na redução de populações de abelhas é de suma importância para a sustentabilidade da cadeia produtiva de maçãs.

Assim, torna-se necessário fomentar a realização de pesquisas sobre os polinizadores direcionadas para o Brasil, já que a maioria dos estudos evidenciando o declínio dos insetos são realizados na Europa e América do Norte. Os serviços de polinização necessitam ser quantificados para que os agricultores tenham a noção dos custos envolvidos, caso haja a necessidade da substituição da polinização efetuada por abelhas e ou da complementação com técnicas artificiais.

No entanto, apesar do avanço das pesquisas há ainda a demanda por estudos sobre o comportamento populacional das colmeias utilizadas no período de polinização. Tais informações permitem direcionar manejos adequados para otimizar o serviço de polinização das plantas de macieira e, ao mesmo tempo, manter as populações de abelhas estáveis ao longo do tempo, isto é, no período em que as abelhas estão fora dos pomares. Para tanto hipnotizou-se que:

- 1) O fornecimento de dietas, e obstrução da entrada de pólen contaminado nas colmeias no período da polinização pode reduzir perdas de abelhas ao longo do tempo.
- 2) A diminuição de abelhas nos interiores dos pomares pode elevar os custos de produção de maçãs.
- 3) O deslocamento de ar pela ação de turbo atomizador no período da floração das macieiras pode contribuir com a polinização das macieiras e, conseqüentemente, na geração de frutos.

Mediante as hipóteses acima estabelecidas o objetivo geral da pesquisa foi a de verificar a eficácia de estratégias para a manutenção e preservação de colmeias de *Apis mellifera* para polinização de pomares de maçãs bem como o papel das

abelhas na polinização. Para alcançar o objetivo geral foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- 1) Avaliar a sobrevivência de colmeias submetidas a diferentes técnicas de manutenção e preservação no período da florada de macieiras.
- 2) Acompanhar o desempenho de colmeias após a saída dos pomares, e eventuais perdas das mesmas.
- 3) Determinar a eficácia e contribuição da ação do Thidiazuron (TDZ), na fixação de frutos de maçãs com e sem a contribuição de agentes polinizadores.
- 4) Avaliar as condições populacionais e suas interações com áreas de recursos alimentares, bem como o comportamento de coleta de recursos pólen e néctar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DECLÍNIO DE POLINIZADORES

O desaparecimento dos polinizadores, assim como dos insetos, está gerando uma grande preocupação social e econômica (KLEIN et al., 2007). Isso se resume ao fato de que sem polinizadores não haveria vida no planeta. Qualquer perda de biodiversidade é preocupante, mas as perdas de polinizadores podem ser particularmente problemáticas por causa dos efeitos potenciais na reprodução das plantas, afetando significativamente a produção de alimentos (KLUSER; PEDUZZI, 2007).

Os agentes polinizadores tem um papel chave na manutenção de populações de plantas selvagens e agrícolas (ASHMAN et al., 2004). Cerca de 87 culturas agrícolas dependem da polinização animal (KLEIN et al., 2007). As plantas tornam-se altamente dependentes e sensíveis a alterações na dinâmica de polinizadores (AGUILAR et al., 2006). Desta forma a perda de polinizadores pode levar à perda de diversidade de plantas que necessitam de polinização cruzada, resultando na redução da disponibilidade de recursos para os polinizadores, levando a redução ainda maior de diversidade de polinizadores (POTTS et al., 2010).

Ecologistas afirmam que o declínio dos insetos, bem como dos polinizadores, está relacionado a um conjunto de fatores. A perda de habitat e conversão para agricultura intensiva e urbanização; poluição, principalmente por pesticidas e fertilizantes sintéticos; fatores biológicos, incluindo patógenos e espécies introduzidas; e mudanças climáticas, são as principais causas de declínio dos insetos (SÁNCHEZ-BAYO; WYCKHUYS, 2019). Se tratando de polinizadores, as principais causas são a fragmentação e degradação dos habitats naturais, práticas agrícolas, manejo agrícola e inimigos naturais e mudanças climáticas (KLUSER; PEDUZZI, 2007; ROSA et al., 2020).

A degradação e fragmentação dos habitats naturais, decorrente da urbanização não apenas remove o habitat diretamente, mas também isola e fragmenta grande parte dele, resultando na redução de fontes de alimentos e diminuição de locais para acasalamento, aninhamento e migração (KLUSER; PEDUZZI, 2007). Na agricultura conduzida, principalmente sob o sistema convencional, a monocultura, amplamente difundida e utilizada nos últimos anos,

com a finalidade de produção de grãos e fibras em larga escala, ocasionou diminuição de áreas disponíveis para o forrageamento de agentes polinizadores, resultando na diminuição e extinção de espécies nativas (GOULSON et al., 2005).

Abelhas nativas do gênero *Melipona* apresentam uma sensibilidade maior a degradação dos habitats naturais, necessitando de fragmentos com um tamanho mínimo de área com vegetação preservada para sua sobrevivência (PIOKER-HARA et al., 2014). A diminuição das áreas naturais tem gerado problemas para os polinizadores manejados também.

Nos últimos anos vem sendo relatado uma perda anormal de colmeias de abelhas de *Apis mellifera* (VANENGELSDORP et al., 2009). Além da redução dos habitats, a prática agrícola de retirada de plantas ruderais, pode comprometer a permanência de polinizadores nos cultivos (ROSA et al., 2020). As abelhas nativas do gênero *Xylocopa*, polinizadores das flores de maracujá, se abrigam em plantas como a lobeira (*Solanum lycocarpum*) e juá (*Solanum palinacanthum*), que crescem de forma espontânea em áreas circundantes aos pomares (SILVA et al., 2014).

Dentro das práticas agrícolas, o impacto dos agrotóxicos sobre as populações de polinizadores é preocupante. A principal forma de contaminação dos polinizadores por agrotóxicos é através do forrageamento em flores com resíduos e ou contaminada pelos agrotóxicos (HENRY et al., 2012). Resíduos de agrotóxicos como os neonicotinoides são comumente encontrados em recursos florais como pólen e néctar coletados pelas abelhas (GOULSON, 2013). Em estudo realizado no continente Europeu, Pohorecka et al. (2017) identificou a presença de resíduos de uma variedade de agrotóxicos presente nas colmeias de *A. mellifera*, sendo os resíduos mais frequentes os de fungicidas (45,3%), inseticidas (32,0%) e herbicidas (24,5%).

O contato crônico de agrotóxicos por meio de diferentes vias de ingestão (de pólen e mel) e pelo contato com cera contaminados ameaçam a sobrevivência das colmeias (POHORECKA et al., 2017). Tais resíduos podem não ser capazes de provocar uma intoxicação aguda não matando as abelhas em um primeiro momento (DESNEUX et al., 2007). Porém quando presente nas colmeias, o efeito negativo dos agrotóxicos é mais expressivo nas larvas do que em adultos, comprometendo as gerações seguintes (ZHU et al., 2014). O contato das abelhas com agrotóxicos pode levar a diversas consequências como problemas do sistema imunológico,

longevidade, desenvolvimento de abelhas até efeitos na microbiota (COLLINS; PETTIS, 2013).

Aliado aos agrotóxicos, o manejo apícola das colmeias de *A. mellifera*, se não realizado corretamente, também resulta no declínio de polinizadores manejados. Uma prática muito comum no sul do Brasil nos pomares de maçã, é o aluguel de colmeias, realizado pelo apicultor para diversificar sua renda. Durante o transporte das colmeias do seu habitat para os pomares, pode ser gerado estresses, prejudicando o desenvolvimento condição natural e produção da colônia nos anos subsequentes (ROSA et al., 2020). Desta forma, a não adoção de um manejo correto, resulta em diversos problemas no apiário como a redução do índice populacional das colmeias, maior incidência de problemas sanitários e a queda de seus produtos (SILVA, 2004).

Dentre os problemas sanitários das abelhas *A. mellifera*, os agentes patogênicos se destacam. O principal parasita de colmeias de abelhas registrado mundialmente é o ácaro *Varroa destructor* (Anderson e Trueman) (Mesostigmata: Varroidae), responsável pela perda de colmeias no período do inverno no Canadá (GUZMAN; NOVOA et al., 2010). A espécie *V. destructor* é um ácaro parasita que se originou na abelha asiática (*Apis ceranae*), porém rapidamente, passou a parasitar também a abelha melífera europeia (*A. mellifera*), onde se disseminou via colônias de abelhas que não co-evoluíram com o parasita (THOMS et al., 2018). No Brasil os primeiros registros do ácaro parasitando abelhas *A. mellifera* datam na década de 1970 (IWASAKI et al., 2015).

Além de parasitar as abelhas, o ácaro *V. destructor* está associado a transmissão de vírus como Israeli Acute Paralysis Virus e Kashmir Bee Virus, para as populações de *A. mellifera* (POTTS et al., 2010) e Deformed Wing Virus (DWV) (GENERSCH, 2005). Estes vírus causam danos físicos nas abelhas durante seu desenvolvimento no interior das células (THOMS et al., 2018), além de enfraquecer e diminuir o tempo de vida, comprometendo o sistema imunológico (SPIVAK et al., 2017). Ainda como problemas secundários causados pelos ácaros, está a contaminação do mel e da cera por acaricidas, uma vez que o principal método de controle, quando há altas densidades populacionais é a utilização de acaricidas (MULLIN et al., 2010). Assim como o uso de inseticidas, fungicidas e herbicidas o uso de acaricidas resulta em um risco para as abelhas e para o próprio ser humano, pelo consumo de produtos apícolas contaminados.

Outro problema fitossanitário que afeta a população de *A. mellifera* está relacionado a presença de um fungo unicelular *Nosema apis* e *Nosema ceranae* (Dissociodihaplophasida: Nosematidae), microsporídios que quando presente no estômago das abelhas causa nosemose (GISDER et al., 2017). As abelhas se infectam através da ingestão, que acarreta em sintomas característicos como diarreia intensa. Quando isto ocorre dentro da colmeia, resulta na liberação de esporos infecciosos, contaminando toda a colmeia, reduzindo assim o número de abelhas nas colmeias (GISDER et al., 2017).

Apesar de muitas abelhas não apresentarem sintomas de contaminação por *Nosema* spp., ocorre que as assintomáticas apresentam maior atividade de voo do que abelhas saudáveis e apresentam o comportamento de fazer maiores intervalos para descanso, com dificuldade de retorno a colmeia (WOLF et al., 2014). Tais características de comportamento podem ser prejudiciais para colmeia como um todo pela redução de coleta de pólen e néctar. Quando não tratadas, as colmeias infestadas por *Nosema* spp. apresentam 2,5 vezes mais propensão a entrar em colapso, do que colmeias que receberam tratamentos (DOOREMALEN et al., 2018). A negligência das boas práticas sanitárias no manejo de doenças em colmeias exacerbam a queda do vigor e da resistência das colônias (ROSA et al., 2020)

Concomitante a estes fatores, as mudanças climáticas também têm seu papel no declínio dos polinizadores em geral. Em uma perspectiva futura, o impacto que as mudanças climáticas causarão sobre a biodiversidade, mais especificamente a extinção de espécies vegetais, resultará na alteração dos períodos de florescimento, da quantidade e qualidade de néctar e pólen (POTTS et al., 2016; REDDY et al., 2012).

O cenário atual indica que nas próximas décadas a atividade sazonal de muitas espécies poderão mudar significativamente, afetando os ciclos de vida e as interações interespecíficas, comprometendo as populações e comunidades (SCHWEIGER et al., 2008). Consideradas polinizadores universais as abelhas são organismos integrantes e essenciais, tanto nos ecossistemas agrícolas, quanto aqueles naturais, pois juntamente com outras espécies de organismos polinizadores, são responsáveis pela manutenção, multiplicação e produção de várias espécies de plantas e de animais.

Conforme Freitas et al. (2016) os serviços de polinização são calculados em bilhões de dólares, no entanto passam despercebidos e são desconhecidos tanto

por parte dos agricultores como por parte da população humana em geral. A redução populacional ou o desaparecimento de agentes polinizadores, em específico das abelhas (com ou sem ferrão) trará inúmeros prejuízos, principalmente a redução na produção de alimentos. Desta forma tornam-se necessários o investimento em pesquisas sobre os fatores bióticos ou abióticos que contribuem para o desaparecimento de organismos polinizadores e em especial, as abelhas que contribuem no sustento da humanidade através da garantia na produção de alimentos.

2.2 USO DE AGROTÓXICOS *versus* POLINIZADORES

Das 141 espécies de plantas cultivadas no Brasil para uso na alimentação humana, produção animal, biodiesel e fibras, aproximadamente 60% (85 espécies) dependem em certo grau da polinização (GIANNINI et al., 2015), que pode ser realizada por animais tanto de espécies silvestres como aquelas manejadas (GARIBALD et al., 2009). Os insetos, especialmente as abelhas *Apis mellifera* têm sido as mais utilizadas em todo o mundo para a polinização de plantas cultivadas, em razão de seu fácil manejo, tamanho de suas colônias, sua abundância em diferentes ecossistemas e seu perfil generalista na busca de recursos (ROSA et al., 2019).

Os serviços de polinização que tanto as abelhas silvestres como as manejadas prestam à agricultura e aos ecossistemas terrestres em geral podem ser prejudicados por inúmeros fatores (FREITAS et al., 2009). Em geral as abelhas não são expostas a agrícolas que atendem ao pacote tecnológico convencional, o controle de espécies de insetos pragas, doenças e plantas invasoras está centrado principalmente no uso de diversas classes de agrotóxicos, como inseticidas, fungicidas e herbicidas entre outros (PIRES et al., 2016). Na agricultura brasileira, o uso intensivo e inadequado de agrotóxicos reduz a diversidade e a abundância de polinizadores (FREITAS et al., 2009).

Os efeitos de uma série de substâncias ativas na cognição e mortalidade de *A. mellifera* são bem conhecidas. Embora os inseticidas sejam amplamente estudados, outras substâncias ativas ou preparações comerciais também foram testadas e mostraram efeitos sobre as abelhas (fungicidas e agrícolas adjuvantes de spray). Os agrotóxicos, amplamente utilizados na agricultura, acabam

frequentemente atingindo organismos não alvo como por exemplo, os organismos polinizadores (SCHAFER et al., 2012). Junto de vários fatores que ocasionam a perdas de colmeias no mundo, recentemente a atenção se concentrou nos efeitos dos agrotóxicos neonicotinoides nas abelhas melíferas e no seu possível papel nas perdas de colmeias (GODFRAY et al., 2014).

Os inseticidas do grupo do neonicotinoides podem agir no aprendizado e na memória das abelhas dificultando a capacidade de retorno as colmeias (WILLIAMSON; WRIGHT, 2013). Para as abelhas os processos de aprendizado são fundamentais para que haja a coleta de pólen e de néctar adequadamente (MENZEL; MARCO, 2006). De acordo com Simon-Delso et al. (2015), cerca de 30% dos agrotóxicos utilizados no mundo são neonicotinoides. Com as abelhas expostas a tais agrotóxicos em atividades externas (KRUPKE; LONG, 2015) e dentro das colmeias (MULLIN et al., 2010). Abelhas expostas a Thiamethoxam perderam a capacidade de termo regulação em situações de temperaturas reduzidas e ou temperaturas elevadas (TOSI et al., 2016).

A utilização de agrotóxicos pode exercer impactos graves nas abelhas (DESNEUX et al., 2007). Efeitos estes que podem ser amplificados quando em conjunto com outros agrotóxicos (ZHU et al., 2017). Os agrotóxicos podem agir em doses subletais agindo negativamente no comportamento de forrageamento das abelhas (HENRY et al., 2012). Podendo haver ação negativa no desenvolvimento das fases imaturas, principalmente a larval (THOMPSON et al., 2014). Além das consequências que provocam por si só, os agrotóxicos podem interagir com diferentes patógenos, aumentando a suscetibilidade das abelhas a estes e potencializando seus efeitos (PIRES et al., 2016). Doublet et al. (2015) mostraram que o inseticida neonicotinoide tiaclopride aumenta os efeitos deletérios de dois patógenos comuns à *A. mellifera*: o microsporídio *Nosema ceranae* e o vírus BQCV.

No entanto não somente os inseticidas que podem ter efeito negativo nas abelhas. Em bioensaios de laboratório, doses recomendadas do herbicida glifosato, usado no controle de certas plantas invasoras, afetaram o comportamento das abelhas quanto à sensibilidade à sacarose (HERBERT et al., 2014). Pettis et al. (2013) relatam a presença de até 35 substâncias diferentes em amostras de abelhas que retornavam as colmeias com pólen.

Pires et al., (2016) afirmam que uma das possíveis rotas de exposição das colmeias seria pelo uso de cera contaminada. Segundo os autores os apicultores,

principalmente no Brasil, têm como costume de reutilizar favos em diferentes ciclos nas colmeias. Segundo Kessler et al., (2015), em estudos recentes relata que tanto *A. mellifera* quanto *Bombus terrestris* preferiram fontes de alimentos que continham neonicotinoides, o que aumenta o risco de exposição e, conseqüentemente, de contaminação da colônia, uma vez que os estoques de pólen e néctar contaminados podem ser maiores do que aqueles sem contaminação.

No Brasil, a maior preocupação é em relação aos inseticidas, principalmente aqueles aplicados por aeronaves sobre as grandes extensões de monoculturas (PIRES et al., 2016). Barbosa et al. (2015) relata que até mesmo bioinseticidas como a azadiractina podem causar deformações nas larvas de abelhas, causando problemas a manutenção das populações nas colmeias. Com base nos efeitos adversos, causados por agrotóxicos sobre as abelhas, Lima e Rocha (2012) compilaram, via revisão bibliográfica, informações sobre os principais efeitos subletais em abelhas (Tabela 1).

Tabela 1 – Principais agrotóxicos utilizados e seus efeitos sobre as abelhas.

Modo de ação	Exemplos	Efeito subletal
Alteram a modulação dos canais de Na e a polaridade da membrana celular	Permetrina	Interfere na capacidade de orientação das abelhas
		Provoca graves distúrbios de comportamento: irritabilidade; excessiva autolimpeza; contração do abdômen; dança trêmula
	Cipermetrina	Redução na capacidade de detenção de odores
		Aumenta a taxa de substituição de rainhas
Competidores da Acetilcolina pelos receptores que medeiam o impulso nervoso Imidacloprido		Afeta a capacidade de reconhecimento do feromônio inibidor
		Afeta a atividade de forrageamento
		Dificulta o retorno à colônia
		Afeta o padrão da dança do oito
		Reduz a capacidade da leitura olfativa
		Reduz a capacidade da leitura olfativa
		Afeta a quantidade de larvas e pupas
Mecanismos de ação voltados para o controle de fungos e plantas	Captan	Em <i>Bombus</i> : diminui a emergência de larvas
		Efeito de repelência – diminui a capacidade de forrageamento
		Defeitos morfogênicos
	Ipradione	Aumento na mortalidade de larva
		Grande mortalidade larval
		Produção de pupas excepcionalmente grandes
Mimetizadores da ação de hormônios juvenis	Diflubenzuron; Penfluron; Metoprene	Suprime o desenvolvimento da glândula hipofaringeana
		Estimula o forrageamento precoce
		Reduz a captação de pólen e água
		Diminui a produção de favos
	Triflubenzuron	Suprime a produção de crias
		Em <i>Bombus</i> : diminui o desenvolvimento dos ovos
	Azadirachta	Aumenta a mortalidade das crias
		Reduz a emergência de adultos
Aumenta a mortalidade larva		
Provoca má formação das asas		
		Reduz a área de cria
		Ocorre grande mortalidade de rainhas

Fonte: Lima e Rocha (2012).

Segundo Freitas e Pinheiro (2012), as abelhas em grandes cultivos como é o caso da macieira ficam expostas a inúmeras substâncias, sendo necessário o emprego de diferentes técnicas para a proteção das abelhas. Segundo os autores são necessários fazer as aplicações dos agrotóxicos em horários que as abelhas não estejam presentes nas flores, podendo estas serem feitas no início da noite e/ou no período da noite.

Na cultura da macieira, esses produtos são utilizados no controle de insetos e ácaros pragas, doenças e plantas daninhas, os quais quando não combatidos, podem comprometer significativamente a produção e a qualidade dos frutos (ARIOLI et al., 2015). Dentre os insetos praga, destacam-se *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae), *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) e lagartas das famílias

Noctuidae e Geometridae (Grandes lagartas). Esses agentes são considerados pragas-chave dentro do sistema de produção além de incidirem sobre a cultura ainda durante a floração, exigindo que sejam tomadas medidas de controle já nessa fase (BOTTON et al., 2006).

No período da floração é fundamental ter cuidado quanto ao uso de substâncias químicas visando à preservação dos polinizadores (ARIOLI et al., 2015). A densidade e a atratividade das flores de culturas agrícolas em pleno florescimento, contaminadas pela aplicação de determinados agrotóxicos podem causar a morte de polinizadores, além de afetar o comportamento das abelhas que estão forrageando, reduzindo o vigor da colônia (SCHNEIDER et al., 2012).

Arioli et al. (2015), constataram que a aplicação de Novaluron inseticida para o controle de *G.molesta* e Grandes lagartas, não apresentou efeito repelente as abelhas que forrageavam nas áreas aplicadas. No entanto, apresentaram efeitos subletais, comprometendo o desenvolvimento das colônias em 50% em comparação com as colmeias testemunhas.

2.3 EXPLORAÇÃO ECONÔMICA DE MACIEIRA

A produção comercial de maçãs no Brasil teve início na década 1970, com o auxílio de incentivos fiscais do governo federal para reflorestamento. Segundo Petri et al. (2011), a Lei Federal no 5.106/1966, conhecida como lei dos incentivos fiscais, permitiu abater 50% do imposto de renda devido no exercício por aplicação do recurso em reflorestamento, este podendo ser feito com árvores frutíferas. Este fato foi um importante impulsor da cultura no país, com os primeiros plantios sendo implantados nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), sendo formados três importantes polos de produção: Fraiburgo, São Joaquim em SC e Vacaria no RS.

A produção de maçãs no Brasil teve aumento significativo nas últimas décadas, com o país passando de importador a autossuficiente e exportador da fruta em poucos anos. Segundo Fioravanço (2009), a produção de maçãs no país teve um aumento gradual ao longo dos anos, tendo pouco mais 2 mil hectares em meados de 1970, passando para 37,5 mil hectares em 2007. Atualmente, o país possui uma área de 32 mil hectares da cultura com uma produção de cerca de 1 milhão de toneladas de maçãs IBGE (2021). A macieira gera entorno de 7 milhões de dólares

em termos de divisas para o país (SALATI, 2021). A produção de maçãs é altamente dependente de mão-de-obra, gerando cerca de 50 mil empregos diretos e 136,5 mil indiretos. Na safra 2020/21 gerou cerca de 50 mil postos de trabalho formal (SALATI, 2021).

Apesar de possuir menos de 40 anos de tradição na produção mundial de maçã, o plantio de variedades modernas como Gala, Fuji e seus clones, a disponibilidade de terras e a densidade de plantio colocaram o país como um dos principais produtores no cenário mundial (BITTENCURT et al., 2011). Tal fato está ligado a um avanço em inúmeras tecnologias, tais como desenvolvimento de variedades mais produtivas e adaptadas às condições de cada região produtora, métodos de controle de pragas mais eficazes, manejo e condução modernos dos pomares, e métodos de polinização mais adequados à produção da fruta. O Brasil figura entre os 10 principais países produtores de maçã mundial, colhendo em torno de 1,3 milhão de toneladas na safra de 2010 (RECH et al., 2013).

2.4 VALOR ECONÔMICO DA POLINIZAÇÃO DA MAÇÃ

Os insetos polinizadores desempenham um papel fundamental na produção de muitas frutas, vegetais e safras (KLEIN et al., 2007). Com inúmeros estudos valorizando o serviço de polinização por insetos como um serviço ecossistêmico para a produção de alimentos agrícolas em âmbito global (GALLAI et al., 2009; WINFREE et al., 2011). A polinização é um serviço ecossistêmico de valor econômico indiscutível ligado ao bem-estar humano por meio da agricultura produção e segurança alimentar (PORTO et al., 2020).

Como a agricultura enfrenta declínio documentado em abelhas e outros polinizadores de insetos, avaliações empíricas de perdas econômicas potenciais são críticas para contextualizar os impactos deste declínio e para priorizar as necessidades de pesquisa. Somente para o estado da Geórgia o valor econômico anual dos polinizadores bióticos é substancial - US \$ 367 milhões, equivalente a 13% do valor total da produção das safras estudadas e 3% do valor total da produção do setor agrícola (BARFIELD et al., 2015)

Das culturas que se beneficiam da polinização por insetos podemos destacar a cultura da maçã, está dependendo em muito para que haja a produção de frutos (PETTRI, 2011; SANTOS et al., 2013). A maçã é uma das culturas fruteiras mais

importantes em todo o mundo, com a produção de 2010 em 93 países no valor de US \$ 64 bilhões (GARRATT et al., 2014). Com a cultura se beneficiando diretamente da polinização efetuada por insetos (GARRATT et al., 2014). Com a polinização de macieiras podendo melhorar as qualidades dos frutos originados, aumentando o tamanho e qualidade dos frutos (PETTRI, 2011; SANTOS et al., 2013).

Segundo Garratt et al. (2014), os serviços de polinização de maçãs no Reino Unido equivalem a 3,2–5,9 milhões de libras por ano. Em termos monetários, o cultivo de macieira no Brasil gera US \$ 440.800 anuais (GIANNINI et al., 2015), e esses autores relataram que aproximadamente 60% desse valor (US \$ 286.520.000) é gerado por serviços de polinização.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, R. et al. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. **Ecology Letters**, v. 9, p.968–980, 2006.
- ALIOUANE, Y. et al. Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: effects on behavior. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 28, 2009.
- AMDAM, G. V. et al. Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) Infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): A Factor in Colony Loss During Overwintering? **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 3, p. 741-747, 2004.
- ARIOLI, C. J.; ROSA, J. M.; BOTTON, M. Mortalidade de *Apis mellifera* e manejo da polinização em macieira. *In.*:Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, 14., 2015, Fraiburgo, SC. **Anais [...]** (v.2 - Resumos). Caçador: Epagri, v. 2 (trabalhos), 2015. p. 69-80.
- ASHMAN, T. L. et al. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. **Ecology**, v. 85, n. 9, p. 2408-2421, 2004.
- AVILA, S. et al. Brazilian apple production – twenty years later. **Fruit processing**, v. 1, p. 24 – 28, 2015.
- BAPTISTA, A. P. M. et al. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 955-961, 2009.
- BARBOSA, W. F. et al. Biopesticide-induced behavioral and morphological alterations in the stingless bee *Melipona quadrifasciata*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 34, p. 2149-2158, 2015.
- BARFIELD, A. S. et al. Economic Valuation of Biotic Pollination Services in Georgia. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 2, p. 388–398, 2015.
- BENUSZAK, J.; LAURENT, M.; CHAUZAT, M. The exposure of honey bees (*Apis mellifera*; Hymenoptera: Apidae) to pesticides: Room for improvement in research. **Science of the Total Environment**, p. 423-438, 2017.
- BIZOTTO, L. A.; SANTOS, R. S. S.; BOFF, M. I. C. Análise diagnóstica de colmeias utilizadas na polinização de macieiras. **Agapomi**, n. 297, p. 10-11, 2019.
- BIZOTTO, L. A.; SANTOS, R. S. S.; BOFF, M. I. C. Parasitism by varroa and *Nosema* sp. in beehives used for apple tree pollination. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 773-778, 2018a.
- BIZOTTO, L. A.; SANTOS, R. S. S.; BOFF, M. I. C. Polinização dirigida. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, n. 111, p. 32-35, 2018b.

BOTTON, M., ARIOLI, C. J., MULLER, C. Controle de lagartas no período de floração da macieira. **Agapomi**, n. 145, p. 06-07, 2006.

CHAMBÓ, E. D. et al. Aplicação de inseticida e seus impactos sobre a visitação de abelhas (*Apis mellifera* L.) no girassol (*Helianthus annuus* L.). *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 5, n. 1, p. 37-42, 2010.

CHARLES H. et al. A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. **Proceedings of the royal society**, v. 281, n. 1786, p. 20140558, 2014.

COLLINS, A. M.; PETTIS, J. S. Correlation of queen size and spermathecal contents and effects of miticide exposure during development. **Apidologie**. v. 44, p.351–356, 2013.

DECOURTYE, A.; LACASSIE, E.; PHAM-DELEGUE, M. H. Learning performances of honey bees are differentially affected by imidacloprid according to the season. **Pest Management Science**, v. 59, p. 269-278, 2003.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p.81–106. 2007.

DIETEMANN, V. et al. *Varroa destructor*: research avenues towards sustainable control. **Journal of Apicultural Research**, v. 51, n. 1, p. 125-132, 2012.

DOOREMALEN, C. V. et al. Single and interactive effects of *Varroa destructor*, *Nosema* spp., and imidacloprid on honey bee colonies (*Apis mellifera*). **Ecosphere**, v. 9, n. 8, p. 1-17, 2018.

DOUBLET, V. et al. Bees under stress: sublethal doses of a neonicotinoid pesticide and pathogens interact to elevate honey bee mortality across the life cycle. **Environmental Microbiology**, v. 17, p. 969-983, 2015.

DUDLEY, N.; ALEXANDER, S. Agriculture and biodiversity: a review. **Biodiversity**, v. 18, p. 45–49. 2017

FAO. **A contribuição dos insetos para a segurança alimentar, subsistência e meio ambiente, 2015**. Disponível em: <http://www.fao.org/3/d-i3264o.pdf>. Acesso em 15 dez. 2020.

FIORAVANÇO, J. C. Maçã brasileira: Da importação à auto-suficiência e exportação - a tecnologia como fator determinante. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 3, 2009.

FREITAS B. M.; PINHEIRO, J. N. **Polinizadores e pesticidas: princípios e manejo para os agroecossistemas brasileiros**. 2012. 112 p.

FREITAS, B. M. et al. Diversity, Threats and Conservation of Native Bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 332-346, 2009.

FREITAS, B. M; ALVES, J. E. Efeito do número de visitas florais da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 148-154, 2008.

FREITAS, P. V. D. X. et al. Declínio populacional das abelhas polinizadoras: Revisão. **PUBVET**, v. 11, p. 1-102, 2016.

FREY, E.; ROSENKRANZ, P. Autumn invasion rates of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) into honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies and the resulting increase in mite populations. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 2, p. 508-515, 2014.

GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, p. 810-82, 2009.

GARIBALDI, L. A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v. 339, p. 1608-1611, 2013.

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

GENERSCH, E. Development of a rapid and sensitive RT-PCR method for the detection of deformed wing virus, a pathogen of the honeybee (*Apis mellifera*). **The Veterinary Journal**, v. 169, p. 121–123, 2005.

GIANNINI, T.C. et al. Safeguarding ecosystem services: a methodological framework to buffer the joint effect of habitat configuration and climate change. **Plos one**, v. 10, 2015.

GISDER, S. et al. Long-Term Temporal Trends of *Nosema* spp. Infection Prevalence in Northeast Germany: Continuous Spread of *Nosema ceranae*, an Emerging Pathogen of Honey Bees (*Apis mellifera*), but No General Replacement of *Nosema apis*. **Frontiers in cellular and infection microbiology**, v. 7, n. 301, p.1-14, 2017.

GOULSON, D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 4, p. 977-987, 2013.

GOULSON, D. et al. Causes of rarity in bumblebees. **Biological Conservation**, v. 122, p. 1–8, 2005.

GUZMAN-NOVOA, E. et al. *Varroa destructor* is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada. **Apidologie**, v. 41, p. 443–450, 2010.

HENRY, M. et al. Response to Comment on “A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees”. **Science**, v. 337, n. 21, 2012.

HENRY, M. et al. Pesticide risk assessment in free-ranging bees is weather and landscape dependent. **Nature Communications**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2014.

- HERBERT, L.T. et al. Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. **Journal of Experimental Biology**, v. 217, p. 3457-3464, 2014.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente 2019**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em 18 dez 2020.
- IWASAKI, J. M. et al. The New Zealand experience of varroa invasion highlights research opportunities for Australia. **Ambio**, v. 44, n. 7, p. 694-704, 2015.
- JOHNSON, R. M. et al. Pesticides and honey bee toxicity – USA. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 312-331, 2010.
- KESSLER, S. C. et al. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. **Nature**, v. 521, p. 74-76, 2015.
- KIST, B. B. et al. **Anuário brasileiro da maçã 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 56 p.
- 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, 2007.
- KLUSER, S.; PEDUZZI P. Global pollinator decline: a literature review. **UNEP/GRID**, Europe, set. 2007. Disponível em: <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:32258.pdf>
- KRUPKE, C. H; LONG, E. Y. Intersections Q1 between neonicotinoid seed treatments and honey bees. **Current opinion in insect science**, v. 10, p. 8-13, 2015.
- LIMA, M. C. D.; ROCHA, S. D. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil**. Brasília: Ibama, 2012. 88 p.
- MENZEL, R.; DE MARCO, R. J. Spatial memory, navigation and dance behaviour in *Apis mellifera*. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 192, n. 9, p. 889-903, 2006.
- MULHOLLAND, G. E. et al. Individual Variability of *Nosema ceranae* Infections in *Apis mellifera* Colonies. **Insects**, v.3, n.4, p.1143-1155, 2012.
- MULLIN, C. A. et al. High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. **Plos one**, v. 5, n. 3, p. 1-19, 2010.
- OLLERTON, J. et al. Extinctions of aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. **Science**, v. 346, p. 1360–1362. 2014
- PARK, M. G. et al. The role of native bees in apple pollination. **NY Fruit Quart**, v. 18, p. 21-25, 2010.

PAXTON, R. J. Does infection by *Nosema ceranae* cause “Colony Collapse Disorder” in honey bees (*Apis mellifera*)? **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n. 1, p. 80-84, 2010.

PETRI, J. L. et al. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 33 n. 1, p. 48-56, 2011.

PETTIS, J. S. et al. Crop Pollination Exposes Honey Bees to Pesticides Which Alters Their Susceptibility to the Gut Pathogen *Nosema ceranae*. **Plos one**, v. 8, n. 7, p. 1-9, 2013.

PIOKER-HARA, F. C.; DRUMMOND, M. S.; KLEINERT, A. M. P. The influence of the loss of Brazilian savanna vegetation on the occurrence of nests of stingless bees (Apidae: Meliponini). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 393-400, 2014.

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, 2016.

POHORECKA, K. et al. The exposure of honey bees to pesticide residues in the hive environment with regard to winter colony losses. **Journal of Apicultural Science**, v. 61, n. 1, p.105-125, 2017.

PORTO, R. G. et al. Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. **Food Security**, p. 1-18, 2020.

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

POTTS, S. G. et al. Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n.1, p.15-22, 2010b.

POTTS, S. G. et al. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 220-229, 2016.

RECH, S.; CARIO, S. A. F.; AUGUSTO, C. A. **Indicadores Econômicos**. FEE, Porto Alegre, v. 42, n. 1, p. 89-106, 2014

REDDY, P. V. R.; VERGHESE, A.; RAJAN, V. V. Potential impact of climate change on honeybees (*Apis* spp.) and their pollination services. **Pest Management in Horticultural Ecosystems**, v. 18, p. 121-127, 2012.

ROSA, J. M. et al. Insetos Polinizadores: a base para a manutenção da biodiversidade e crescimento econômico. In: GINDRI, D. M. *et al* (org.) **Sanidade Vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento sustentável**. Florianópolis: Cidasc, 2020. p. 325-380.

SALATI, P. De onde vem o que eu como: maçã movimentada R\$ 7 bilhões na economia e exportação nacional deve crescer em 2021. **G1 notícias**, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/agro-a-industria-riqueza-do-brasil/noticia/2021/02/02/de-onde-vem-o-que-eu-como-maca-movimentada-7-bilhoes-na-economia-e-exportacao-nacional-deve-crescer-em-2021.ghtml>: Acesso em: 07 mar. 2021.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. **Biological Conservation**, v. 232, p. 8-27. 2019.

SANTOS, R. S. S.; SEBEN, V. H.; WOLFF, L. F. Visita floral de *Apis mellifera* L. em diferentes clones de cultivares de maçãs Gala e Fuji e sua relação com variáveis meteorológicas em Vacaria, RS, Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**. v. 112, n. 2, p. 114-122, 2013.

SCHAFER, R. B. et al. Thresholds for the Effects of Pesticides on Invertebrate Communities and Leaf Breakdown in Stream Ecosystems. **Environmental Science and Technology**, v. 46, n. 9, p. 5134-5142, 2012.

SCHNEIDER, C. W. et al. Tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behavior of *Apis mellifera*. **Plos one**, v. 7, n. 1, p. e30023, 2012.

SCHWEIGER, O. et al. Climate change can cause spatial mismatch of trophically interacting species. **Ecology**, v. 89, p. 3472–3479, 2008.

SHEFFIELD, C. S. Pollination, seed set and fruit quality in apple: studies with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in the Annapolis valley, Nova Scotia, Canada. **Journal of Pollination Ecology**, v.12, n.13, p.120-128, 2014.

SILVA, C. I. et al. **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil**. São Paulo: Instituto Avançado da Universidade de São Paulo, Coeditor: Ministério do Meio Ambiente-Brasil, 2014.

SILVA, N. R. da. **Aspectos do perfil e do conhecimento de apicultores sobre manejo e sanidade da abelha africanizada em regiões de apicultura de Santa Catarina**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2004.

SIMON-DELSON, N. et al. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 5-34, 2015.

SPIVAK, M. S. et al. Why Does Bee Health Matter? The Science Surrounding Honey Bee Health Concerns and What We Can Do About It. **CAST Commentary**, 2017. Disponível em: <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/197606/Why%20Does%20Bee%20Health%20Matter.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 dez. 2020

THOMPSON, H. M. et al. Evaluating Exposure and Potential Effects on Honeybee Brood (*Apis mellifera*) Development Using Glyphosate as an Example. **Integrated environmental assessment and management**, v. 10, n. 3, p. 463-470, 2014.

THOMS, C. A. et al. Beekeeper stewardship, colony loss, and *Varroa destructor* management. **Ambio**, v. 48, n. 10, p. 1209-1218, 2019.

TOSI, S. et al. Effects of a neonicotinoid pesticide on thermoregulation of African honey bees (*Apis mellifera scutellata*). **Journal of Insect Physiology**, v. 93-94, p. 56-63, 2016.

VANENGELSDORP, D. et al. Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study. **Plos one**, v. 4, n. 8, p.1-17, 2009.

WILLIAMSON, S. M.; WRIGH. G. A. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybee. **The Journal of Experimental Biology**, v. 216, p. 1799-1807, 2013.

WINFREE, R.; GROSS, B. J.; KREMEN C. Valuing pollination services to agriculture. **Ecological Economics**, v. 7, p. 80-88, 2011.

WOLF, S. et al. So Near and Yet So Far: Harmonic Radar Reveals Reduced Homing Ability of Nosema Infected Honeybees. **Plos one**, v. 9, n. 8, p. 1-15, 2014.

WOLFF, L. F.; REIS, V. D. A.; SANTOS, R. S. S. **Abelhas melíferas: bioindicadores e qualidade ambiental e de sustentabilidade da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Doc. 244, 38p., 2008.

ZHU, W. et al. Four Common Pesticides, Their Mixtures and a Formulation Solvent in the Hive Environment Have High Oral Toxicity to Honey Bee Larvae. **Plos one**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2014.

ZHU, Y. C.; YAO, J.; LUTTREL, A, R. Synergistic toxicity and physiological impact of imidacloprid alone and binary mixtures with seven representative pesticides on honey bee (*Apis mellifera*). **Plos one**, v. 3, p. 1-16, 2017.

3 DESEMPENHO DE COLMEIAS DE *Apis mellifera* SUBMETIDAS A DIFERENTES TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO DURANTE A FLORADA DA MACIEIRA

3.1 INTRODUÇÃO

Os primeiros plantios comerciais de macieiras no Brasil, iniciaram-se na década de 1970, a partir de incentivos fiscais do Governo Federal (PETRI et al., 2011). Ao longo deste tempo, inúmeros avanços científicos e tecnológicos foram incorporados aos sistemas de cultivo, com destaque a cultivares de macieira adaptadas às condições edafoclimáticas e de manejos fitotécnicos e fitossanitários eficientes.

No entanto, a fase de polinização da macieira ainda necessita de investigações robustas para que haja a produção de frutos em quantidade e qualidade adequados (BIZOTTO et al., 2018b). Neste aspecto, um dos problemas ainda existentes é a falta de manejos adequados dos agentes polinizadores, responsáveis pelo transporte do pólen entre cultivares, polinizadoras e polinizadas, no pomar (GARRATT et al., 2014; PETRI et al., 2011; ROSA et al., 2019; SHEFFIELD, 2014).

Dentre os agentes polinizadores, a abelha (*Apis mellifera*) se destaca na polinização de macieiras, compreendendo cerca de 97% dos visitantes florais da macieira (SANTOS et al., 2013). Este fato deve-se as características de elevada população de abelhas nas colmeias, fácil manejo das colmeias bem como a facilidade de transporte dos enxames dos apiários para os pomares e da eficiência da espécie na polinização de macieiras (FREITAS; ALVES, 2008).

No Brasil, especificamente na região Sul, a utilização de agrotóxicos para o controle de pragas e doenças em pomares de macieiras é prática comum e necessária para obtenção de safras economicamente viáveis (BIZOTTO et al., 2018a; ROSA et al., 2019). O período de floração da macieira é um momento crítico de estabelecimento da sarna (*Venturia inaequalis* (Cooke) Winter) sendo comum a utilização de pulverizações de fungicidas para controle da doença (BONETI; KATSURAYAMA; SANHUEZA, 2006; FIORAVANÇO et al., 2010). O transporte de pólen contaminado com fungicidas pelas abelhas é considerado um aspecto

negativo, pois enfraquece a colmeia pela falta de fermentação adequada no “pão da abelha” que irá nutrir as formas jovens (MCART et al., 2017).

Assim, perdas populacionais em colmeias utilizadas na polinização de culturas agrícolas em que se aplicam agrotóxicos são frequentemente relatadas (TRAYNOR et al., 2016). Tosi et al. (2018) relatam uma diversidade de moléculas de agrotóxicos em pólen de macieiras, coletados por abelhas campeiras, o qual pode levar ao colapso as colmeias. Além disso, a presença de agrotóxicos no ambiente agrícola pode contribuir na redução do forrageamento por abelhas experientes em coletas de recursos, levando sua substituição por abelhas menos experientes, isso reduziria a qualidade do serviço ecossistêmico prestados durante um período de polinização (KLEIN et al., 2019).

Assim, o entendimento da dinâmica populacional de colmeias de *A. mellifera* utilizados em serviços de polinização de macieira é fator básico para elaboração de estratégias de manutenção de serviços ecossistêmicos eficientes e preservação dos enxames no tempo. Deste modo, o presente estudo tem como objetivo avaliar a eficácia de técnicas para manutenção/suplementação alimentar de colmeias por meio de avaliação de áreas internas de colmeias de *A. mellifera* em relação aos recursos armazenados e a prole existente antes, durante e após os serviços de polinização de macieiras.

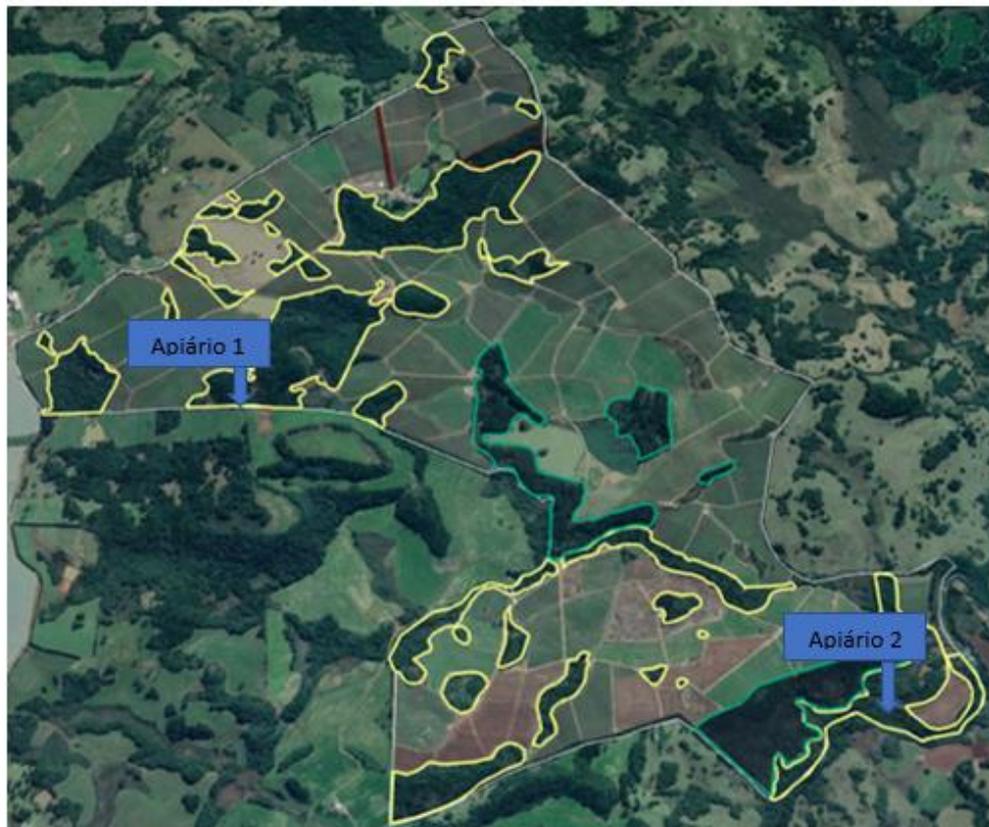
3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado num pomar comercial de macieira localizado no município de Vacaria, RS (S28°36'45.55" e W050°53'31.96") entre agosto de 2017 a novembro de 2019 (Figura 1). O pomar é formado por 310 hectares destinados à produção de maçãs das cultivares Royal Gala e Fuji Suprema. A distribuição das plantas de macieira no pomar é de duas filas da cultivar polinizadora ao lado de três filas da cultivar produtora. O plantio é semi-adensado com distância entre plantas de 0,80m para a Royal Gala e de 1,20m para Fuji Suprema, com distância entre filas, para ambas, de 3,00m.

A propriedade possui cerca de 800 colmeias de *A. mellifera* em caixas do tipo Langstroth, exclusivas para o uso em serviços de polinização dos próprios pomares de macieiras. Para o estudo foram selecionadas, aleatoriamente, 30 colmeias de *A. mellifera* dos apiários da propriedade. A empresa possui cerca de sete apiários

internos a área do pomar e dois apiários fora do perímetro do pomar. As colmeias utilizadas no presente estudo foram retiradas de dois apiários internos ao perímetro do pomar (Figura 1).

Figura 1 – Imagem aérea do perímetro do pomar, áreas de florestas de matas nativa e reflorestamentos com *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., e localização dos apiários (A), imagens do apiário 1 (B) e apiário 2 (C)



Fonte: Google Earth, 01/03/2019.

- Áreas de matas nativas
- Reflorestamento com *Eucalypto* sp.
- Reflorestamento com *Pinus* sp.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Antes de serem utilizadas para a polinização de macieiras, as abelhas forrageavam em áreas de mata nativa e reflorestamentos com *Eucalyptus* sp. Após os serviços de polinização as colmeias retornaram novamente aos apiários na propriedade. As colmeias selecionadas foram divididas em três lotes de 10 caixas. O lote A recebeu dieta proteica/energética e teve a obstrução do alvado (SCO) para impedir a entrada de pólen “contaminado” na colmeia; o lote B recebeu a mesma suplementação de dieta, porém sem a obstrução/impedimento (SSO) da entrada de pólen na colmeia; já o grupo C não recebeu dieta e nem teve obstrução do alvado, servindo de testemunha.

A dieta proteica/energética utilizada na suplementação foi composta por uma mistura de 28% de farinha de soja e 72% de farinha de milho. As farinhas foram misturadas e acrescentado xarope de açúcar e água a 30% para formar uma massa coesa com cerca de 24% de proteína bruta, esta modificada de Turcato (2011). A suplementação foi realizada durante o período de estada das colmeias no pomar. O fornecimento da dieta foi realizado a cada 7 dias onde era colocado porções de 100g (em forma de bife) sobre os caixilhos, no interior de cada colmeia. Após a saída das colmeias do interior do pomar as colmeias foram submetidas ao manejo adotado pelo apicultor da empresa.

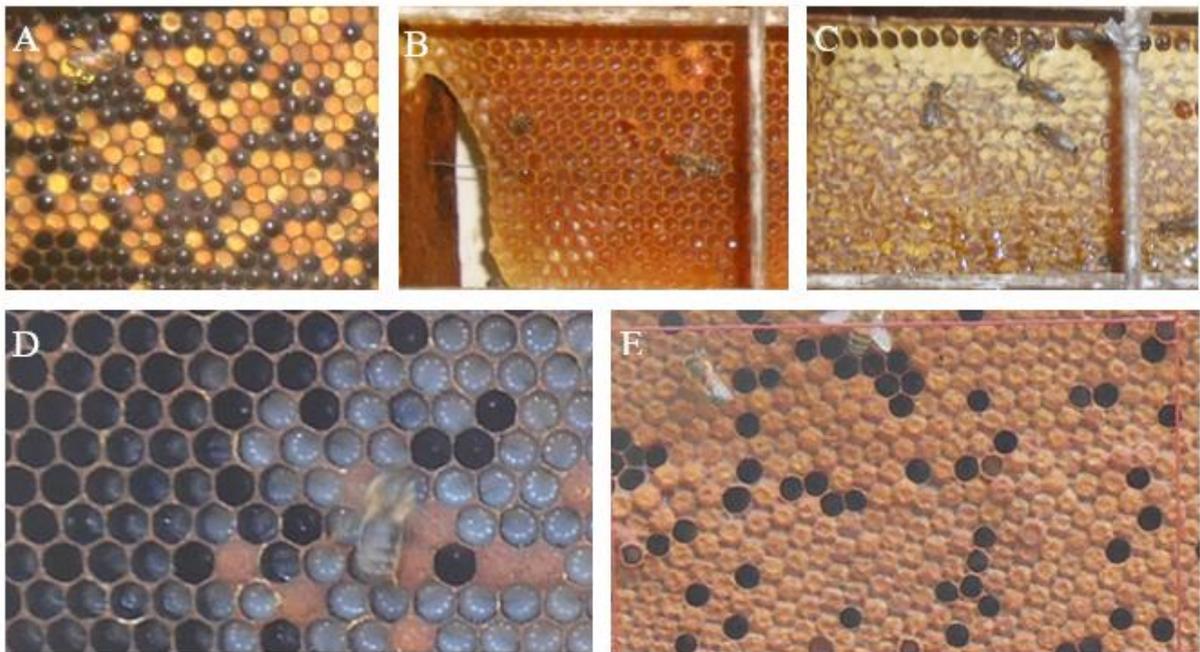
As avaliações em cada colmeia consistiram da obtenção de imagens fotográficas dos caixilhos em ambos os lados. Para tanto, cada caixilho foi retirado, seguindo o sentido da esquerda para a direita, tomado como ponto de referência o alvado da colmeia, e fotografado. As fotografias foram realizadas com câmera digital de resolução de 16 megapixel. Para padronizar a distância focal foi confeccionado um “caixilho padrão”, nas dimensões das colmeias, com suporte de madeira para acoplar a câmera digital numa distância de 50 cm. O “caixilho padrão” não possuía cera, e foi dividido em 9 quadrantes de 10cm por 7cm, feito de fios de náilon.

As fotografias foram analisadas em tela de computador e computado os percentuais de áreas de cera alveolada com os recursos pólen (Figura 2A), néctar (Figura 2B) e mel maduro (Figura 2C) existente, conteúdo de crias novas (larvas) (Figura 2D) e de crias operculadas (Figura 2E), sempre que presentes. Com cada colmeia acompanhada ao longo do ano com intuito de verificação de perdas ao longo do ano por grupo de tratamento.

Cada colmeia foi avaliada antes do serviço de polinização, logo após a saída do serviço de polinização, e a intervalos de 45 dias durante todo o ano. As

amostragens foram sempre iniciadas nas primeiras horas da manhã. Os dados foram tabulados, analisados e com os quais foram gerados gráficos de ocupação populacional e de reservas de recursos de acordo com os percentuais de cada parâmetro na colmeia. Além de gráfico com as perdas de colmeias ao longo do tempo em função do grupo tratamento.

Figura 2 – Imagens fotográficas dos recursos: Pólen (A), néctar (B) e mel maduro (C), larvas (D) e crias operculadas (E)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

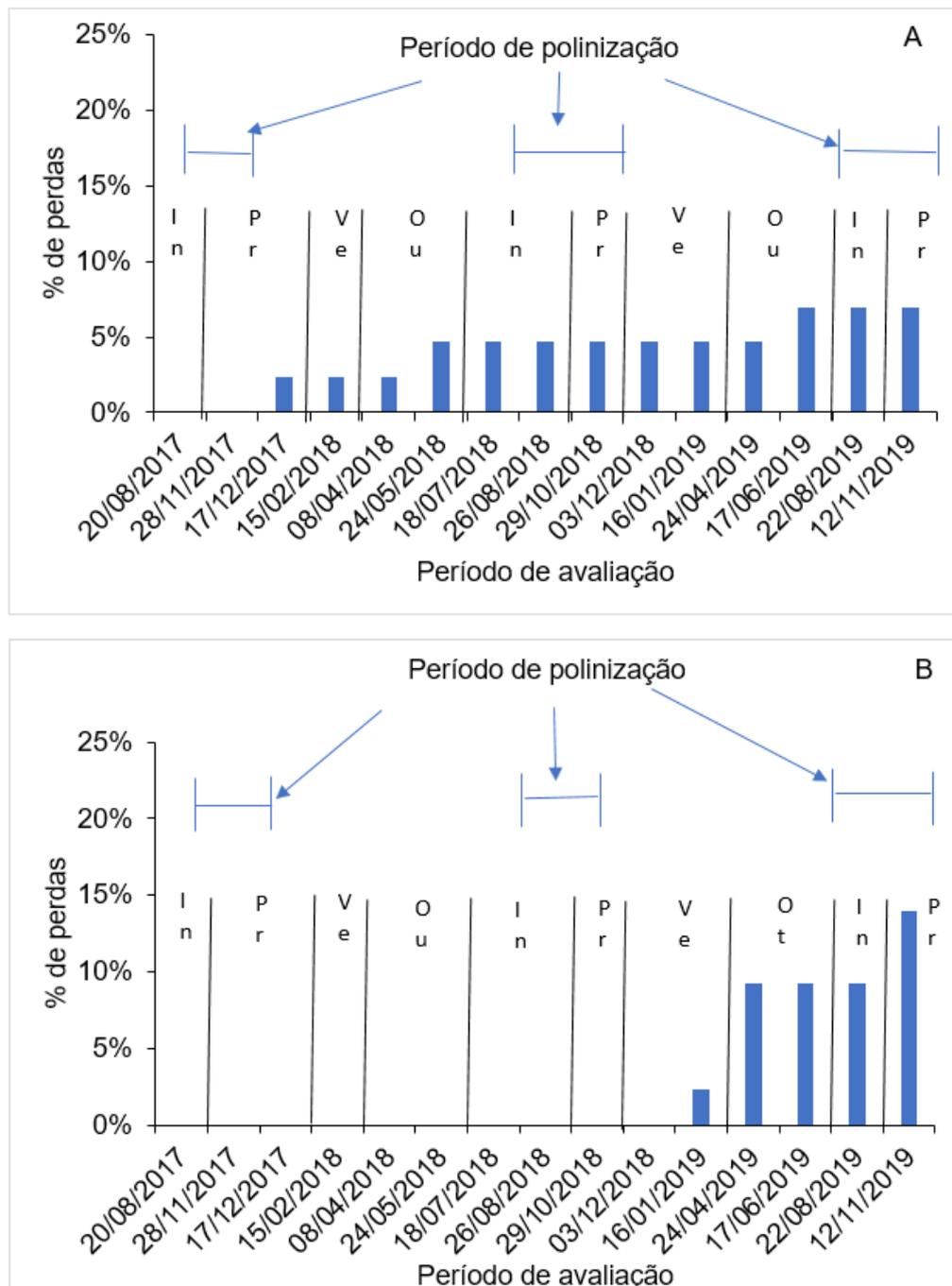
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

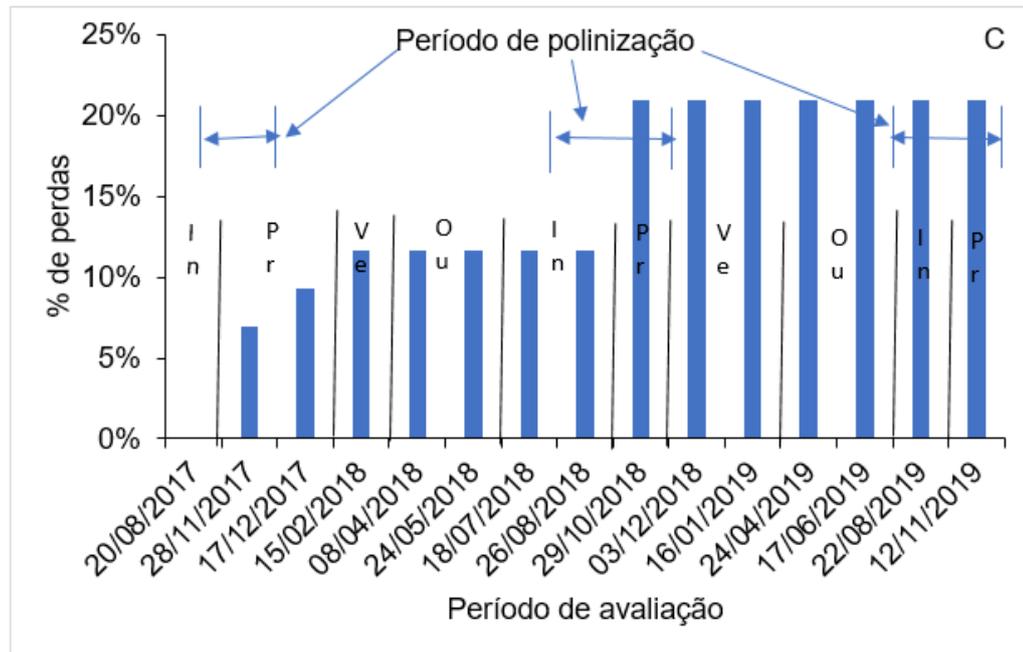
3.3.1 Perdas de colmeias ao longo do ano

No decorrer do estudo foram perdidas oito colmeias por extravio, das quais cinco pertenciam ao grupo tratamento com SCO e três ao tratamento com SSO. O extravio foi devido as colmeias terem sido retiradas do pomar e levadas, pelo proprietário, para apiários de difícil acesso, logo após o serviço de polinização no pomar, o que impossibilitou a avaliação das mesmas. Ainda, desde o serviço de polinização até o mês de maio de 2018, mais sete colmeias foram perdidas por abandono das abelhas ou morte dos enxames das colmeias (Figura 3). Assim, houve a necessidade de adicionar novas colmeias aos grupos de estudo: sete

colmeias para o tratamento SCO, três colmeias ao tratamento com a SSO, e cinco colmeias no tratamento testemunha, resultando no total de 43 colmeias utilizadas ao longo de todo o estudo.

Figura 3 – Percentual de perdas de colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO), (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO e (C) Testemunha





Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.3.2 Recursos alimentares armazenados

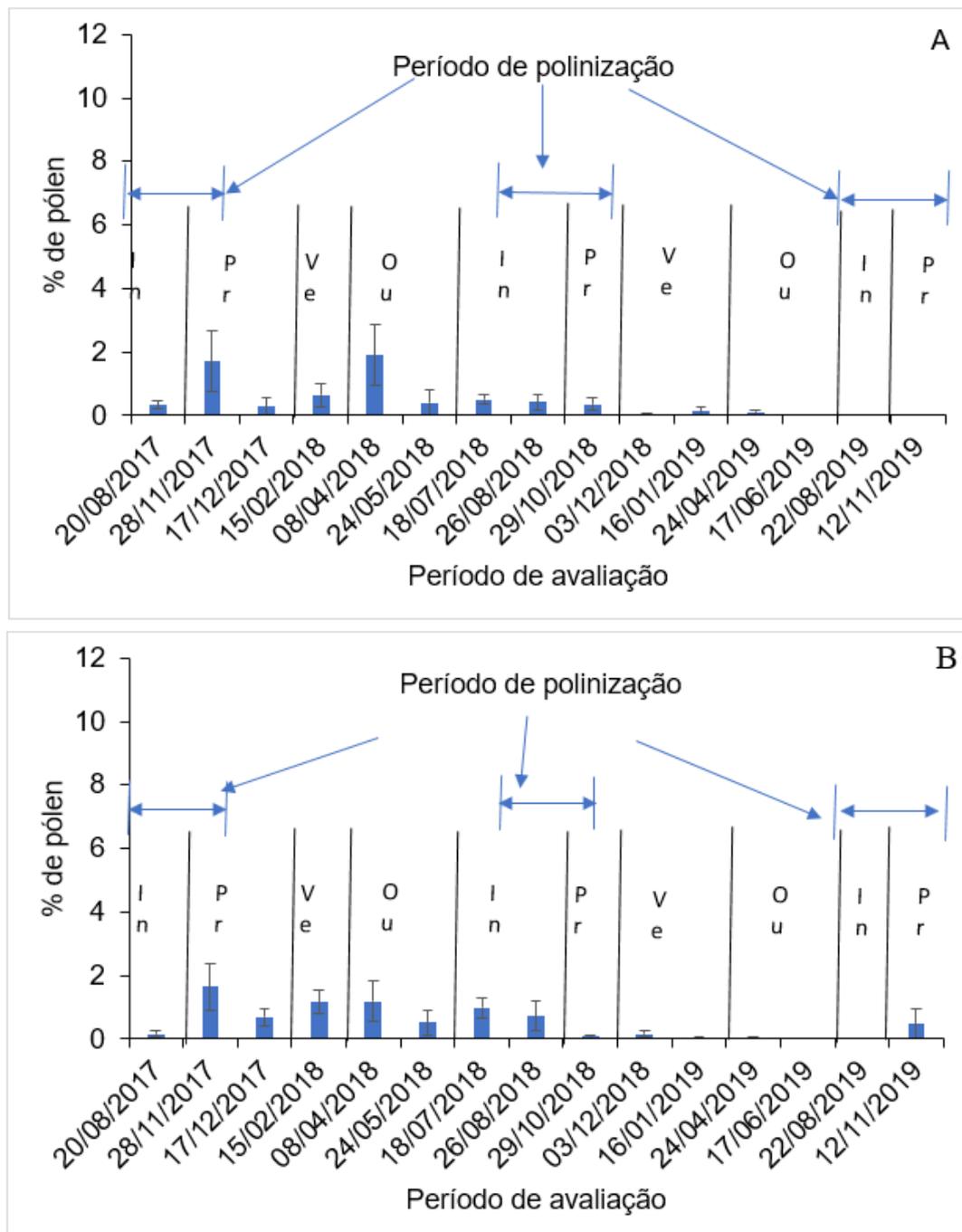
3.3.2.1 Área de pólen

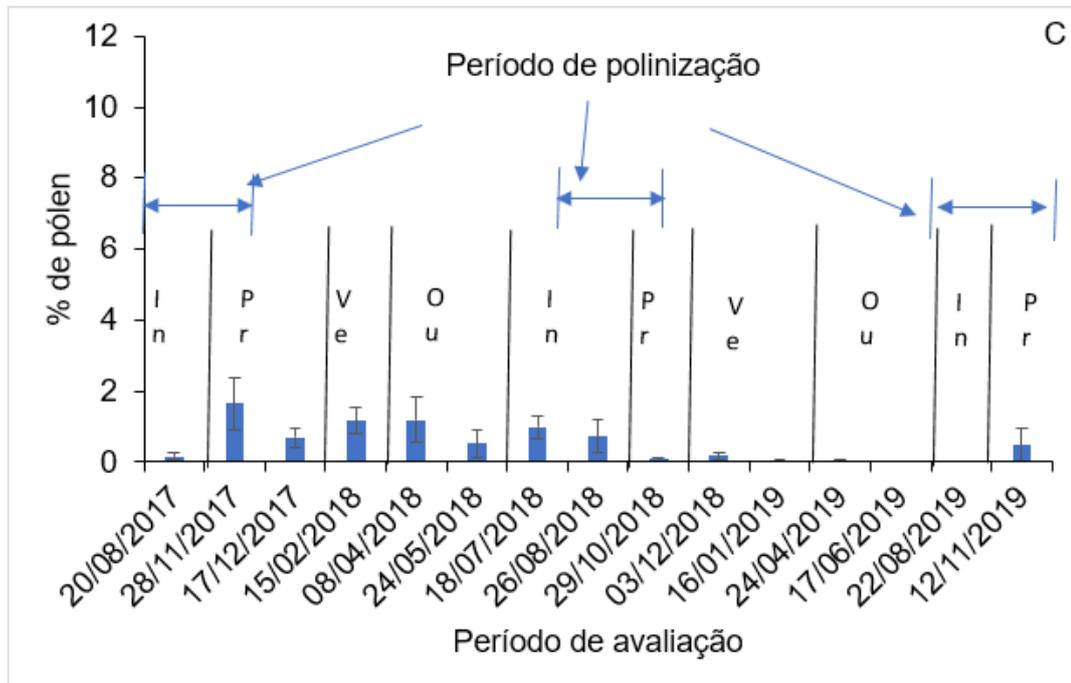
A área de pólen armazenado variou entre os períodos e os tratamentos. As médias de pólen variam de 0 a 1,9% nas colmeias que tiveram o SCO e SSO (Figura 4). Independente da obstrução do alvado o armazenamento de pólen foi reduzido e se manteve abaixo de 1% na maioria das colmeias. Nos meses de novembro de 2017 e maio de 2018 o percentual de pólen nas colmeias foi maior. Bizotto et al. (2018a), relatam haver variações entre 0,5 a 6% nas médias de pólen armazenado em colmeias utilizadas em serviços de polinização de macieiras. Os resultados deste experimento corroboram com aqueles observados pelos autores, demonstrando que as flores da macieira parecem ser menos utilizadas para coleta e armazenamento do pólen pelas abelhas.

Nas colmeias do tratamento SSO o percentual de armazenamento do pólen variou de 0 a 1,16%, com alta para o mês de novembro de 2017. Já nos meses de outubro de 2018, junho, agosto e novembro de 2019 as abelhas não armazenaram pólen (Figura 4). As áreas ocupadas com o recurso se mantiveram abaixo de 1%, na maioria das observações se mantendo. Para as colmeias testemunha o percentual de armazenamento de pólen variou de 0 a 6,57% (Figura 4). O valor de 6,57% de

acumulo de pólen foi observado no mês de abril de 2018. Comportamento semelhante aos demais tratamentos é observado nos meses de abril, junho, agosto e novembro de 2019 não havendo a presença de pólen nas colmeias avaliadas.

Figura 4 – Percentual de áreas ocupadas com pólen em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO), (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO e (C) Testemunha





Legenda: Inverno (In), Primavera (Pr), Verão (Ve), outono (Ou). Fonte: elaborado pelo autor.
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os percentuais de pólen observados são considerados muito baixos, podendo até mesmo ser um problema para as colmeias (BIZOTTO et al., 2018b). O pólen é a principal fonte de proteína para as abelhas. Sendo que sua coleta normalmente em períodos das estações de primavera e verão é ligada a presença de larvas no interior das colmeias (GHOSH et al., 2020). Bilisk et al. (2008), relatam que as maiores médias de coleta do recurso pólen são realizadas na estação da primavera, justamente no período em que as abelhas estão realizando os serviços de polinização.

As baixas quantidades do recurso pólen armazenado durante a estada no pomar, podem ser ligadas às baixas quantidades de larvas no interior das colmeias, no período da polinização das macieiras. Segundo Santos et al., (2013) cerca de 90% das abelhas presentes sobre flores de macieiras estavam em busca de néctar, resultados semelhantes foram obtidos por Bizotto e Santos (2015).

Colônias que apresentam baixa estocagem de pólen podem retardar a idade em que os adultos alimentam as larvas propriamente, ou criam todas as larvas até se transformarem em adultos. Por esta razão, a qualidade ou o número de adultos para a próxima geração pode ser baixo, o qual poderia afetar o estado de nutrição colonial e então influenciar o subsequente crescimento das crias (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010).

Assim, parece existir falta de sincronização entre a população de larvas no interior das colmeias e a necessidade de busca do pólen no pomar pelas abelhas campeiras para assim, efetuar a polinização. Verificou-se que somente 45 dias após o período de serviços de polinização em pomar de macieira a quantidade de pólen aumenta.

Como as abelhas melíferas tendem a coordenar a ação de forrageamento de acordo com as necessidades da colônia (SCHNEIDER; MCNALLY, 1993), é possível que os resultados obtidos estejam ligados ao estado do enxame antes da entrada no pomar, uma vez que o comportamento de coleta de recursos por colmeias de *A. mellifera* é influenciado pelo estado populacional e de reservas de recursos presentes na colmeia. Em colmeias com elevada quantidade de larvas é observada uma maior procura por alimentos proteicos (pólen) (SCHAFASCHEK et al., 2008). As baixas quantidades de pólen observadas podem estar ligadas ao período da polinização da macieira, que são caracterizados períodos de intensas chuvas.

Aliado as variações populacionais, as condições climáticas também podem influenciar na disponibilidade de recursos florais e no comportamento de coleta das abelhas campeiras (FONSECA; KERR, 2006; FUNARI et al., 2003; PEREIRA et al., 2103). O período de polinização de macieiras tem sido caracterizado pela ocorrência de intensos períodos de precipitação pluviométrica nos últimos anos (BIZOTTO, 2016; FIORAVANÇO et al., 2010).

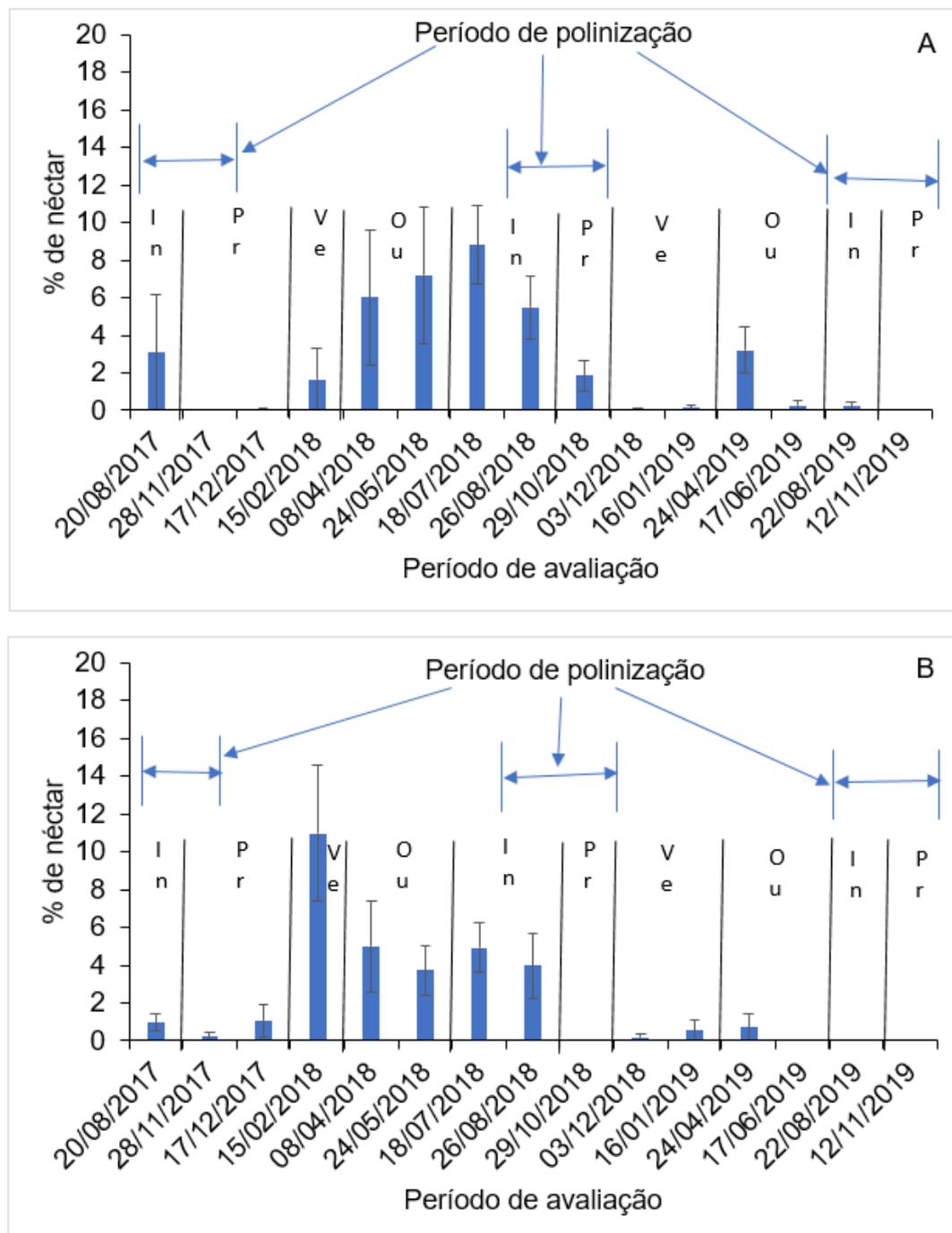
3.3.2.2 Área de néctar

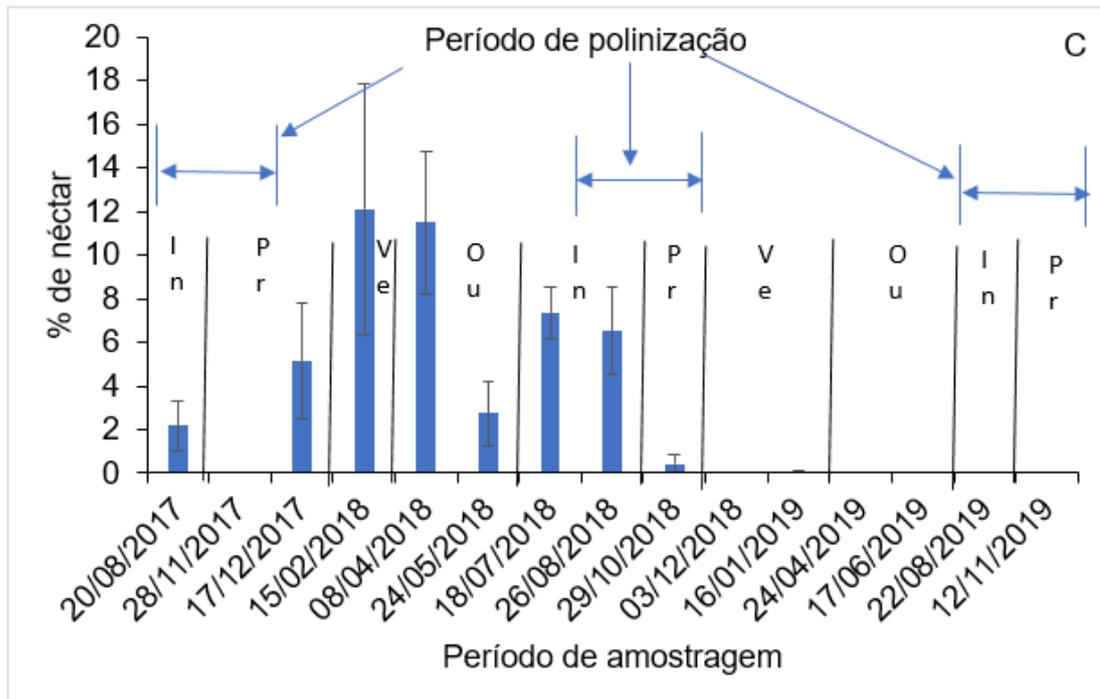
Dentre as necessidades das colmeias de *A. mellifera* está o uso de alimentos energéticos, para que as abelhas possam desempenhar suas atividades rotineiras. As abelhas fazem uso prontamente do néctar coletado. Em pomar de macieira foi observado que as colmeias do tratamento SCO apresentaram variações médias de 0 a 8,8% na área ocupadas com néctar (Figura 5).

Médias de 0% foram registradas no mês de novembro de 2017, e para o mesmo mês em 2019 não sendo observado a presença de néctar. Nos meses de abril, maio, julho e agosto de 2018, foram registrados percentuais médios de 6,01, 7,20, 8,80 e 5,50% respectivamente. Com médias relativamente inferiores, no entanto acima de 1%, o percentual médio de néctar registrados para os meses de

agosto de 2017, fevereiro e outubro de 2018, e abril de 2019, foi de 3,07, 1,65, 1,84 e 3,18% respectivamente.

Figura 5 – Percentual de área ocupada com néctar em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO) (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO (C) testemunha





Legenda: Inverno (In), Primavera (Pr), Verão (Ve), outono (Ou). Fonte: elaborado pelo autor.
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

As quantidades do recurso néctar podem ser consideradas como baixas principalmente após a data de 26/08/2018. Período este que corresponde a primavera de 2018 e verão de 2019, tais medias podem indicar uma baixa disponibilidade de recursos florais para as abelhas. No entanto é valido ressaltar que as baixas disponibilidades de néctar são preocupantes. Néctar é o alimento consumido primeiramente pelas abelhas. Na sequência, consomem o mel armazenado após o final da disponibilidade do néctar. A escassez dos recursos pode ser reflexo de diminuições na oferta de recursos florais. No entanto tal fator pode levar a prejuízos futuros a colmeia. Segundo Rusel et al. (2013) colmeias que sofrem de escassez de recursos alimentares tendem a ser mais suscetíveis a fracassar.

Baixas quantidades do recurso podem estar ligadas a uma baixa atividade externa das abelhas campeiras. Embora preocupante, a reduzida atividade externa de abelhas pode ser explicada pelas condições ambientais (FUNARE et al., 2003; FONSECA; KERR, 2006; PEREIRA et al., 2013), onde correlações negativas entre o número de abelhas forrageando flores de macieiras e a umidade relativa do ar são relatadas (SANTOS et al., 2013). Segundo Bizotto et al. (2018b) o período da polinização é caracterizado por chuvas intensas, sendo que, há casos de ausência

de atividade externa por abelhas campeiras para o período de polinização (BIZOTTO, 2016).

A disponibilidade de néctar é fundamental para o aumento nas quantidades populacionais da colmeia. Com o recurso sendo responsável por aumentos nas quantidades posturas efetuadas pela abelha rainha.

Em colmeias com elevada disponibilidade de recursos há maior crescimento populacional (MCNALLY; SCHNEIDER, 1992; SILVA; FREITAS, 2004). Segundo Vidal et al. (2008) em períodos de maiores disponibilidades de recursos são observadas elevações nas quantidades de posturas efetuadas pela rainha (COSTA et al., 2007), principalmente quando há entrada de néctar no enxame. O estímulo reprodutivo nas rainhas permite a elevação populacional da colmeia e o fortalecimento da população. Colmeias fortes executam trabalhos de polinização mais eficientes (PEGORARO et al., 2013), e são aquelas que 48 tendem a resistir após períodos de estresse.

As colmeias do grupo SSO o percentual de néctar variou de 0 a 10,98% (Figura 5). Nos meses de fevereiro, abril, maio, julho e agosto de 2018, o percentual médio de néctar foi de 10,98, 5,01, 3,72, 4,92 e 3,99% respectivamente, com os demais meses mantendo médias abaixo de 1%.

Nas colmeias testemunha houve variação de 0 a 12% no percentual de néctar (Figura 5). Com médias de 5,13; 12,10; 11,48; 7,34 e 6,53% observadas para os meses de dezembro de 2017, fevereiro, abril, julho e agosto de 2018 respectivamente. Com médias de 2,16 e 2,74 %, no entanto acima de 1% observadas para os meses de agosto de 2017 e abril de 2018 respectivamente. Para os meses de dezembro de 2018, abril, junho, agosto e novembro de 2019, a presença do recurso foi nula.

3.3.2.3 Área de mel

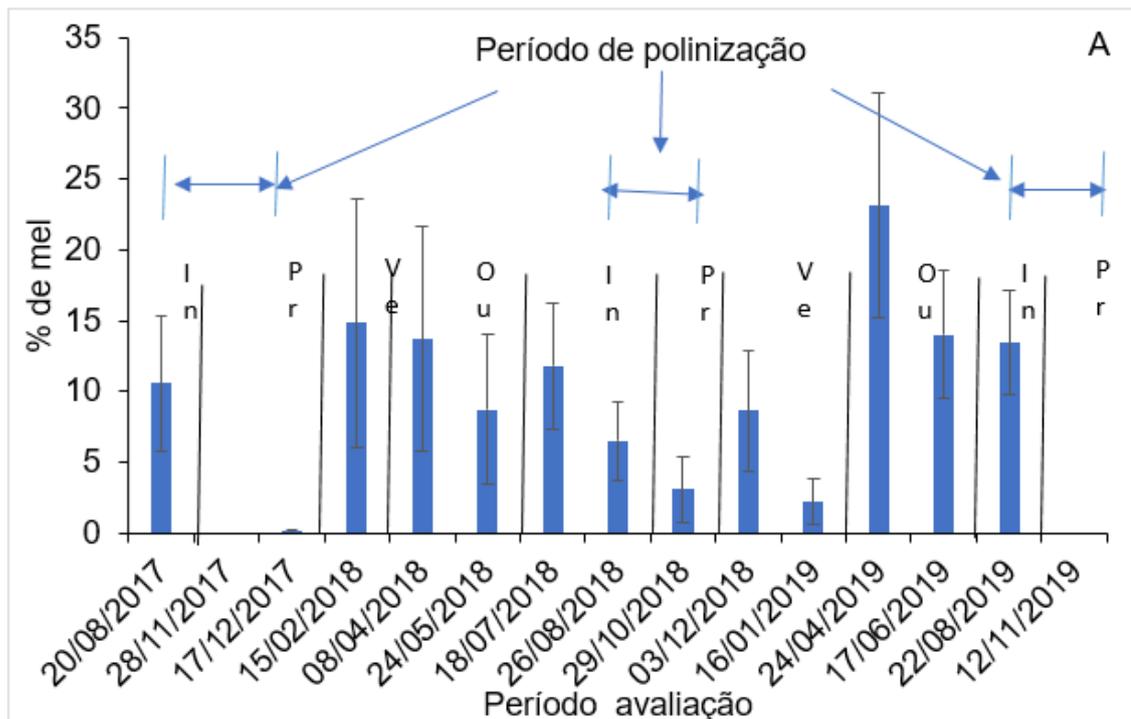
O mel juntamente com o néctar é a fonte de energia para as abelhas, sendo que as quantidades de mel presente nas colmeias influenciam na sobrevivência das abelhas em períodos de escassez de recursos no ambiente.

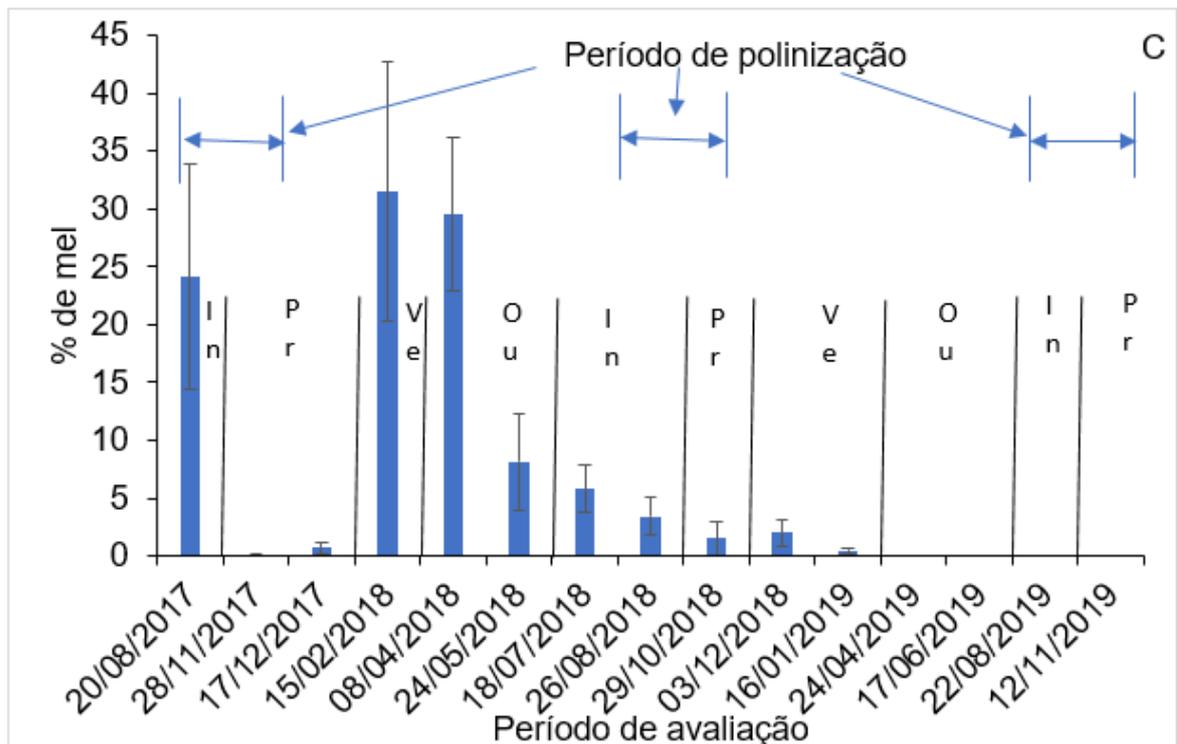
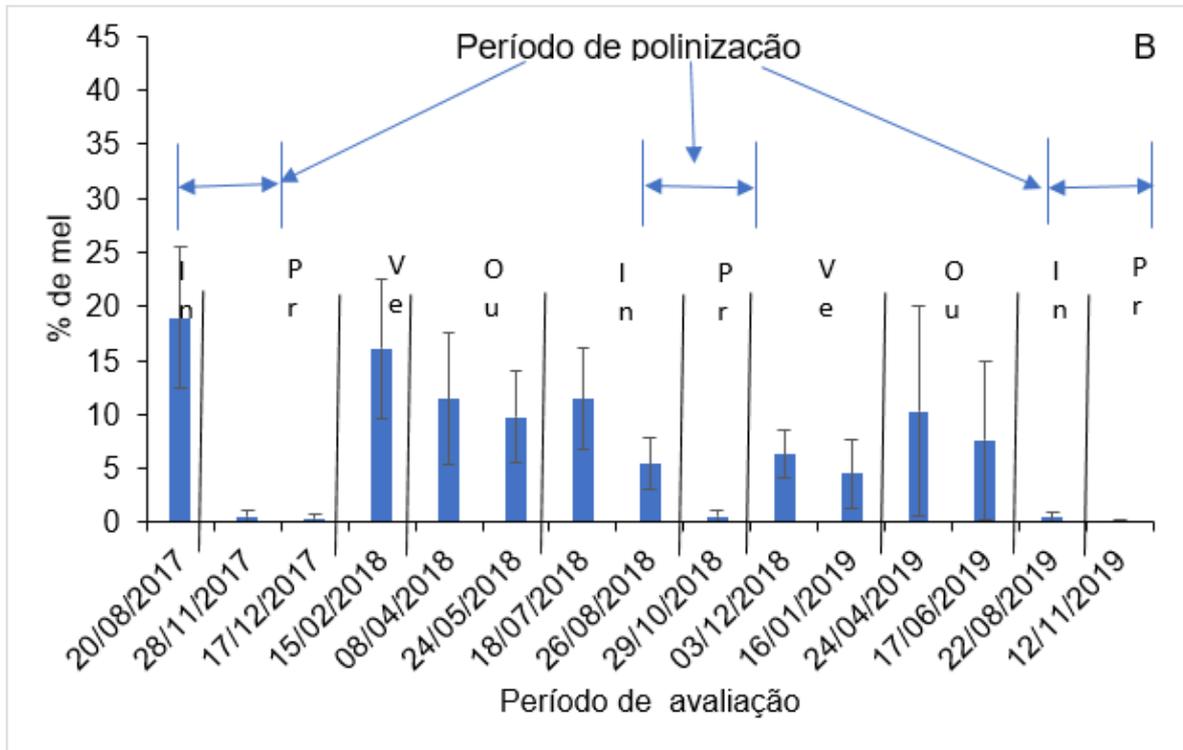
Pode-se observar que os percentuais de mel armazenado nas colmeias do grupo SCO variaram de 0 a 23% (Figura 6). Sendo observadas médias de 10,60; 14,82; 13,70; 8,73; 11,78; 8,64; 23,13; 14,02 e 13,43% nos meses de agosto de

2017, fevereiro, maio, abril e dezembro de 2018, abril, junho e agosto de 2019. De tal forma podemos observar um consumo maior do recurso mel em comparação a seu armazenamento no período de polinização.

Segundo Bizotto et al. (2018b), é observado um maior consumo de alimentos energéticos em colmeias no período de floração da macieira corroborando com os resultados obtidos. Tais fatos demonstram que a cultura da macieira não é capaz de fornecer alimentos em quantidades suficientes para a manutenção das reservas de recursos mel. No entanto é válido ressaltar que o período da polinização da macieira se dá em período de final de inverno e início da primavera, momento este de aumentos nas populações das colmeias. De tal forma, o maior consumo observado para todos os três tratamentos pode estar ligado a um aumento na quantidade de abelhas presentes nas colmeias.

Figura 6 – Percentual de áreas ocupadas com o recurso mel em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO), (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO e (C) Testemunha





Legenda: Inverno (In), Primavera (Pr), Verão (Ve), outono (Ou). Fonte: elaborado pelo autor.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.3.3 Áreas com imaturos

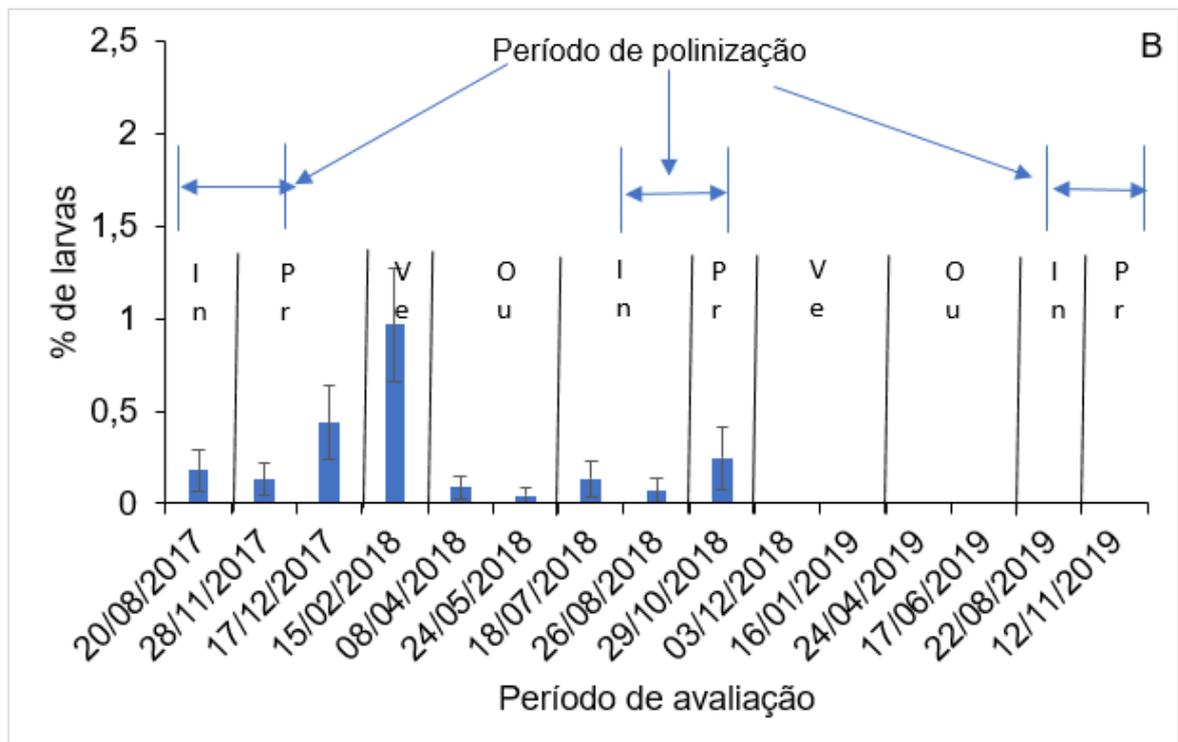
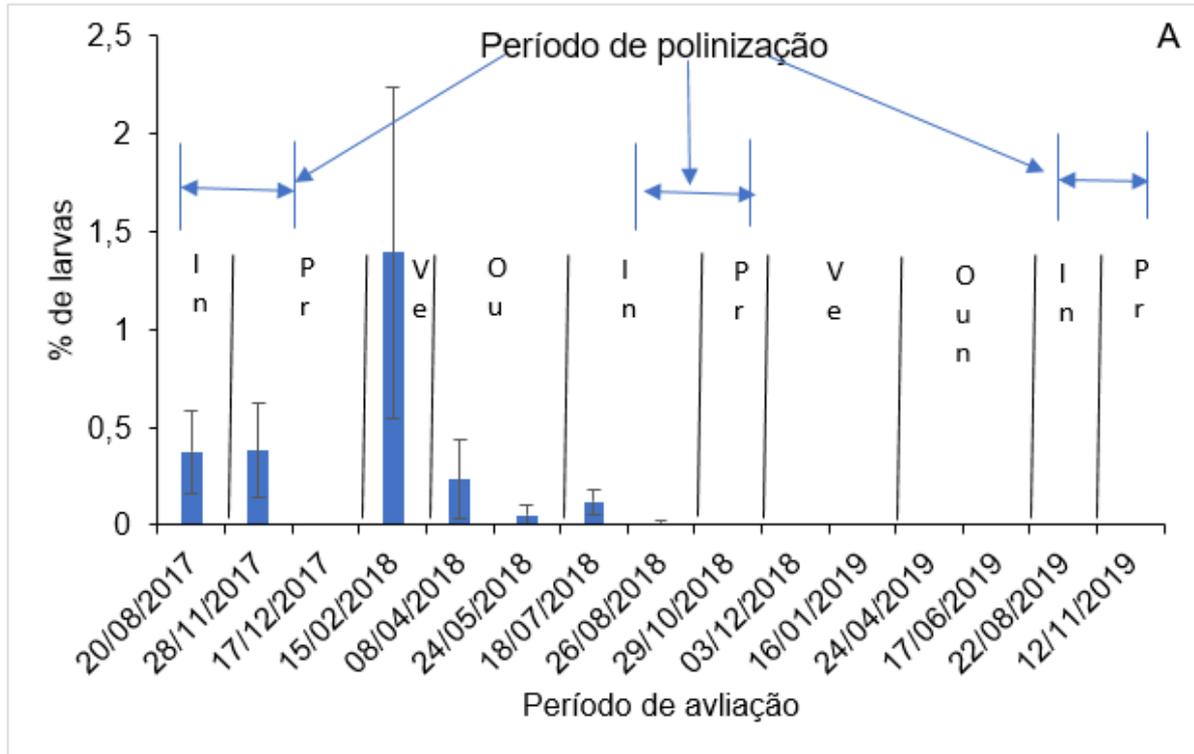
3.3.3.1 Área com larvas

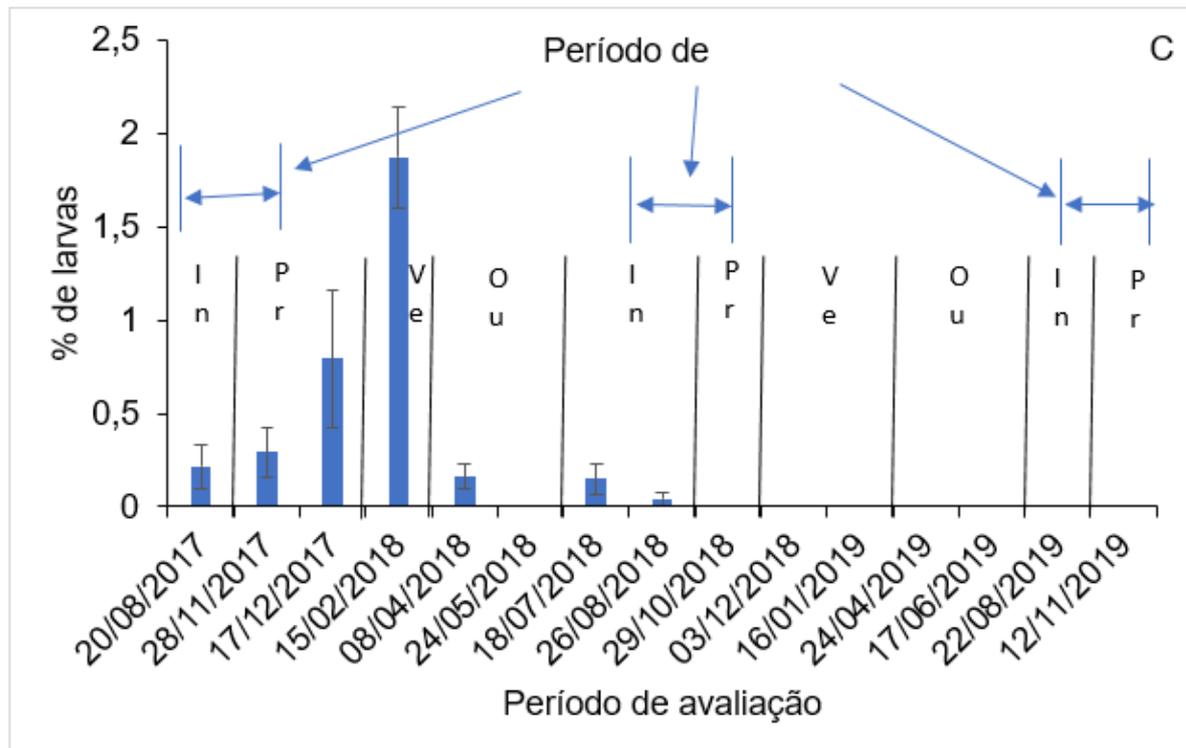
Os percentuais de áreas ocupadas com lavas para as colmeias do grupo SCO variaram entre 0 a 1,39% durante todos os períodos do experimento. Em fevereiro de 2018, todos os tratamentos mostraram aumento no percentual de larvas. Redução no percentual de larvas, abaixo de 1% foi verificado nos meses de agosto e novembro de 2017, abril, maio, julho e agosto de 2018. Nos meses de dezembro de 2017, outubro e dezembro de 2018, janeiro, abril, junho, agosto e novembro de 2019 não foi registrado a presença de larvas em colmeias de nenhum dos três tratamentos (Figura 7A).

Para as colmeias do grupo SSO observou-se comportamento semelhante, com variação média de 0 a 0,96%. A presença de larvas foi nula para os meses de dezembro de 2017, outubro e dezembro de 2018, janeiro, abril, junho, agosto e novembro de 2019. Não havendo a influência da suplementação e obstrução de pólen nas colmeias avaliadas (Figura 7B).

Já para as colmeias do grupo testemunha observa-se o mesmo padrão, com amplitudes médias de 0 a 1,87%. Com médias abaixo de 1% para os meses de agosto, novembro e dezembro de 2017, fevereiro, abril, julho e agosto de 2018. Com a presença de larvas nula para os meses de maio, outubro e dezembro de 2018, janeiro, abril, junho, agosto e novembro de 2019 (Figura 7C).

Figura 7 – Percentual de áreas ocupadas com larvas em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO), (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSO e (C) testemunha





Legenda: Inverno (In), Primavera (Pr), Verão (Ve), outono (Ou). Fonte: elaborado pelo autor.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

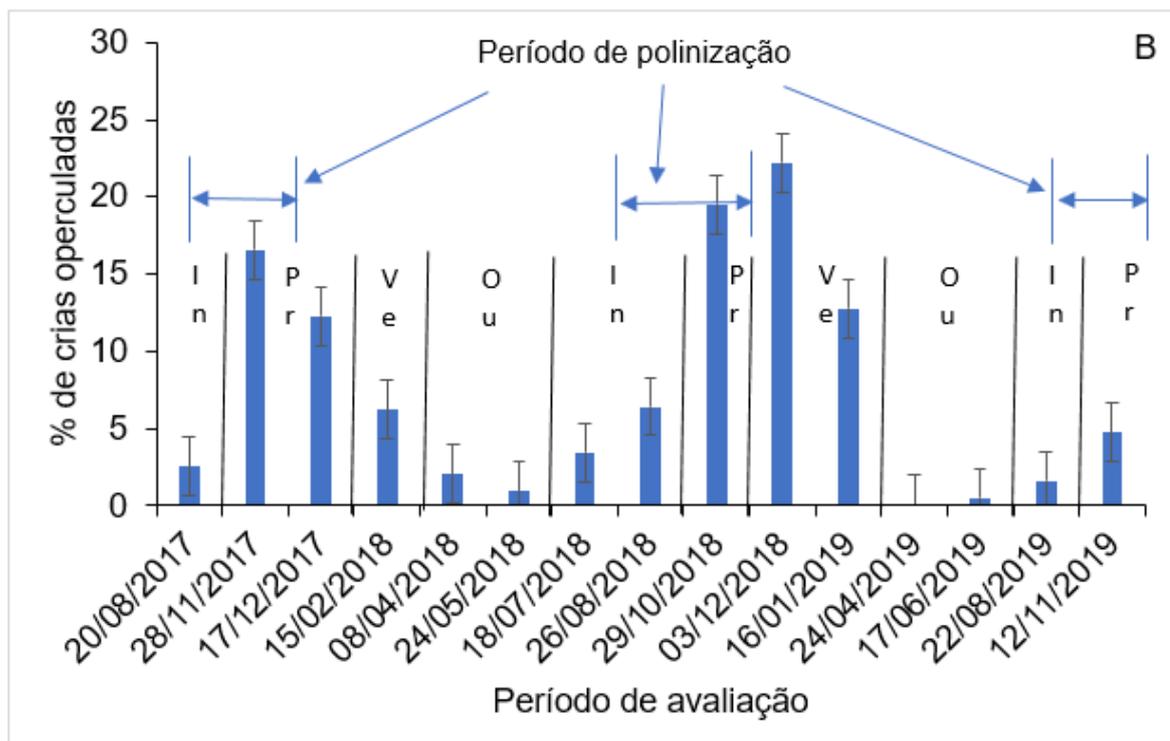
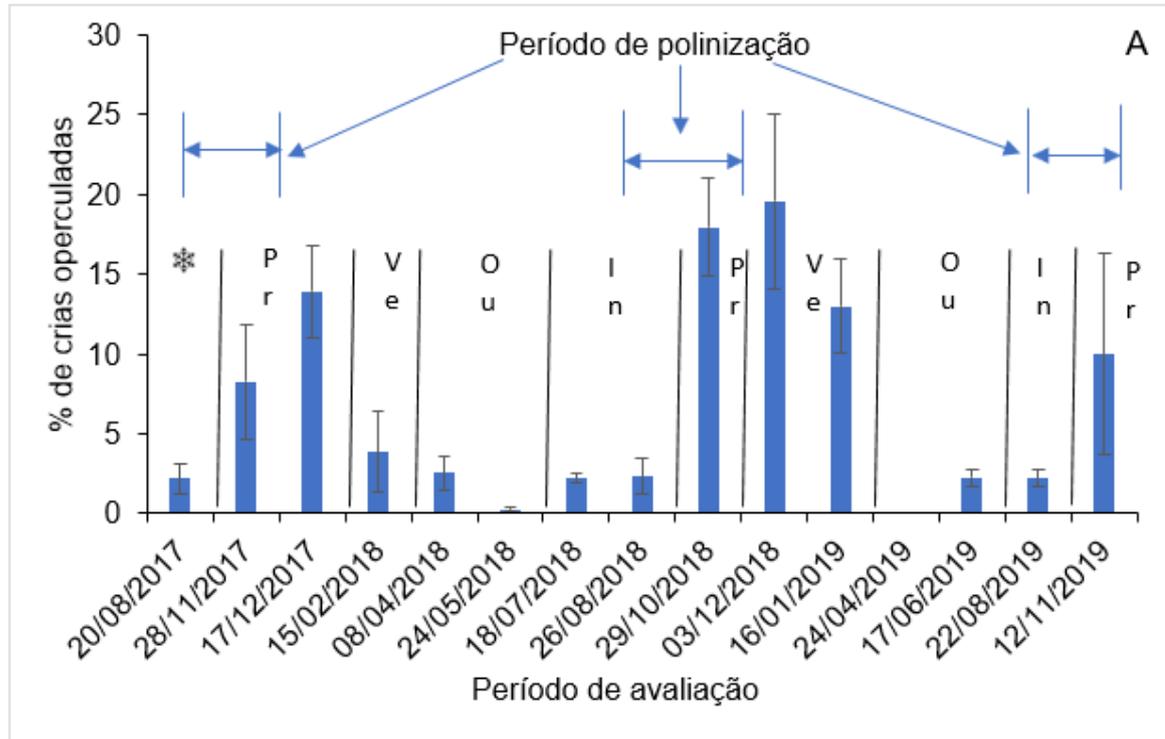
3.3.3.2 Área de cria operculada

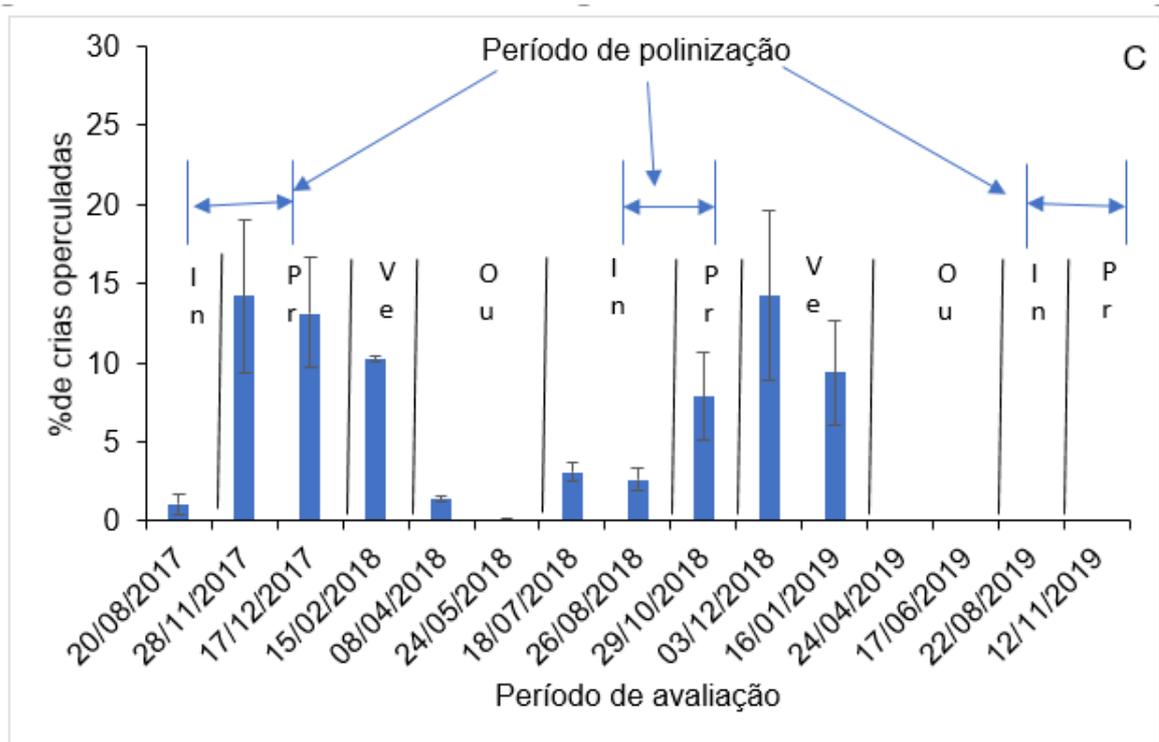
É possível observar que a variação nos percentuais ocupados por crias operculadas para todos os tratamentos, indicando que os grupos SCO e SSO não interferiram na formação de crias operculadas quando comparado a testemunha (Figura 8A).

As áreas de crias operculadas apresentaram variação média de 0 a 19,59% para as colmeias dos grupos SCO e SSO. Com 19,59% sendo observado para o mês de dezembro de 2018, e 0% observado para o mês de abril de 2019 (Figura 8B). Já para as colmeias do grupo SSO foram observadas médias de 0,06 a 22,24%. Com 0,23% média sendo observada para o mês de abril e 0% para o mês de dezembro de 2018 (Figura 8B).

Para as colmeias do grupo testemunha foram observadas médias que variam de 0 a 14,25%. Com sendo nula a presença de áreas ocupadas com larvas para os meses de abril, junho, agosto e novembro de 2019, com a presença de crias operculadas nula para estes meses, com 14,25 % sendo observada para o mês de dezembro de 2018 (Figura 8C).

Figura 8 – Percentual de áreas ocupadas com crias operculadas em colmeias de *A. mellifera* utilizadas na polinização de macieira no município de Vacaria, RS, no período de agosto de 2017 a novembro de 2019 (A) suplementada com obstrução de pólen (SCO) (B) suplementada sem a obstrução de pólen SSOe (C) Testemunha





Legenda: Inverno (In), Primavera (Pr), Verão (Ve), outono (Ou). Fonte: elaborado pelo autor.
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Segundo Castagnino (2002), o tamanho de uma colmeia é definido pela disponibilidade de pólen as abelhas nutrizas. De tal forma as baixas áreas de larvas e crias operculadas presentes nas colmeias avaliadas podem estar ligadas a disponibilidade de recursos alimentares as abelhas. O fornecimento de alimentos suplementares a colmeia pode agir como estimulante a postura da rainha (CASTAGNINO et al., 2006). Aliado a tais fatores a disponibilidade de flores em abundância providas pelo pomar de macieiras forneceu alimentos em quantidade suficiente para o desenvolvimento das colmeias. Segundo Bizotto et al., (2018b) os pomares de macieiras podem ser considerados como uma importante fonte de recursos alimentares para as colmeias. Sendo responsáveis por aumentos nas áreas de proles nas colmeias.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2010), onde foram observadas maiores áreas de proles em colmeias que receberam dieta proteica. A suplementação com dieta proteica pode estar ligada a uma maior disponibilidade de alimentos para as larvas. Influenciando no sucesso da colmeia em produzir novas ninhadas saudáveis.

3.4 CONCLUSÕES

A suplementação com dieta rica em proteínas reduziu e retardou a perda de colmeias de *A. mellifera* utilizadas em serviços de polinização em pomar de macieira.

Houve um retardo nas perdas de colmeias no tratamento que recebeu suplementação e obstrução de pólen contaminado. Efeito semelhante, no entanto, em menor escala foi observado para o tratamento que recebeu somente suplementação.

Não foram observados efeitos de tratamento para as variáveis internas de recursos alimentares e prole. No entanto é observado um maior consumo de recursos energéticos para o período de polinização, e aumento das áreas ocupadas com crias operculadas.

REFERÊNCIAS

- BILISIK A. et al. Seasonal variation of collected pollen loads of honeybees (*Apis mellifera* L. anatoliaca). **Grana**, v. 47, p. 70–77, 2008.
- BIZOTTO, L. A.; SANTOS, R. S. S. Dinâmica de voo e coleta de recursos por *Apis mellifera* em pomar de macieira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 3499-3505, 2015.
- BIZOTTO, L. A.; SANTOS, R. S. S.; BOFF, M. I. C. Parasitism by varroa and *Nosema* sp. in beehives used for apple tree pollination. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 773-778, 2018a.
- BIZOTTO, L. A.; SANTOS, R. S. S.; BOFF, M. I. C. Food resources and population pattern in *Apis mellifera* hives used for apple pollination. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 399-404, 2018b.
- BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y.; SANHUEZA, R. M. V. Características e controle da sarna na produção integrada de maçã. In: SANHUEZA, R. M. V.; PROTAS, J. F. S.; FREIRE, J. (Eds.). **Manejo Integrado de macieira no sistema de produção integrada de frutas**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2006. v. 1, cap. 35, p. 33-49
- BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v.41, p. 278-294, 2010
- CANTERI, M. G. et al. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, p.18-24. 2001.
- CASTAGNIN, G. L. et al. Desenvolvimento de núcleos de *Apis mellifera* alimentados com suplemento aminoácido vitamínico, Promotor L[®]. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 685-688, 2006.
- CASTAGNINO, G. L. B. **Efeito do fornecimento de substituto de pólen na redução da mortalidade de *Apis mellifera* L., causada pela cria ensacada brasileira**. 2002. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.
- COSTA, F. M. et al. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 101-108, 2007.
- FIORAVANÇO, J. C. et al. **Condições Meteorológicas e sua Influência na Safra de Maçã 2009/10 na Região de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 8 p. (Comunicado Técnico, 100).
- FONSECA, V. M. O.; KERR, W. E. Influência da troca de rainha entre colônias de abelhas africanizadas na produção de pólen. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 1, p. 107-118, 2006.

FUNARI, S. R. C. et al. Efeitos da coleta de pólen no desenvolvimento de colônias e na composição bromatológica de pupas de *Apis mellifera* L. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 11, n. 2, p. 80-86, 2003.

GHOSH, S. et al. Behaviour and preference of pollen sources by honey bee (*Apis mellifera*) relative to protein contents. **Journal of Ecology and Environment**, v. 44, n. 1, p.26-32, 2020.

KLEIN, S. et al. Honey bees increase their foraging performance and frequency of pollen trips through experience. **Scientific Reports**, v. 9, n. 6778, 2019.

MCART, S. H. et al. High pesticide risk to honey bees despite low focal crop pollen collection during pollination of a mass blooming crop. **Scientific Reports**, v. 7, n. 46554, p 1-10, 2017.

MCNALLY, L. C.; SCHNEIDER, S. S. Seasonal cycles of growth, development and movement of the African honey bee, *Apis mellifera scutellata*, in Africa. **Insectes Sociaux**, v. 39, n. 2, p.167-179, 1992.

PEGORARO, A. et al. Perdas de colônias de *Apis mellifera* L. no inverno suplementadas com alimentação artificial com pólen e favos de mel. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 19, p. 67-74, 2013.

PEREIRA, D. S. et al. Queen production (*Apis mellifera* L.), and natural mating queen rate in four cities of Brazilian northwest. **Revista Verde**, v. 8, n. 2, p. 09-16, 2013.

PETRI, J. L. et al. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPE1, p. 48-56, 2011.

ROSA, J. M. et al. Diagnosis of directed pollination services in apple orchards in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.40, n.2, 2018.

RUSSELL, S.; BARON, A. B.; HARRIS, D. Dynamic modelling of honey bee (*Apis mellifera*) colony growth and failure. **Ecological Modelling**, v. 265, p. 158-169, 2013.

SCHAFSCHEK, T. P. et al. Efeito da suplementação alimentar sobre as características produtivas e reprodutivas de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. **Biotemas**, v. 21, n. 4, p. 99-104, 2008.

SILVA D. F. et al. Desenvolvimento e produção de pólen em colméias de *Apis mellifera* L. africanizadas mantidas em cultura de girassol. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 8, p. 147-151, 2010

SILVA, R. H. D.; FREITAS, B. M. Produção e desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) a partir de diferentes áreas e idades de cria. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, 2004.

TOSI, S. et al. A 3-year survey of Italian honey bee-collected pollen reveals widespread contamination by agricultural pesticides. **Science of The Total Environment**, v. 615, p. 208-218, 2018.

TRAYNOR, K. S. et al. In-hive Pesticide Exposome: Assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States. **Scientific Reports**, v. 6, n. 33207, 2016.

VIDAL, M. G. et al. Flora apícola e manejo de apiários na região do recôncavo sul da Bahia. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 6, n. 4, p. 503-509, 2008.

4 AÇÃO DO THIDIAZURON (TDZ) E DE AGENTES POLINIZADORES NA FRUTIFICAÇÃO EFETIVA E QUALIDADE DE FRUTOS DE MAÇÃ DA CULTIVAR MAXIGALA

4.1 INTRODUÇÃO

A produção comercial de maçãs no Brasil tem em torno de 40 anos e ocupa aproximadamente 32 mil ha na região Sul do Brasil. O desenvolvimento de variedades adequadas ao clima brasileiro e ao mercado consumidor, em conjunto com técnicas modernas de produção, foram responsáveis pelo crescimento do cultivo no país, elevando o Brasil de um mero importador a exportador da fruta (GUIMARÃES; OSHITA, 2019).

Apesar dos avanços em diferentes setores da cadeia produtiva da maçã, o manejo da polinização ainda carece de estudos. As variedades de macieiras, cultivadas comercialmente no Brasil, Gala e Fuji, necessitam polinização cruzada, sendo assim necessário, além de florada coincidente e pólen compatível entre as cultivares, da ação de agentes polinizadores para que haja a produção de frutas em quantidade e qualidade adequadas para o atendimento do mercado consumidor (GARATT et al., 2014; PETRI, 2011; SANTOS et al., 2013; VIANA et al., 2014).

Entre os agentes polinizadores a abelha *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) é utilizada em larga escala para a polinização de macieiras no Brasil. Apesar da espécie *A. mellifera* apresentar características que recomendam sua utilização em serviços de polinização em pomares de macieiras (SANTOS et al., 2013; SHEFFIELD, 2014), o desaparecimento de inúmeras colmeias em países da América do Norte e Europa vem causando preocupação para o setor produtivo (DEPRÁ et al., 2014; MESSAGE et al., 2011).

O fenômeno conhecido como Colapso da Desordem da Colônia (CDC) faz parte de um fenômeno mundial conhecido como declínio dos polinizadores. Normalmente a diminuição de populações de *A. mellifera* é associada a problemas de ordem sanitária (doenças e parasitas), nutricional (falta de alimentação adequada) e ao uso de agrotóxicos em culturas agrícolas (POTTS, 2016). Segundo Castilhos et al. (2020), em estudo ligado identificação de agentes causadores do declínio das abelhas, constatou que a morte das abelhas se devia ao uso de fipronil

com mortalidade de 55,3% seguido por tiametoxame 20,2%, imidaclopride 3,5%, nitenpirame 1,8% e tiaclopride 0,9%.

A redução da disponibilidade de colmeias para os serviços de polinização em pomares de macieira poderia inviabilizar a produção de frutos e gerar prejuízos financeiros, sociais e ecológicos. Em termos socioeconômicos a cultura da macieira é responsável por um montante de US\$ 440.800.000 anuais (GIANNINI et al., 2015) e gera inúmeros empregos diretos e indiretos a sociedade brasileira.

A utilização do fito-hormônio Thidiazuron (TDZ) tem se mostrado uma alternativa eficaz na frutificação efetiva de várias espécies frutíferas, entre elas a macieira (AYUB et al., 2019). O TDZ é uma feniluréia com atividade citocinínica. As citocininas são substâncias que, em combinação com a auxina, estimulam a divisão celular nas plantas, influenciando o crescimento e o formato das frutas em algumas frutíferas de clima temperado (GREENE, 1993). O TDZ age mimetizando a ação de citocininas e auxinas na planta, e tais hormônios estão diretamente ligados à fixação de frutos e, posteriormente, ao desenvolvimento dos mesmos. Como a citocinina e a auxina são normalmente produzidos pelas sementes nos frutos, quando ocorreu a polinização ineficiente há redução na produção de sementes, o que pode levar ao abortamento ou deformação da fruta.

Como ainda existe uma carência de informações científicas que relacionem a aplicação de TDZ associado aos serviços de polinização que normalmente é realizado pelas abelhas (*A. mellifera*), o presente estudo teve como objetivo avaliar a ação complementar e efeitos nos frutos pelo uso de TDZ na plena floração de macieiras associado, ou não, a polinização por *A. mellifera* e outros agentes naturais.

Evidencia-se, desta forma, a necessidade de estudos direcionados a elucidar possíveis técnicas que venham auxiliar a polinização e pegamento de frutos em pomares de macieiras, de maneira que garanta tanto a quantidade como a qualidade dos frutos.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas safras 2017/18 e 2018/19, em pomar de macieiras localizado na Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado da Embrapa Uva e Vinho em Vacaria, RS. O pomar, que foi implantado no ano de

2011 possui uma área de 0,4 hectares e é composto pelas cultivares Fuji Suprema e Maxigala, sobre o porta-enxerto M-9. O espaçamento entre plantas na fileira é de 1,20 m para a Fuji Suprema e de 1,0 m para Maxigala, contendo uma população de 325 e 385 plantas, respectivamente com distribuição de filas em blocos de cinco filas para cada cultivar. Os tratamentos fitossanitários de doenças foram realizados seguindo as normas da produção integrada de maçãs, com exceção do uso de inseticidas, o qual não é permitido na área pois a área é destinada a estudos entomológicos. No período de florada foram introduzidas colmeias de *A. mellifera* (em bom estado populacional) numa densidade de duas colmeias/ha.

Para avaliar o efeito do fito-hormônio Thidiazuron (TDZ) associado a presença ou ausência de abelhas na polinização das macieiras da variedade Maxigala, o experimento foi conduzido em delineamento experimental completamente casualizado com quatro tratamentos (Tabela 2) e oito repetições. Foram considerados como repetições ramos escolhidos ao acaso nas plantas. Cada planta possuía até dois ramos marcados estes sendo distribuídos ao acaso em grupos de duas plantas, com distância de duas plantas entre os tratamentos. Os ramos foram identificados por meio de fita zebra e plaquetas com cada respectivo tratamento.

Tabela 2 – Tratamentos utilizados no experimento com Thidiazuron (TDZ) nas safras 2017/18 e 2018/19 em plantas de macieira da cultivar Maxigala. (Vacaria, RS)

Identificação	Tratamento
T1	Aplicação de TDZ e confinamento do ramo até a queda de pétalas
T2	Aplicação de TDZ sem o confinamento do ramo
T3	Sem aplicação de TDZ sem o confinamento do ramo
T4	Sem aplicação de TDZ e com o confinamento do ramo até a queda de pétalas (Controle)

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os tratamentos consistiram da aplicação, ou não, de TDZ, na dosagem de 20 g/ha. A aplicação foi realizada com pulverizador costal regulado para lançar 1.000 l de calda por hectare, numa única aplicação nos ramos na plena floração da cultivar Maxigala, seguido do acesso, ou não, as flores por agentes polinizadores. O impedimento ao acesso as flores foram realizadas pelo confinamento dos ramos, já no estágio de balão, com gaiolas confeccionadas com arame e tecido (TNT) (Figura

9) logo após a aplicação do TDZ. Os ramos protegidos pelas gaiolas permaneceram confinados até a queda total de pétalas

Figura 9 – Plantas de macieira da cultivar Maxigala com ramos confinados em gaiolas confeccionadas com arame e tecido (TNT) para o estudo com Thidiazuron (TDZ) (Vacaria, RS)

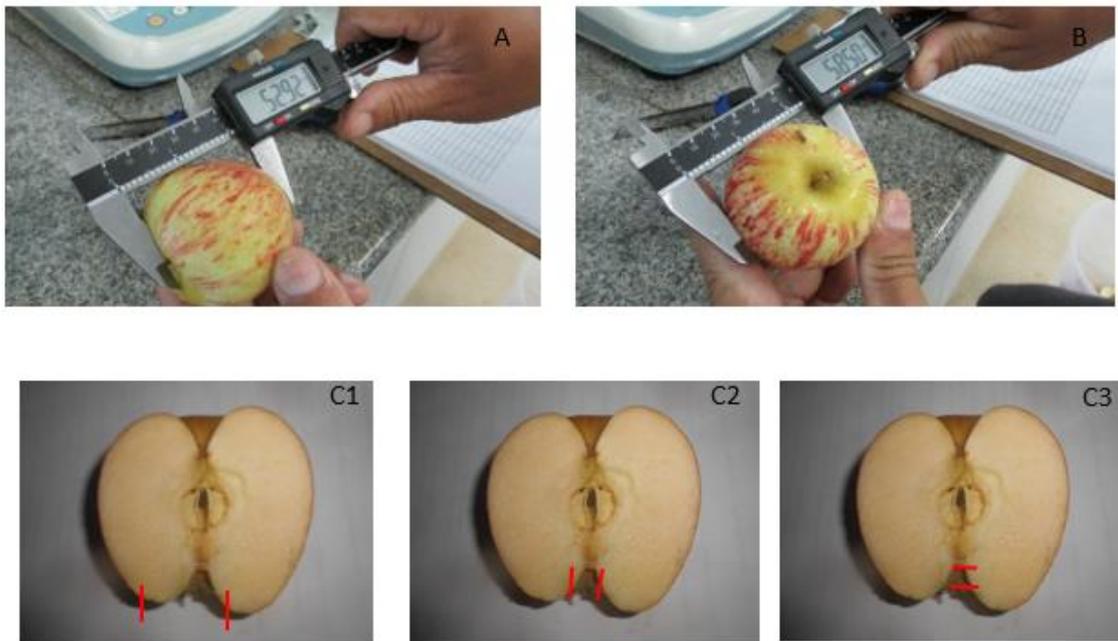


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

As variáveis analisadas foram frutificação efetiva, o número de frutos e o número de sementes por fruto, em cada tratamento. Para a determinação da frutificação efetiva foi realizada a contagem do número de flores por cacho floral em plena floração e os frutos fixados 30 dias após a floração. O percentual da frutificação efetiva foi calculado dividindo-se o número de frutos fixados pelo número de flores iniciais, e o resultado multiplicado por 100 (LOPES et al., 2012). Para safra 2018/19 além das variáveis já mencionadas foi mensurado o comprimento (C) (Figura 10A) e o diâmetro (D) (Figura 10B) dos frutos, e obtido a razão C/D, além da distância entre lóbulos (Figura 10C1), do comprimento e diâmetro do tubo calicinal (Figura 10C2 e 10C3).

Nas duas safras, 2017/18 e 2018/19, foram coletados, aleatoriamente, 10 frutos por tratamento para a avaliação da firmeza de polpa e sólidos solúveis totais SST (°Brix). As análises foram efetuadas no laboratório de fitotecnia da Estação de Fruticultura de Clima Temperado da Embrapa Uva e Vinho localizada em Vacaria RS.

Figura 10 – Medições do comprimento (A) e diâmetro (B) de frutos, da distância entre lóbulos (C1), do diâmetro (C2) e comprimento do tubo calicinal do fruto (C3)



Fonte: Elaborado pelo autor (202).

Os dados foram tabulados, as médias de cada variável foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade utilizando o software SASM – Agri (CANTARI et al., 2001).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma aplicação de TDZ na plena floração e isolamento das flores até a queda de pétalas promoveu frutificação efetiva de 22,8% na safra 2017/18 e 22,9% na safra 2018/19, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos em ambas as safras de estudo (Tabela 2). Este resultado comprova a eficiência do TDZ na formação e fixação de frutos de macieira, conforme já obtido nos estudos de (PETRI et al., 2001). Os autores obtiveram frutificações efetivas na ordem de 40% já

Fagundes et al. (2017) obteve aumentos de 25 e 30% acima dos tratamentos testemunha e afirmam que tal percentual é suficiente para ter-se retorno financeiro na atividade de produção de maçãs

Os ramos que receberam a aplicação de TDZ e permaneceram expostos a ação dos agentes polinizadores mostraram redução significativa na frutificação efetiva em comparação aqueles tratados com TDZ e confinados (Tabela 3). O resultado de haver redução na frutificação efetiva, em torno de 50%, quando os ramos tiveram a aplicação do regulador de crescimento e a presença de polinizadores nas flores não era esperado. Por outro lado, a frutificação obtida somente pela ação dos agentes polinizadores foi inferior aos tratamentos com uso de TDZ (Tabela 3). Assim, parece existir uma interação positiva que eleva a frutificação efetiva quando se compara uma situação de polinização natural com aquela onde se agrega o fito-hormônio.

Tabela 3 – Percentual médio de frutificação efetiva em ramos de macieira, cultivar Maxigala, submetidos a diferentes tratamentos durante a florada nas safras 2017/18 e 2018/19, Vacaria, RS

Tratamento	Safr	
	2017/18	2018/19
Thidiazuron - TDZ	22,8a	22,9a
TDZ+visitantes florais	9,4b	11,6b
Somente visitantes florais	3,5c	0,2c
Testemunha absoluta	-	-

Médias seguidas da mesma letra, na mesma safra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Em uma situação artificial de produção de maçãs somente com uso TDZ, verifica-se que a presença posterior dos agentes polinizadores reduz os percentuais de frutificação efetiva na macieira da cultivar Maxigala. Assim, parece que a presença das abelhas e de outros agentes polinizadores sobre as flores de macieira que receberam TDZ promovem um maior abortamento floral, possivelmente, pela ação mecânica associada aos níveis hormonais na planta, como o etileno.

Segundo Fung e Thomson (2017), é observado um aumento no tempo de vida de flores que não receberam a polinização por insetos. De tal forma parece haver uma maior quantidade de flores aptas a gerar frutos no tratamento confinado

que recebeu a aplicação de TDZ, do que aquelas visitadas pelos polinizadores. Embora ocorra tal efeito negativo, o uso do fito-hormônio na macieira Maxigala, com ou sem a exposição de agentes polinizadores resulta em frutificação efetiva superior aquelas obtidas somente com ação de agentes polinizadores. No entanto, sem a presença dos agentes polinizadores, e da aplicação de TDZ, não há formação de frutos de macieira, conforme já relatado na literatura (PETRI et al., 2006)

A aplicação de reguladores de crescimento como o TDZ sobre flores eleva a fixação de frutos, conforme aqui obtido e referenciado na literatura (VIEIRA et al., 2016). Porém, a qualidade dos frutos gerados é inferior, os quais apresentam redução e até mesmo ausência de sementes. Segundo Vieira et al (2016) o TDZ age como um inibidor no desenvolvimento das sementes nos frutos, levando ao abortamento das mesmas. Em relação à formação de sementes, pode-se observar que em ambas as safras, os tratamentos que receberam a aplicação de TDZ apresentaram formação de sementes, significativamente, inferior àquela em que houve ação de agentes polinizadores (Tabela 4). Ainda, verifica-se o uso do TDZ sem a presença de polinizadores não ocorreu a formação de sementes (Tabela 4). Fagundes et al. (2017) verificou um número reduzido de sementes em frutos gerados com auxílio do uso de TDZ, com 3,8 a 4,1 para o controle e 2,3 a 2,4 para o TDZ.

Tabela 4 – Número médio de sementes (\pm Erro Padrão) presentes em frutos e nos lóculos de maçãs da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada durante as safras 2017/18 e 2018/19, Vacaria, RS

Tratamento	N° semente por fruta		N° semente por lóculo	
	Safrá		Safrá	
	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19
Thidiazuron - TDZ	0c	0c	0c	0c
TDZ+visitantes florais	2.0 \pm 0.69b	1.8 \pm 0.29b	0.36 \pm 0.129b	0.3 \pm 0.5b
Somente visitantes florais	4.1 \pm 0.74a	5.4 \pm 0.78a	0.82 \pm 0,148a	1.1 \pm 0.15a
Testemunha absoluta	-	-	-	-

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A formação de sementes deve-se a ação da fecundação dos óvulos presentes nos ovários das flores, o que é favorecido pela ação dos agentes polinizadores pela facilitação da transferência do pólen entre cultivares compatíveis (PETRI et al., 2006). O uso do regulador de crescimento TDZ em macieiras facilita e promove fixação de frutos, porém, os frutos formados são de qualidade inferior, principalmente pelo reduzido número de sementes, fazendo com que eles sejam de menor calibre e deformados (VIERIA et al., 2016).

O número de sementes influencia no tamanho e peso dos frutos e, conseqüentemente, resulta num melhor rendimento ao pomicultor. Pode-se observar que para a safra 2017/18 o tratamento com somente a aplicação de TDZ, gerou frutos com peso, significativamente, menor do que aqueles que receberam visitantes florais (Tabela 5). O menor peso observado nos frutos originados por meio do TDZ pode estar ligado ao maior número de frutos fixados o que pode levar a uma maior competição por fotoassimilados (FAGUNDES et al., 2017).

Tabela 5 – Peso médio (g) (\pm Erro Padrão) de frutos de macieira da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada nas safras 2017/18 e 2018/19, Vacaria, RS

Tratamento	Peso médio de frutos	
	Safra	
	2017/18	2018/19
Thidiazuron - TDZ	76.1 \pm 2.90b	85.1 \pm 2.10b
TDZ+visitantes florais	98.7 \pm 5.69a	98.7 \pm 3.3a
Somente visitantes florais	100.8 \pm 5.56a	103.1 \pm 5.3a
Testemunha absoluta	-	-

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Além da redução no peso, foi observado um aumento no comprimento dos frutos oriundos de ramos em que houve somente a aplicação do TDZ sem a presença de visitantes florais (Tabela 5). Segundo Vieira et al. (2016) o menor peso dos frutos oriundos dos ramos tratados com TDZ é correlacionado a uma maior produção dos mesmos, o que poderia explicar a menor massa destes frutos. Tavares et al (2002), relata uma maior deformidade em frutos originados com auxílio de TDZ. Esses frutos formados são alongados e não param em pé numa superfície plana, o que descaracteriza o formato natural de frutos de macieira. Tais

deformações podem estar ligadas o número de sementes presentes nos frutos. Com frutos partenocarpos tendo uma distribuição de citocininas irregular, fato que não ocorre em frutos com a presença de sementes (PODESTA, 2007; LUZ, 2016).

O diâmetro dos frutos não variou entre os tratamentos, no entanto, é observado uma diferença significativa na razão entre comprimento e diâmetro (C/D) para frutos formados com somente a aplicação do TDZ (Tabela 6).

Tabela 6 – Comprimento, diâmetro e razão C/D médios (\pm Erro Padrão) de frutos de macieira da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada nas safras 2018/19, Vacaria, RS

Tratamento	Média \pm EP		
	Comprimento(C)	Diâmetro(D)	Razão C/D
Thidiazuron - TDZ	61,24 \pm 0,54a	58,23 \pm 0,45a	1,05 \pm 0,011a
TDZ+visitantes florais	59,24 \pm 0,52b	65,28 \pm 6,77a	1,00 \pm 0,013b
Somente visitantes florais	57,35 \pm 0,46c	61,31 \pm 1,04a	0,93 \pm 0,005c
Testemunha absoluta	-	-	-

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Além do comprimento e diâmetro outros aspectos são importantes para avaliação de qualidade dos frutos com por exemplo, a distância entre lóbulos o comprimento e o diâmetro do tubo calicinal. Neste trabalho a distância entre lóbulos não variou significativamente entre os tratamentos (Tabela 7).

Já o comprimento e o diâmetro do tubo calicinal apresentaram variações entre os tratamentos. Observou-se que os frutos obtidos do tratamento composto apenas pela pulverização de TDZ apresentaram médias de comprimento de tubo calicinal superiores aos demais tratamentos (Tabela 7). Enquanto aqueles oriundos do tratamento composto pela pulverização de TDZ mais a ação de visitantes florais obteve a segunda maior média, diferindo do tratamento composto somente pela ação de visitantes florais (Tabela 7).

Tabela 7 – Distância entre lóbulos (mm), comprimento do tubo calicinal (mm) e distância do tubo calicinal (mm) (\pm Erro Padrão) obtidos em frutos de macieira da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada nas safras 2018/19, Vacaria, RS

Tratamento	Média \pm EP		
	Distância entre lóbulos (mm)	Comp. tubo calicinal (mm)	Diâmetro tubo calicinal (mm)
Thidiazuron - TDZ	26,04 \pm 0,43a	18,55 \pm 0,43a	22,31 \pm 12,85a
TDZ+visitantes florais	25,48 \pm 0,25a	14,89 \pm 0,23b	9,08 \pm 0,12ab
Somente visitantes florais	26,71 \pm 0,43a	13,50 \pm 0,43c	6,95 \pm 0,09b
Testemunha absoluta	-	-	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Kretschmar et al. (2007) em estudo com maçãs da cultivar Fuji não observaram diferenças para a abertura do tubo calicinal, no entanto tal fator pode ser ligado a cultivar estudada pelo autor. Outro fator que pode estar ligado a maior abertura do tubo calicinal e comprimento dos frutos pode ser a distribuição do produto. Sendo indicado múltiplas aplicações no decorrer do desenvolvimento dos frutos (PETRI et al., 2001).

O diâmetro do tubo calicinal mostrou características semelhantes, em que os frutos obtidos do tratamento composto somente pela aplicação de TDZ apresentou maior média comparado aos demais tratamentos (Tabela 8). Com o tratamento composto pela pulverização de TDZ mais a ação de visitantes florais tendo média intermediária. Com tratamento composto somente pela ação de visitantes florais tendo a menor média (Tabela 7). No entanto uma maior abertura do tubo calicinal pode favorecer a entrada de pragas e doenças nos frutos. Segundo Silveira et al. (2013), é observado uma maior incidência de podridão carpelar em frutos com uma larga abertura do tubo calicinal.

Segundo Vieira et al. (2016), alguns aspectos físico químicos dos frutos no momento da colheita podem sofrer alterações em virtude da aplicação de TDZ. De tal forma podemos observar que, os frutos oriundos de ramos que foram submetidos somente a aplicação de TDZ apresentaram menor firmeza de polpa, quando comparados aqueles que além do TDZ tiveram ação de visitantes florais (Tabela 8). Resultados semelhantes são relatados por Pasa et al. (2017), que afirma que não houve diferenças na firmeza de polpa em frutos originados pela ação de TDZ mais

visitantes florais. Já Petri et al. (2001), relata uma maior firmeza de polpa de frutos submetidos a pulverização com TDZ, sendo este fato ligado a um atraso na maturação dos frutos submetidos a aplicação de TDZ.

Em relação ao teor de SST (°Brix) podemos observar que os frutos formados em ramos que foram tratados com TDZ e confinados apresentam índices significativamente inferiores aqueles obtidos de frutificação somente com agentes polinizadores (Tabela 8). Fato este possivelmente ligado a diferenças no grau de maturação do tratamento composto somente por TDZ em comparação com a testemunha (Petri et al. 2001). Resultados semelhantes são observados por Viera et al. (2016), que relata uma menor firmeza de polpa e SST (Brix°) em frutos originados com a aplicação de TDZ, corroborando com os resultados aqui apresentados.

Tabela 8 – Firmeza de polpa e SST (°Brix) (\pm Erro Padrão) de frutos da cultivar Maxigala após os ramos serem submetidos a diferentes tratamentos na florada nas safras 2018/19, Vacaria, RS

Tratamento	Média \pm EP	
	Firmeza de polpa	SST (°Brix)
Thidiazuron - TDZ	22,16 \pm 0,18b	9,66 \pm 0,22b
TDZ+visitantes florais	22,99 \pm 0,17a	10,13 \pm 0,15ab
Somente visitantes florais	21,5 \pm 0,18c	10,52 \pm 0,14a
Testemunha absoluta	-	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

4.4 CONCLUSÕES

O uso isolado de TDZ se mostrou eficaz na frutificação e fixação de frutos de maçãs.

O uso do TDZ associado a agentes polinizadores se mostrou eficaz aumentando a quantidade de frutos originados e fixados em comparação a testemunha.

Os frutos gerados por meio do uso de TDZ isolado e ou associado com polinizadores apresentou números reduzidos de sementes presentes nos frutos.

A aplicação de TDZ isolado promoveu frutos de menor peso em comparação aos demais tratamentos. E, a utilização do TDZ isolado resultou em frutos alongados em comparação com os demais tratamentos.

REFERÊNCIAS

- AYUB, R. A. et al. Fruit set and yield of apple trees cv. Gala treated with seaweed extract of *ascophyllum nodosum* and thidiazuron. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, 2019.
- BITTENCOURT, C. C. et al. Cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 4, 2011.
- CANTERI, M. G. et al. SASM - Agri:Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan B. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p.1 8-24. 2001.
- DEPRÁ, M. S. et al. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro state, southeast Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, 2014.
- DOS SANTOS, C. F.; OTESBELGUE, A.; BLOCHTEIN, B. The dilemma of agricultural pollination in Brazil: Beekeeping growth and insecticide use. **Plos one**, v. 13, n. 7, p. 1-13, 2018.
- FAGUNDES, E. et al. Effect of thidiazuron concentration and application period on 'royal gala' apple fruiting and production. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 39, n. 4, 2017.
- FIORAVANÇO, J. C. Maçã Brasileira: da importação à auto-suficiência e exportação - a tecnologia como fator determinante. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 3, p. 56-67, 2009.
- FUNG, H. F.; THOMSON, J. D. Does lack of pollination extend flower life? **Journal of Pollination Ecology**, v. 21, n. 4, p. 86-91, 2017.
- GIANNINI, T. C. et al. The dependence of crops for pollinators and the economic value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 1, p. 1-9, 2015.
- GUIMARÃES, N. A.; OSHITA M. G. B. Uma análise sobre a evolução da cadeia produtiva de maçã no município de São Joaquim Santa Catarina. **Revista Conbrad**, v. 4, n. 3, 2019.
- KRETZSCHMAR, A. A. et al. Efeito de fitorreguladores sobre a incidência de podridão carpelar em maçãs "fuji". **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 414-419, 2007.
- LOPES, P. R. C. et al. Caracterização fenológica, frutificação efetiva e produção de maçãs "Eva" em clima semiárido no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1277-1283, 2012.

MESSAGE, D.; GONÇALVES L. S. Effect of the size of worker brood cells of Africanized honey bees on infestation and reproduction of the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. **Apidologie**, v. 26, n. 5, p. 381-386, 1995.

PASA, M. S. et al. Thidiazuron (TDZ) increases fruit set and yield of 'Hosui' and 'Packham's Triumph' pear trees. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 3103-3110, 2017.

PETRI, J. L.; SCHUCK, E.; LEITE, G. B. Efeito do thidiazuron (TDZ) na frutificação de fruteiras de clima temperado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 513-517, 2001.

PODESTA, L. Floración, Polinización y Cuaje. In: OZZI, G. (ed.). **Árboles Frutales: Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía – Universidade de Buenos Aires, p 281 – 305, 2007.

RAMOS, A. **Fitorreguladores em pereiras europeias: fruit set, produtividade e qualidade de frutos**. 2012. Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

SANTOS, R. S. S. et al. Visita floral de *Apis mellifera* L. em diferentes clones de cultivares de maçãs Gala e Fuji e sua relação com variáveis meteorológicas em Vacaria, RS, Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomia**, v. 112, n. 2, p. 114-122, 2013.

SHEFFIELD, C. S. Pollination, seed set and fruit quality in apple: studies with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in the Annapolis valley, Nova Scotia, Canada. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, n. 13, p. 120-128, 2014.

SILVEIRA, F. N. et al. Relação entre características morfológicas de frutos e incidência de podridão carpelar em clones de macieira 'gala' e 'fuji' sobre diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 075-085, 2013.

TAVARES, J. C. et al. Fitorreguladores no aumento da frutificação efetiva e partenocarpia em peras cv. garber. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 629-630, 2002

VIEIRA, V. L. S. et al. Efeito de Thidiazuron na frutificação da macieira 'Daiane' em condições adversas a polinização. **Revista Eletronica Cientifica Uergs**, v. 2, n. 3, p. 241-247, 2016

5 AVALIAÇÃO POPULACIONAL DE COLMEIAS DE *Apis mellifera* UTILIZADAS NA POLINIZAÇÃO DE MACIEIRAS

5.1 INTRODUÇÃO

A cultura da macieira é dependente de polinização cruzada para que haja produção de frutos em quantidade e qualidade adequada (PETRI, 2011; SANTOS et al., 2013). Desta forma, há a necessidade da ação de agentes polinizadores, bióticos e abióticos para que ocorra a transferência de pólen nos pomares de macieiras, e conseqüentemente haja a polinização. Dentre os agentes polinizadores bióticos, é comumente encontrado, no interior dos pomares, as abelhas. Tanto as abelhas, com ou sem ferrão, são os polinizadores mais abundantes representando mais de 97%, sendo que, cerca de 90% destas pertencem à espécie *Apis mellifera* Linnaeus 1758 (Hymenoptera: Apidae) (SANTOS et al., 2013).

A utilização de colmeias de *A. mellifera* para os serviços de polinização é uma prática de manejo consolidada no setor produtivo de maçãs no sul do Brasil (ROSA et al., 2018). Fato este, que se deve as características de fácil manejo das colmeias de *A. mellifera*, caracterizadas por grandes populações, disponibilidade de colmeias em grande número, fácil transporte entre as áreas e efetividade na polinização (WOLFF et al., 2008).

No entanto, nas últimas décadas é relatado uma diminuição populacional de colmeias de *A. mellifera* (POTTS et al., 2010). O fenômeno foi ligado a diferentes agentes, desde a utilização de agrotóxicos à redução de recursos alimentares (BENUSZAK et al., 2017). A utilização de colmeias na polinização de pomares de maçãs pode gerar *stress* para as abelhas, resultando em diminuições nas atividades externas as colmeias e na coleta de recursos, as quais podem interferir nas quantidades de imaturos e recursos presentes nas colmeias. Por outro lado, as quantidades de imaturos e recursos presentes nas colmeias, nos apiários nos momentos que antecedem os serviços de polinização, também podem contribuir no comportamento das colmeias no período de estadia no interior dos pomares (BIZOTTO et al., 2018).

Segundo Bizotto, Santos e Boff (2018), são pouco os trabalhos direcionados ao comportamento de colmeias utilizadas na polinização de macieiras. Sendo que, a disponibilidade e qualidade dos recursos coletados pelas abelhas campeiras, podem

interferir diretamente nas populações das colmeias (NAUG, 2009; LEONHARDT; BLÜTHGEN, 2012). Aliado a disponibilidade de recursos alimentares, a dinâmica demográfica das colmeias utilizadas em serviços de polinização de macieiras pode ser influenciada por agrotóxicos utilizados para o controle de pragas e doenças (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Há relatos de diminuições e morte de larvas em colmeias de *A. mellifera* em cultivos agrícolas que fazem usos de fungicidas utilizados na produção de maçãs (SOLOMON; HOOKER, 1989; BIZOTTO et al., 2018).

Tais informações permitem direcionar manejos adequados para otimizar o serviço de polinização das plantas de macieira e, ao mesmo tempo, manter as populações de abelhas estáveis ao longo do tempo. O presente estudo teve como objetivo avaliar, as possíveis interações e oscilações entre as áreas de imaturos e a coleta de recursos alimentares por abelhas campeiras de colmeias de *Apis mellifera* utilizadas em serviços de polinização em pomares de macieira.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em pomares comerciais de macieira das cultivares Royal Gala e Fuji Suprema, localizados no município de Vacaria, RS, nos períodos de 23/09/14 a 20/10/14 (safra 2014/15) (S28°25'40,5" e W050°53'35,9") e 02/09/15 a 15/10/15 (safras 2015/16, 2017/18/, 2018/19 e 2019/20) (S28°36'45,55" e W050°53'31,96"). Para o período de avaliação, foram formados dois grupos de 16 colmeias, cujas abelhas, antes de serem transportadas para o pomar, forrageavam em área de mata nativa e cultivo de canola (safra 2014/15).

Dois grupos de 11 colmeias que forrageavam em área de mata nativa e de reflorestamento com eucalipto (safra 2015/16). Um grupo de 30 colmeias que forrageavam áreas de matas naturais (safras 2017/18, 2018/19 e 2019/20 Assim, o estudo contemplou a avaliação de 32 (safra 2014/15); 22 (safra 2015/16) e 30 (safras 2017/18, 2018/19 e 2019/20) colmeias de *A. mellifera* onde todas foram, individualmente, identificadas de acordo com seu grupo.

As avaliações das áreas internas ocupadas com imaturos (larvas e crias operculadas) foram realizadas através da tomada de imagens fotográficas de ambos os lados dos caixilhos de cada colmeia. As avaliações foram realizadas nos apiários momentos antes das colmeias serem levadas para os pomares. Para padronização

das imagens foi confeccionado um gabarito com um caixilho contendo fios de nylon no seu interior, os quais formavam 12 quadrados de 7x10cm. O gabarito era colocado na frente dos caixilhos das colmeias a uma distância de 80cm e obtido as imagens com câmera digital.

Para as safras de 2014/15 e 2015/16 foram efetuadas avaliações de coleta de recursos nas abelhas, obtidas por avaliação de imagens fotográficas do alvado das colmeias, num total de três fotografias para cada colmeia, em intervalo de sete dias no decorrer do período de floração das macieiras. Para tanto, o alvado das colmeias foi obstruído com auxílio de uma malha branca flexível de náilon por um período padrão de 5 minutos. Cada imagem foi analisada em tela de computador e quantificado o percentual da área do caixilho com percentual de cria aberta (larvas), e crias operculada (recurso armazenado) e de abelhas com ou sem pólen nas corbículas nos alvados. Todos os percentuais foram calculados tomando como base a área de favos presente em cada colmeia avaliada, e pelo total de abelhas em cada imagem.

As avaliações foram efetuadas sempre no mesmo horário, entre 10 e 14h onde é referida a maior atividade de *A. mellifera* na região (SANTOS et al., 2013). Após foram obtidas imagens fotográficas, as quais após foram analisadas em tela de computador. As variáveis analisadas foram, áreas internas ocupadas com larvas e crias operculada, e a atividade de coleta de recursos por abelhas campeiras nos pomares de macieira. Foi considerado como coleta de pólen quando as abelhas apresentavam grãos de pólen nas corbículas e a coleta de néctar/água quando não havia pólen.

As colmeias foram analisadas individualmente dentro de cada grupo de origem e ano safra. Foram gerados gráficos das áreas de imaturos e recursos alimentares bem como o número médio de abelhas campeiras que retornavam a colmeia em um período de cinco minutos. Posteriormente, as médias de larvas, crias operculada, número médio de coleta de pólen e néctar de cada grupo de colmeias foi correlacionado pelo teste pelo teste de Pearson a 5% de probabilidade.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Normalmente, em colmeias de *A. mellifera* é esperado uma correlação positiva entre áreas ocupadas com imaturos e ocupadas com recursos alimentares.

De tal forma podemos observar que, para a safra de 2014/15 não houve nenhuma interação entre as áreas de imaturos e ocupadas com recursos alimentares para ambos os grupos avaliados (Tabela 9).

Tabela 9 – Correlação entre o percentual de áreas ocupadas com imaturos e a área ocupada com recursos em colmeias utilizadas em serviços de polinização de macieiras na safra 2014/15, Vacaria, RS

Local de origem das colmeias	Variáveis analisadas	R	R ²	P
Mata	Larvas X Pólen	0.2161	0.0467	0.4215
	Larvas X Mel	-0.4728	0.2235	0.0643
	Crias operculada X Pólen	0.3248	0.1055	0.2196
	Crias operculada X Mel	-0.1766	0.0312	0.5129
Canola	Larvas X Pólen	0.0474	0.0022	0.8616
	Larvas X Mel	0.1869	0.0349	0.4882
	Crias operculada X Pólen	-0.3228	0.1042	0.2226
	Crias operculada X Mel	-0.2632	0.0693	0.3246

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Comportamento semelhante é observado para o ano safra de 2015/16, não havendo interações entre as áreas ocupadas com imaturos e recursos alimentares (Tabela 10).

Tabela 10 – Correlação entre o percentual de áreas ocupadas com imaturos e a área ocupada com recursos em colmeias utilizadas em serviços de polinização de macieiras na safra 2015/16, Vacaria, RS

Local de origem das colmeias	Variáveis analisadas	R	R ²	P
Mata	Larvas X Pólen	-0.1000	0.0100	0.7699
	Larvas X Mel	-0.1411	0.0199	0.6791
	Crias operculada X Pólen	0.1822	0.0332	0.5919
	Crias operculada X Mel	-0.2705	0.0732	0.4211
Reflorestamento com <i>Eucalyptu</i> sp.	Larvas X Pólen	-0,3205	0,1027	0,3366
	Larvas X Mel	-0,2746	0,0754	0,4138
	Crias operculada X Pólen	0,3843	0,1477	0,2432
	Crias operculada X Mel	-0,3099	0,096	0,3537

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Seguindo mesma tendência, as colmeias utilizadas nas safras 2017/18, 2018/19 e 2019/20 não apresentaram interações entre as áreas de imaturos e recursos (Tabela 11).

Tabela 11 – Correlação entre o percentual de áreas ocupadas com imaturos e a área ocupada com recursos em colmeias utilizadas em serviços de polinização em macieiras nas safras 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Vacaria, RS

Ano safra	Variáveis analisadas	R	R ²	P
2017/18	Larvas X Pólen	-0.0422	0.0018	0.8249
	Larvas X Mel	0.4526	0.2048	0.0120
	Crias operculada X Pólen	0.3908	0.1527	0.0327
	Crias operculada X Mel	0.2796	0.0782	0.1344
2018/19	Larvas X Pólen	-0.0514	0.0026	0.7874
	Larvas X Mel	0.2801	0.0785	0.1337
	Crias operculada X Pólen	0.2331	0.0543	0.2150
	Crias operculada X Mel	0.0624	0.7432	0.7432
2019/20	Larvas X Pólen			
	Larvas X Mel			
	Crias operculada X Pólen	0.2876	0.0827	0.1233
	Crias operculada X Mel	0.3496	0.1223	0.0581

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Segundo Sagili e Burgett, (2011) para que uma colmeia esteja em condições ideais para ser utilizada em serviços de polinização deve ter um mínimo de seis (60%) favos com crias. Os resultados obtidos para a safra 2014/15 mostram que as colmeias oriundas de áreas de matas, ao entrar nos pomares apresentaram percentuais de áreas ocupadas com larvas entre 0 e 6%. Observou-se que 72% das colmeias apresentaram áreas de larvas entre 0 e 2%, e as 28% restantes apresentaram de 2 a 6% de suas áreas ocupadas com larvas (Figura 11A).

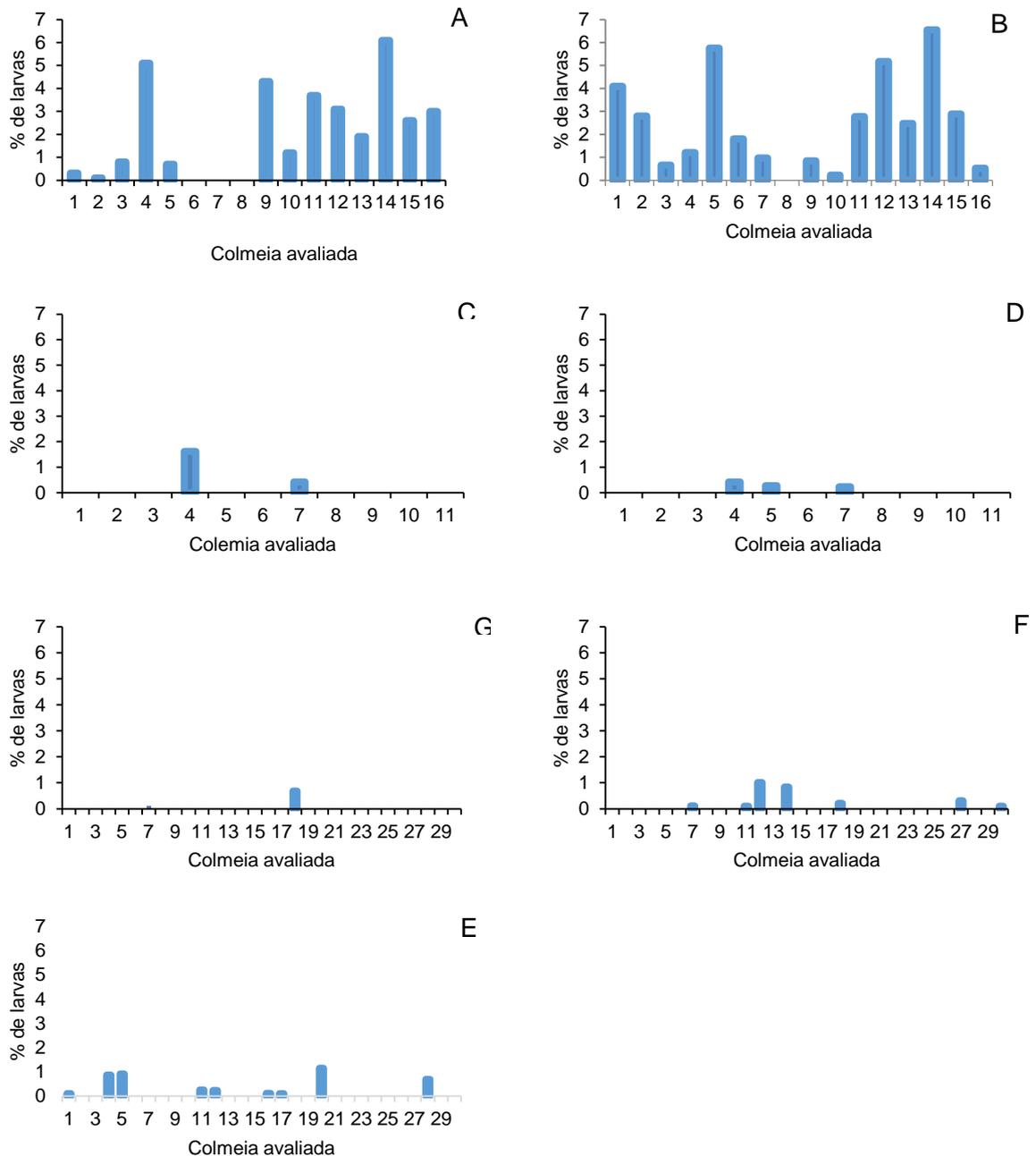
As colmeias cujo as abelhas forrageavam em áreas ocupadas com cultivo de canola apresentaram percentuais que variaram de 0 a 6,55% de suas áreas ocupadas com larvas. Nestas, 50% estavam com percentual de ocupação com larvas entre 0 e 2%, enquanto que os outros 50% das colmeias tinham entre 2,1 e 6,55% (Figura 11B). Na safra 2015/16, para as colmeias vindas de áreas de matas, o percentual da área com a presença de larvas variou entre 0 a 1,25%. Destas, 81% das colmeias não apresentaram nenhum percentual de área ocupada com larvas

enquanto 19% das colmeias mostram de 0,21 a 1,25% de suas áreas ocupadas com larvas (Figura 11C).

As colmeias transferidas de reflorestamento com eucaliptos apresentam percentuais de área ocupados com larvas igualmente baixos, variando de 0 a 0,42%. Com 72,72% das colmeias não apresentando larvas, e 27,27% apresentando de 0,23 a 0,42% de suas áreas ocupadas com larvas (Figura 11D). Nas safras 2017/18, 2018/19 e 2019/20 as colmeias utilizadas para os serviços de polinização em pomares de macieira eram compostas por abelhas que forrageavam em matas nativas/naturais. Para safra 2017/18 foi registrado o percentual de 0 a 1,14% das áreas ocupadas com larvas, sendo que, 70% das colmeias não possuíam larvas e 30% apresentando de 0,09 a 1,14% de suas áreas com presença de larvas. (Figura 11E).

As colmeias utilizadas na safra 2018/19 possuíam de 0 a 1% de suas áreas ocupadas com larvas. O total de 76,6% das colmeias, não tinham área ocupada com larvas e 56,6% apresentavam entre 0,1 a 1% de suas áreas ocupadas com larvas. (Figura 11F). Na safra 2019/20, o percentual de área ocupada com larvas variou entre 0 a 0,6%, onde 93,3% das colmeias não apresentaram área ocupada com larvas (Figura 11G).

Figura 11 – Percentual de áreas ocupadas com larvas em colmeias transferidas de áreas de matas (A) e áreas com cultivo com canola (B), Matas 2015/16 (C), reflorestamento com Eucalipto (D), safra 2017/18 (E), safra 2018/19 (F) e 2019/20 (G), e utilizadas em serviços de polinização de macieiras safra 2014/15. Vacaria, RS



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Considerando as áreas ocupadas com crias operculadas observou-se que na safra 2014/15, 31% das colmeias oriundas da mata nativa apresentaram entre 0 a 2% das áreas ocupadas com crias operculadas. Do restante, 50% apresentaram 2,1 a 6% e 18% entre 6,1 a 11,8% da área ocupada com crias operculadas (Figura 12A).

Também na safra 2014/15 as colmeias oriundas de áreas com cultivo de canola apresentavam entre 9,44 a 39% da área interna ocupada com crias operculadas. Dentre as colmeias 25% apresentavam entre 9 a 20%, 43,75% entre 20,1 a 30% e 24% entre 30,1 a 39% de suas áreas ocupadas com crias operculadas (Figura 12B).

Relativo as colmeias transferidas de áreas de matas para os serviços de polinização durante a safra 2015/16, observou-se que 36,36% das colmeias apresentavam entre 0 a 2% da área interna ocupada com crias operculadas, outras 27,27% colmeias apresentavam 2,1 a 6% da área ocupada e 36,36 colmeias entre 6,1 a 11% de suas áreas ocupadas com crias operculadas (Figura 12C).

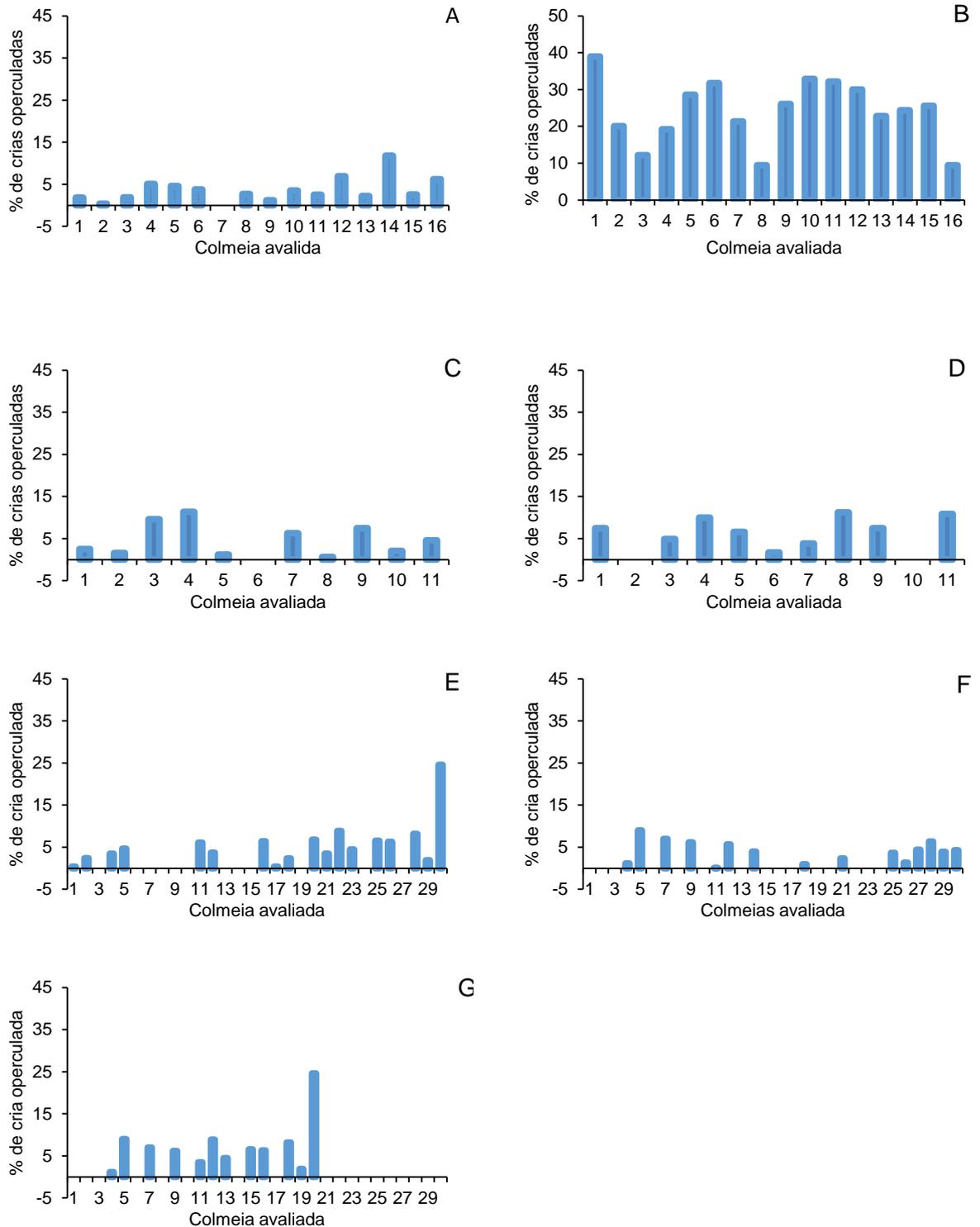
Já as colmeias transferidas de reflorestamento com Eucalipto, a variação da área ocupada com crias operculadas variou 0 a 11,25%. Das colmeias avaliadas 27,27% apresentaram percentual de 0 a 2% de suas áreas ocupadas com crias operculadas, 18,18% entre 2,1 a 6% e em 45,45% das colmeias o percentual de área ocupada com crias operculadas variou de 6,1 a 11% (Figura 12D).

Para as colmeias utilizadas na safra 2017/18 a variação das áreas ocupadas com crias operculadas foi de 0 a 24,5%. Onde 40% das colmeias não apresentou área ocupada com crias operculadas, 26,6% das colmeias apresentou variação entre 0,3 a 4%, 30% de 4,1 a 8% e em 3,3% das colmeias o percentual de área ocupada com crias operculadas variou entre 8,1 a 24,5% (Figura 12E).

Na safra 2018/19, 50% das colmeias ao serem transferidas para os pomares não apresentaram área ocupada com crias operculadas. Dentre o restante das colmeias 13% apresentaram entre 0,5 a 2% da área interna com crias operculadas, em 20% das colmeias a variação foi de 2,1 a 5% e em 16,6 das colmeias o percentual de ocupação variou entre 5,1 a 8,9% (Figura 12F).

A área de ocupação com crias operculadas nas colmeias utilizadas para os serviços de polinização durante a safra de 2019/20 mostrou percentuais que variaram entre 0 a 24% das áreas das colmeias ocupadas com crias operculadas (Figura 12G). Na transferência para os pomares foi verificado que 60% das colmeias não apresentavam áreas ocupadas com crias operculadas e apenas 3,3% das colmeias apresentaram os percentuais de ocupação que variaram entre 10,1 a 24 (Figura 12G).

Figura 12 – Percentual de áreas ocupadas com crias operculadas em colmeias vindas de áreas de matas (A) e áreas com cultivo com canola (B), Matas 2015/16 (C), reflorestamento com eucalipto (D), áreas de matas safras 2017/18 (E), 2018/19 (E) e 2019/20 (G). Utilizadas em serviços de polinização de macieiras na cidade de Vacaria, RS



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A coleta de recursos está relacionada a presença de imaturos nas colmeias, as abelhas aumentam a procura por alimento proteico quando há uma alta quantidade de larvas na colmeia (PEGORARRO et al., 2013). De tal forma podemos observar que, para as colmeias oriundas de áreas de matas e de cultivo com canola safra 2014/15, assim como na safra 2015/16 com as colmeias não houve a interação com nenhum dos fatores analisados (Tabela 12). Faltou dizer qual a implicação disso. desses valores tão baixos para a polinização da macieira qual o prejuízo.

Tabela 12 – Correlação entre percentual de áreas ocupadas com imaturos e coleta de recursos por abelhas campeiras em colmeias utilizadas em serviços de polinização de macieiras em duas safras seguidas, Vacaria, RS

Local de origem/ano safra	Variáveis analisadas	R	R ²	P
2014/15				
Mata	Pólen x larvas	-0.4448	0.1979	0.0842
	Pólen x crias operculadas	-0.4352	0.1894	0.0919
	Néctar x larvas	-0.4779	0.2284	0.0611
	Néctar x crias operculadas	-0.3656	0.1337	0.1637
Canola	Pólen x larvas	-0.1800	0.0324	0.5046
	Pólen x crias operculadas	-0.1833	0.0336	0.4968
	Néctar x larvas	-0.2067	0.0427	0.4424
	Néctar x crias operculadas	0.2394	0.0573	0.3719
2015/16				
Mata	Pólen x larvas	-0.0637	0.0041	0.8525
	Pólen x crias operculadas	0.0050	0	0.9883
	Néctar x larvas	-0.2280	0.0520	0.5000
	Néctar x crias operculadas	-0.0083	0.0001	0.9806
Eucalipto	Pólen x larvas			
	Pólen x crias operculadas	-0.2898	0.0840	0.3873
	Néctar x larvas			
	Néctar x crias operculadas	0.0455	0.0021	0.8944

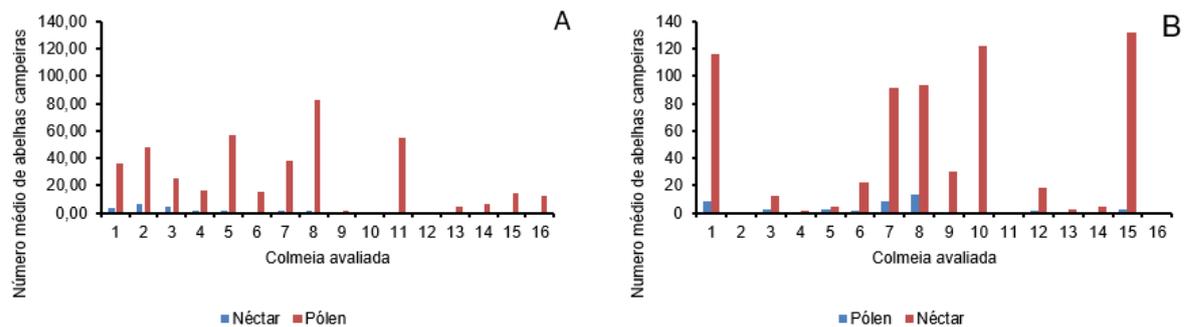
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Além das interações entre a quantidade de imaturos e os recursos alimentares, pólen e néctar, o número de abelhas campeiras retornando a colmeia com recursos é fundamental para a avaliação da qualidade das colmeias. Na safra 2014/15, durante o período de serviços de polinização foi observado que nas colmeias oriundas de áreas de matas o número de abelhas que retornavam do forrageamento variou entre 0 a 84 abelhas. Foi observado que acima de 80 abelhas retornaram trazendo néctar/água, e as demais traziam apenas pólen (Figura 13A). A mesma tendência foi observada nas abelhas das colmeias oriundas das áreas com

cultivo com canola, onde a maioria das campeiras retornaram a colmeia trazendo néctar/água (Figura 13B).

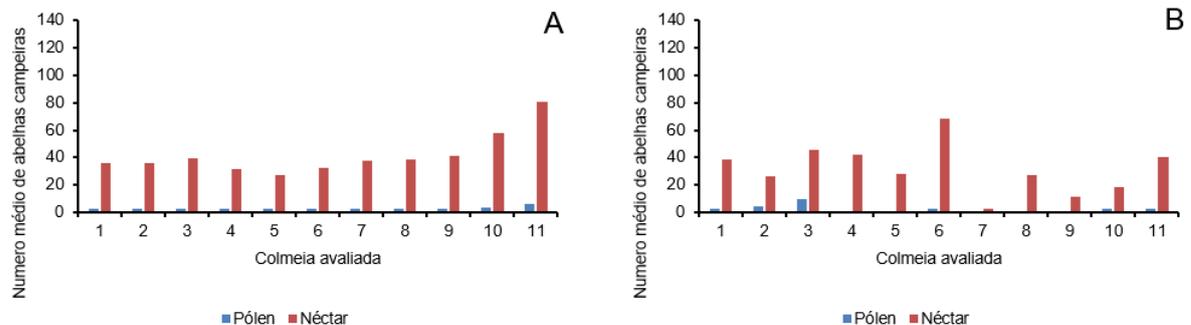
Na safra 2015/16 o número médio de abelhas campeiras que retornavam as colmeias variou entre 30 a 80 abelhas nas colmeias oriundas de áreas de matas (Figura 14A), e entre 2,6 a 69,3 abelhas nas colmeias oriundas das áreas de reflorestamento com eucalipto (Figura 14B). Observou-se que, independentemente da área de origem das colmeias, quando as abelhas estiveram realizando o serviço de polinização a maioria retornava as colmeias trazendo néctar/água (Figura 14).

Figura 13 – Número médio de abelhas campeiras com presença de pólen e néctar/água observadas em cinco minutos, em colmeias oriundas de áreas de matas (A) e áreas com cultivo com canola (B). Utilizadas em serviços de polinização de macieiras safra 2014/15 na cidade de Vacaria, RS



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 14 – Número médio de abelhas campeiras retornando a colmeia em cinco minutos de observação, com presença de pólen ou néctar/água, colmeias oriundas de áreas de matas (A) e reflorestamento com eucaliptos (B). Utilizadas em serviços de polinização de macieiras safra 2015/16 na cidade de Vacaria, RS



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Todas as colmeias avaliadas no presente estudo apresentaram populações de larvas e crias operculadas abaixo do considerado como ideal para polinização. Sendo que, somente as colmeias vindas de áreas com cultivos de canola apresentaram quantidade elevadas de crias operculadas. No entanto não ultrapassando os 40% de áreas com larvas e crias operculadas.

As áreas de imaturos presentes nas colmeias avaliadas e utilizadas para o serviço de polinização em pomares de macieira ficaram abaixo das recomendações técnicas para a prestação de serviços de polinização. É recomendado que as colmeias tenham cerca 60% de suas áreas ocupadas a imaturos em diferentes estágios (SALOMÉ; ORTH, 2014).

Para Sagili e Burgett (2011), deve haver uma preparação das colmeias antes de irem para os pomares. Sendo que, colmeias que foram submetidas a alimentação energética proteica tendem a possuir mais quadros com crias, do que, aquelas que não foram suplementadas (VIEIRA et al., 2017a). Segundo Vieira et al. (2017b), foi observado um aumento nas áreas de crias em colmeia que receberam suplementação. Sendo considerada como uma eficaz estratégia para a manutenção das colmeias, melhorando a produção e diminuindo a taxa de abandono de abelhas durante o período de escassez (CASTAGNINO et al., 2006). Resultados semelhantes são relatados por Schafaschek et al. (2008), sendo que os autores relatam uma maior quantidade de imaturos em colmeias submetidas a suplementação.

A disponibilidade de recursos florísticos pode também auxiliar na suplementação das colmeias. Este fato foi observado neste trabalho quando foi observado as quantidades elevadas de imaturos presentes nas colmeias vindas de áreas com cultivo com canola. Áreas cultivadas com canola são consideradas boa fonte de recursos para colmeias no período invernal (WITTER et al., 2014).

Tais fatores poderiam estar ligados a não correlações entre os fatores avaliados. Devido a uma reorganização das colmeias, tendo em consideração o período em que ocorre o florescimento da macieira e a necessidade do serviço de polinização da macieira, o qual se dá ao final do inverno e início da primavera.

O que explicaria a maior busca por alimentos energéticos (néctar) do que proteicos (pólen) observado durante todos os períodos em que foi realizado as avaliações. É comum a maior procura por néctar do que pólen por abelhas encontradas no interior de pomares de maçãs (SANTOS et al., 2013; BIZOTTO;

SANTOS, 2015). Segundo Silva et al. (2010), foram observadas melhora na busca de pólen em colmeias que foram submetidas a suplementação momentos antes de irem prestar serviços de polinização. É possível que, com uma preparação previa das colmeias por meio de alimentos proteicos/energéticos e ou a migração para áreas com abundância de recursos florais como a cultura da canola períodos antes da transferência das colmeias para os pomares, haveria a possibilidade de incrementar a população de imaturos presentes nas colmeias melhorando a prestação de serviços de polinização.

5.4 CONCLUSÃO

Para as variáveis recursos alimentares e imaturos não foram encontrados interações entre os mesmos.

As maiores quantidades imaturos foram registrados nas colmeias vindas de áreas com cultivo de canola.

Para os demais locais de origens e safras avaliadas foram registradas quantidades mínimas de áreas ocupadas com imaturos.

Para a interação imaturos coleta de recurso não foram encontradas interações entre os mesmos.

As maiores quantidades de abelhas campeiras retornando em cinco minutos foram observadas no grupo de colmeias vindas da canola.

Houve uma maior procura por néctar do que pólen em todos os grupos avaliados.

REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, C. C. et al. Cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 4, 2011.
- BIZOTTO, L. A.; SANTOS, R. S. S. DOS; BOFF, M. I. C. Food resources and population pattern in *Apis mellifera* hives used for apple pollination. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.4, p.399-404, 2018.
- BIZOTTO, L. A.; SANTOS, R. S. S. Dinâmica de voo e coleta de recursos por *Apis mellifera* em pomar de macieira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 3499-3506, 2015.
- CASTAGNINO, G. L. et al. Desenvolvimento de núcleos de *Apis mellifera* alimentados com suplemento aminoácido vitamínico, Promotor L. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 685-688, 2006.
- FIORAVANÇO, J. C. Maçã Brasileira: da importação à auto-suficiência e exportação - a tecnologia como fator determinante. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 3, p. 56-67, 2009.
- FIORAVANÇO, J. C. et al. **Condições Meteorológicas e sua Influência na Safra de Maçã 2009/10 na Região de Vacaria, RS**. Comunicado Técnico n.100. Embrapa Uva e Vinho. 2010.
- FUNARI, S. R. C. et al. Efeitos da coleta de pólen no desenvolvimento de colônias e na composição bromatológica de pupas de *Apis mellifera* L. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 11, n. 2, p. 80-86, 2003.
- LEONHARDT, S. D.; BLÜTHGEN, N. The same, but different: pollen foraging in honeybee. **Apidologie**, v. 43, n.4, p. 449-464, 2012.
- MALERBO-SOUZA, D. T.; SILVA, F. A. S. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* L. no decorrer do ano. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 183-190, 2011.
- NAUG, D. Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. **Biological Conservation**, n.142, p. 2369–2372, 2009.
- PEGORARO, A. et al. Perdas de colônias de *Apis mellifera* L. no inverno suplementadas com alimentação artificial com pólen e favos de mel. **Revista Agrarian**, v. 6, p. 67-74, 2013.
- PEREIRA, D.S. et al. Queen production (*Apis mellifera* L.), and natural mating queen rate in four cities of Brazilian northwest. **Revista Verde**, v. 8, n. 2, p. 09-16, 2013.
- PETRI, J. L. et al. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 48-56, 2011.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

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

SAGILI, R. R.; BURGETT, D. M. Evaluating honey bee colonies for pollination: A guide for commercial growers and beekeepers. **Pacific Northwest Extension Publication**, 2011.

SALOMÉ, J. A.; ORTH A. I. Avaliação populacional de colmeias utilizadas em serviços de polinização dirigida em pomares de macieiras no município de Bom Retiro - Santa Catarina. **Mensagem Doce**, n. 126, 2014.

SANTOS, R. S. S.; SEBEN, V. H.; WOLFF, L. F. Visita floral de *Apis mellifera* L. em diferentes clones de cultivares de maçãs Gala e Fuji e sua relação com variáveis meteorológicas em Vacaria, RS, Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomia**, v. 112, n. 2, p. 114-122, 2013.

SCHAFASCHEK, T. P. et al. Efeito da suplementação alimentar sobre as características produtivas e reprodutivas de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. **Biotemas**, v. 21, n. 4, p. 99-104, 2008.

SCHNEIDER, S. S.; MCNALLY, L. C. Spatial foraging patterns and colony energy status in the African honey bee, *Apis mellifera scutellata*. **Journal of Insect Behavior**, v. 6, n. 2, p. 195–210, 1993.

SHEFFIELD, C. S. Pollination, seed set and fruit quality in apple: studies with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, n. 4, p. 120-128, 2014.

SILVA, D. F. et al. Desenvolvimento e produção de pólen em colmeias de *Apis mellifera* L. africanizadas mantidas em cultura de girassol. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 8, p. 147-151, 2010.

SOLOMON, M. G.; HOOKER, K. J. M. Chemical repellents for reducing pesticide hazard to honeybees in apple orchards. **Journal of Apicultural Research**. v. 28, n. 4, p. 223-227, 1989.

VIEIRA, F. J. C. et al. Influência da alimentação protéico-energética no desenvolvimento de colônias de abelhas do gênero *Apis* durante o período de agosto a dezembro. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 58-60, 2017.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P; BLOCHTEIN, B. **Abelhas na polinização da canola: benefícios ambientais e econômicos**. 2014. 71 p.

WOLFF, L. F.; REIS, V. D. A.; SANTOS, R. S. S. **Abelhas melíferas: bioindicadores e qualidade ambiental e de sustentabilidade da agricultura familiar de base ecológica.** Embrapa Clima Temperado. (Documentos, 244), p.22-28, 2008.