

Eficácia de abelhas como polinizadores do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch., cultivar San Andreas) no Sul do Brasil

Leandro Scheid

Universidade Estadual do Paraná, campus de União da Vitória.
Contato: leoscheid07@gmail.com

Natália Sêneda Martarello

Instituto de Botânica de São Paulo. Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente.
Contato: natalia.seneda@gmail.com

Daniela Roberta Holdefer

Universidade Estadual do Paraná, campus de União da Vitória.
Contato: dwoldan@yahoo.com.br

Franciélli Cristiane Gruchowski-Woitowicz

Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos BIOSIS, do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia - UFBA. Empresa Breyer & Cia LTDA. Pesquisa e Desenvolvimento - União da Vitória, PR, Brasil.
Contato: franciellicgw@gmail.com

Resumo: As abelhas são importantes agentes responsáveis pela polinização da vegetação nativa assim como de muitas plantas de interesse econômico. Para avaliar a eficácia de abelhas na polinização da cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch., variedade San Andreas), analisamos uma espécie e dois gêneros de abelhas (*Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836, *Plebeia* spp. e *Dialictus* spp.) abundantes na referida cultura, verificando as variações no comportamento, tipo recurso coletado e tempo médio de visitação, identificando variações na frutificação e peso final de frutos. Para avaliar os efeitos da polinização para a cultura, flores primárias foram expostas a diferentes tratamentos (autopolinização espontânea, polinização natural e visitação por três diferentes gêneros de abelhas). O estudo foi conduzido em uma estufa plástica, no método de cultivo elevado, contendo 2 mil plantas de *F. ananassa*, na região rural do município de Cruz Machado, Sul do estado do Paraná (26° 03' 22" S 51° 14' 25" W). *A. mellifera* foi a espécie de abelha que apresentou a maior eficácia em relação às outras, refletindo a maior contagem de aquênios e peso de frutos, porém todos os tratamentos apresentaram diferença significativa quando comparadas a autopolinização espontânea e a polinização natural, o que demonstra a baixa capacidade da variedade San Andreas de realizar autopolinização e a necessidade da contribuição de diversas espécies de abelhas para uma polinização completa das flores.

Palavras-chave: Aquênios; Polinização; *Apis mellifera scutellata*.

Efficacy of bees in pollination strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch., cultivar San Andreas) in southern Brazil

Abstract: Bees are important agents responsible for pollinating native vegetation as well as those of economic interest. To evaluate the efficacy of bees in pollination of the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch., San Andreas variety), we analyzed 1 specie and 2 genus of bees (*Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836, *Plebeia* spp. and *Dialictus* spp.) abundant in the referred culture, checking the variations in behavior, type of resource collected and average visitation time, identifying variations in fruit set and final fruit weight. To assess the effects of pollination on the crop, flowers were exposed to different treatments (spontaneous self-pollination, natural pollination and visitation by three different genus of bees). The study was conducted in a plastic greenhouse, using the raised cultivation method, containing 2,000 plants of *Fragaria x ananassa* (Duch.), In the rural region of the municipality of Cruz Machado, Paraná (26° 03' 22" S 51° 14' 25" W). *A. mellifera* was the bee specie that showed the highest efficacy in relation to the others, reflecting the higher count of achenes and fruit weight, however all

treatments showed significant difference when compared to spontaneous self-pollination and natural pollination, which demonstrates the low capacity of the San Andreas variety to carry out self-pollination and the need for the contribution of several species of bees to a complete pollination of flowers.

Key-words: Achenes; Pollination, *Apis mellifera scutellata*.

Como citar este artigo:

SCHEID, L; MARTARELLO, N.S; HOLDEFER, D.R; GRUCHOWSKI-WOITOWICZ, F.C. Eficácia de abelhas como polinizadores do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch., cultivar San Andreas) no sul do Brasil. **Luminária**, União da Vitória, v.22, n.02, p. 06 – 17, 2020.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, culturas e agroecossistemas vêm sendo estudados para avaliação da importância dos polinizadores sob uma perspectiva econômica. Dentre eles, o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) (Rosaceae Juss.) se destaca, uma frutífera utilizada na produção de diversos alimentos e que complementa a dieta humana (GALLAI et al., 2009; ANTUNES et al., 2011). O morangueiro é uma espécie nativa de regiões de clima temperado (ANTUNES et al., 2011), herbácea, rasteira, de porte pequeno que forma pequenas touceiras sendo que as cultivares existentes atualmente foram obtidas através de diversas hibridações e seleções (QUEIROZ-VOLTAN et al., 1996).

O cultivo do morangueiro no Brasil é recente, porém a produção brasileira vem crescendo, e atualmente representa uma grande importância econômica em várias cidades nas quais é cultivado, principalmente nas regiões Sul e Sudeste (PEREIRA et al., 2013), onde é produzido em sua grande maioria em pequenas propriedades, tanto na forma orgânica como convencional (BARBOSA, 2009; WOITOWICZ, 2013). As flores do morango apresentam características que favorecem a polinização cruzada (ROSELINO et al., 2009) mesmo sendo os cultivares comerciais atuais hermafroditas e auto férteis (ABROL et al., 2017). Nesse sentido, estudos têm demonstrado que a produção do morango apresenta alta correlação com a polinização (WITTER et al., 2014).

Para que ocorra a formação do fruto, é necessário que as flores sejam completamente polinizadas (CHAGNON et al., 1989), como resultado da fecundação do óvulo dos vários carpelos, desenvolve-se um fruto composto,

que é o múltiplo dos aquênios. O fruto propriamente dito do morango é um aquênio disposto num receptáculo hipertrofiado, no entanto no morangueiro, designa-se por fruto, o conjunto constituído pelo receptáculo e os aquênios (MALAGODI-BRAGA, 2018) sendo necessária a visita abundante e frequente das abelhas nas flores (MALAGODI-BRAGA, 2018) para garantir a formação de maior quantidade de frutos, sendo estes mais pesados e com melhor qualidade para comercialização (MEDINA, 2003).

As abelhas são importantes representantes da polinização da vegetação nativa assim como em cultivos agrícolas (MICHENER, 2007) sendo essencial para a produção de sementes e frutos (FREITAS; SILVA, 2015) e constitui-se em um fator de produção fundamental na condução de muitas culturas agrícolas ao redor do mundo (FAO, 2004), promovendo o aumento no número e qualidade de frutos e sementes (teor de óleos, acidez, teor de açúcares, volume de suco, menores índices de deformação), encurtando o ciclo de certas culturas agrícolas e ainda uniformizando o amadurecimento dos frutos (WITTER, 2014). Os agentes polinizadores são importantes atuantes neste processo, desempenhando um papel crucial na manutenção dos serviços agroecossistêmicos (FAO, 2004).

A polinização animal afeta diretamente o rendimento e/ou qualidade de aproximadamente 75% dos tipos de culturas globalmente importantes (POTTS, 2016). Dentre as 57 espécies de plantas mais cultivadas no mundo, 42% delas dependem das abelhas nativas para a sua polinização (SILVA et al., 2014), 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por pássaros e 4%

por borboletas e mariposas (RECH et al., 2014). Na América do Sul a polinização animal representa comercialmente renda em torno de R\$ 37,12 bilhões. No Brasil, oito culturas dependentes de polinização biótica são responsáveis por cerca de R\$ 20,46 bilhões em exportações (FREITAS; SILVA, 2015).

O sucesso da polinização pode apresentar variações de acordo com os diferentes visitantes florais, pois nem todos possuem a mesma eficácia na transferência de grãos de pólen das anteras até os estigmas (KLEIN et al., 2007). Nesse sentido, estudos comparativos estão sendo desenvolvidos para determinar os diferentes potenciais de polinização, avaliando o papel individual de determinadas espécies de visitantes florais na polinização de diversas culturas agrícolas (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2007). A eficácia de um polinizador é determinada pela contribuição que este fornece ao sucesso reprodutivo da planta, isto é, representa a medida de quanto uma única visita do mesmo contribui para a produção de sementes e formação de frutos e pode ser utilizada para avaliar a importância de diferentes espécies de visitantes florais como polinizadores (FREITAS, 2013).

Considerando que a agricultura é uma das principais atividades econômicas no Brasil, que os polinizadores exercem papel de extrema importância neste ramo (FREITAS; SILVA, 2015), e que há poucas informações sobre a eficácia de espécies de abelhas na polinização das flores do morangueiro, cultivar San Andreas, objetivamos: a) Analisar a importância de gêneros de abelhas abundantes na cultura de *F. ananassa* variedade San Andreas; b) Verificar variações no comportamento, recurso coletado e tempo médio de visitação de gêneros abundantes de abelhas na cultura *F. ananassa* variedade San Andreas e c) Identificar variações na frutificação e peso final dos frutos *F. ananassa* variedade San Andreas mediante ação de diferentes polinizadores.

MATERIALS AND METHODS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma estufa plástica de cultivo comercial, no método de cultivo elevado, no qual as plantas não tem contato com a superfície do solo, contendo 2

mil plantas de *F. ananassa*, da variedade San Andreas. A mesma possuía suas bordas abertas permitindo o acesso dos polinizadores às plantas (Figura 1). O cultivo situava-se na região rural do município de Cruz Machado, Sul do estado do Paraná (26°03'22S 51°14'25W). O clima, segundo a classificação de Koppen (1931), é temperado com estações de verão e inverno bem definidas e precipitação com ocorrência em todos os meses do ano.

Coleta de dados

As coletas de dados aconteceram no período de janeiro a setembro de 2018 e iniciaram-se com a observação das abelhas visitantes florais, para verificação dos gêneros de abelhas mais abundantes na cultura do morango. Durante um período de 6 meses, as abelhas que visitaram as flores do morangueiro, foram observadas e os gêneros mais abundantes foram coletados e identificados. Com base nestas observações, e em outros estudos realizados na referida cultura na região (WOITOWICZ, 2013), foram selecionadas para o experimento a espécie e gêneros mais abundantes nas flores do morangueiro: *Apis mellifera scutellata* Lapeletier, 1836), *Dialictus* spp., e *Plebeia* spp. (Figura 2). Devido à dificuldade de identificação das espécies dos gêneros *Dialictus* e *Plebeia* em campo, optamos em considerar apenas o gênero, não sendo possível computar quantas espécies de cada foram observadas.



Figura 1. Estufa onde foram realizadas as observações nas flores de *Fragaria x ananassa* Duch., variedade San Andreas, situada no município de Cruz Machado, Paraná, na região Sul do Brasil (26°03'22S; 51°14'25W).

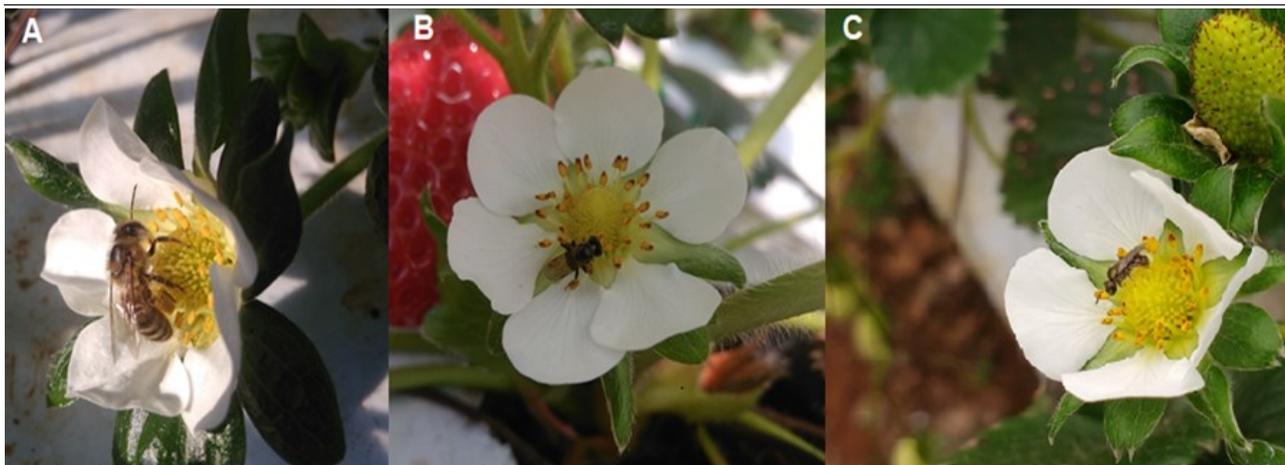


Figura 2. Visitantes florais mais abundantes em *Fragaria x ananassa* Duch., variedade San Andreas, no município de Cruz Machado, Paraná, na região Sul do Brasil. (A) *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836, (B) *Plebeia* spp., (C) *Dialictus* spp.

Comportamento

Durante o forrageio, foram observados alguns aspectos referentes ao comportamento de cada abelha: tempo de permanência na flor, o tipo de recurso coletado (pólen, néctar ou ambos recursos), se houve ou não contato com os estigmas da flor, e quais os padrões de deslocamento na flor realizados durante a coleta de recurso, comparando-os com os observados por Woitowicz (2013).

Eficácia dos polinizadores

Para análise da eficácia dos polinizadores no morangueiro seguiu-se a metodologia proposta por Freitas (2013), na qual a contribuição de cada polinizador para o sucesso reprodutivo da planta é avaliada após uma única visita de um polinizador à flor ou inflorescência, considerando posteriormente o número de óvulos fertilizados, conjunto de frutos e sementes. Também se utilizou a metodologia de Malagodi-Braga; Kleinert (2007) adaptada para os testes de polinização. Inicialmente, as flores primárias foram ensacadas com tecido voal ainda em botão e descobertas no 4º dia após a antese, com exceção do tratamento de polinização natural, no qual as flores somente foram acompanhadas quanto ao desenvolvimento de seus frutos.

Posteriormente, estas flores foram expostas a uma única visita às abelhas mais abundantes selecionadas previamente (*A. mellifera*, *Dialictus* spp., e *Plebeia* spp.) sendo observadas quanto a abordagem e durante a sua

visita. Além destes, foram realizados os tratamentos de autopolinização espontânea, no qual as flores mantiveram-se ensacadas ainda em botão, sem a exposição destas aos polinizadores e/ou visitantes florais, até a formação de seus frutos e o tratamento de polinização natural, no qual as flores permaneceram expostas aos visitantes florais, não sendo ensacadas, somente acompanhadas quanto a maturação dos seus frutos. Adotou-se as seguintes terminologias para os tratamentos: PN= Polinização Natural, AE= Autopolinização Espontânea, EA= Eficácia de *A. mellifera*, EP= Eficácia de *Plebeia* spp., ED= Eficácia de *Dialictus* spp. Após a polinização as flores foram novamente ensacadas, e assim permaneceram até o início da maturação dos frutos. Foram registradas 10 flores para cada tratamento realizado, totalizando posteriormente 50 frutos analisados.

Nos tratamentos em que as flores se apresentavam ensacadas, estas apenas estiveram disponíveis aos polinizadores quando seus estigmas encontravam-se receptivos. A receptividade dos estigmas foi determinada utilizando-se peróxido de hidrogênio (H₂O₂), com a formação de bolhas indicando a receptividade estigmática (DAFNI et al., 2005), sendo as flores avaliadas quanto a receptividade de hora em hora no período das 09h às 16h.

Quando os frutos se apresentaram maduros foram colhidos, pesados e classificados quanto a sua forma (bem formados, regulares

e deformados), em seguida congelados e posteriormente foi feita a determinação do número de aquênios e da taxa de fecundação de cada fruto. Para avaliar a eficácia dos polinizadores (tratamento de polinização em uma visita), também foi realizado o registro das regiões nas quais os frutos apresentaram deformações (apical, lateral e base).

Para a classificação dos frutos quanto à forma e determinação da porcentagem de morangos viáveis ao comércio *in natura*, seguiu-se a metodologia adaptada de Malagodi-Braga; Kleinert, (2007) no qual: os frutos bem formados e regulares, aceitos para o mercado, foram agrupados como frutos de maior valor comercial, enquanto os frutos deformados, geralmente destinados a indústria para o processamento de geleias, sucos e iogurtes, foram agrupados como frutos sem valor comercial.

A taxa de fecundação de cada fruto foi determinada por meio da contagem dos aquênios fecundados e não fecundados. Para a realização desta foi utilizado o método adaptado de Thompson (1971), que consiste em separar os aquênios viáveis dos não viáveis através da sua capacidade de flutuação. Por meio deste teste verifica-se que os aquênios viáveis afundam em solução aquosa, enquanto os não viáveis flutuam, sendo possível quantificar a taxa de fecundação. Neste estudo, os aquênios foram removidos dos frutos manualmente, com o auxílio de pinça e, em seguida, colocados em recipientes com água para avaliação da sua capacidade de flutuação.

Os dados obtidos para as variáveis – peso fresco, número de aquênios, taxa de fecundação, classificação dos frutos quanto a forma e tempo de permanência das abelhas nas flores – foram comparados: 1) entre os gêneros de abelhas avaliados e, 2) entre os diferentes testes de polinização.

Análise de dados

Os testes estatísticos foram realizados no programa R versão 3.4.1, (R Development Core Team, 2018), onde foram aplicados os testes T (Student) para verificar se houve diferença significativa entre: número de aquênios viáveis e não viáveis para cada grupo de tratamento; e teste ANOVA (Análise de Variância) para verificar diferenças significativas no nú-

mero de aquênios viáveis e no peso dos frutos entre os tratamentos. Para os dois testes foi assumido um nível de significância de 5 % ($p=0,05$). Os demais cálculos e gráficos foram realizados em planilha Excel (versão 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comportamento, recurso coletado e tempo médio de visitação de cada gênero de abelha

A partir das 7h observou-se que as flores já se apresentavam abertas à visitação pelos polinizadores. Roselino et al. (2009) observaram que as flores da variedade Camarosa iniciam a antese às 7h e murcham a partir das 17h, as flores tem duração média de 2.5 ± 0.6 dias.

Na região de estudo, as abelhas têm atividade reduzida nas primeiras horas da manhã e apresentam picos de visitação nas horas mais quentes do dia corroborando com os dados obtidos por Woitowicz (2013). O pico de forrageio varia conforme a espécie de visitante floral, de acordo com Roselino et al. (2009), na variedade Camarosa, a maior taxa de visitação de *Scaptotrigona* aff. *depilis* ocorreu entre as 13h e 14h e em *Nannotrigona testaceicornis* entre as 10h e as 12h. Calvete et al. (2010) observaram que por volta das 12h apresentou-se o maior pico de visitação para abelhas da espécie *A. mellifera* no morangueiro nas variedades Camarosa, Aromas, Diamante e Oso Grande. Inagaki et al. (2017), com o cultivar Albion, verificaram que o aumento nas taxas de visitação decorrem a partir das 9h, com pico de visitação de *A. mellifera* às 10h. Enquanto Chaves et al. (2017), com o cultivar Albion, observaram que o período com as maiores taxas dos visitantes florais mais frequentes, entre eles *A. mellifera*, *Trigona spinipes* e *Tetragonisca angustula*, ocorria a partir das 14h da tarde. Os horários de maior taxa de visitação das abelhas nas flores do morangueiro, observado no presente estudo, assim descrito para outros cultivares, coincidem com os picos de receptividade estigmáticas, entre as 11h e as 14h, verificadas na variedade San Andreas.

O tempo médio de visitação em segundos não foi significativamente diferente entre os gêneros de abelhas analisadas ($F=2,493$,

$p=0,1007$). O tempo médio de visitação de *A. mellifera* foi o menor dentre os gêneros observados sendo de 43,6 segs., para *Dialictus* spp. foi de 73,7 segs., e *Plebeia* spp. apresentou o maior tempo médio de visitação, 83,3 segs. (Figura 3). Malagodi-Braga; Kleinert (2007) em seus estudos realizados com a variedade Oso Grande verificaram que o tempo médio de *Dialictus* foi superior as demais espécies estudadas por estes, sendo elas *T. spinipes* e *A. mellifera*, havendo diferença significativa entre elas.

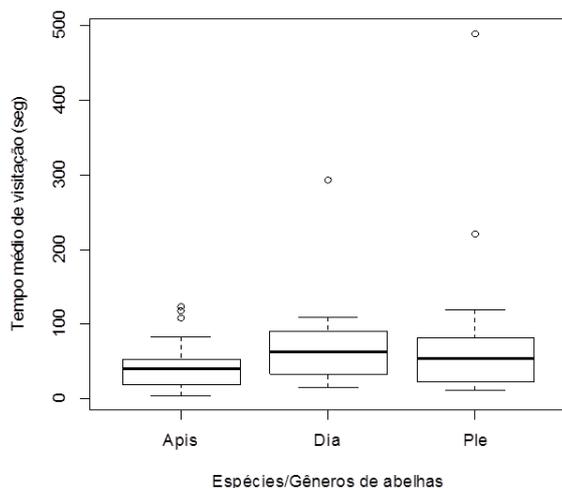


Figura 3. Comparação entre o tempo de visitação por diferentes gêneros de abelhas (Apis: *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836, Dia: *Dialictus* spp. e Ple: *Plebeia* spp.) estudadas nas culturas de *Fragaria x ananassa* Duch., variedade San Andreas, no município de Cruz Machado, Paraná, na região Sul do Brasil.

Quanto ao comportamento das abelhas nas flores, observou-se semelhança aos dados de Woitowicz (2013), que descreve o comportamento de *Plebeia* spp. e *Dialictus* spp. com movimentos circulares na base dos pistilos e junto às anteras e de *A. mellifera* que além de movimentos circulares realiza movimentos passando de um lado para o outro dos estigmas, percorrendo assim toda a flor, concentrando a visitação na parte apical do estigma. Malagodi-Braga; Kleinert (2007) também verificaram padrão semelhante ao comportamento observado para *Dialictus* e *A. mellifera*, sugerindo que ocorre a complementariedade de ambos comportamentos na polinização natural. Albano et al. (2009) atribui ao comportamento

e ao menor tamanho das abelhas nativas (Halictidae) em relação à *A. mellifera* o fato de as primeiras não contatarem a região apical, enquanto as segundas apresentam contato direto da região do tórax e do abdômen com os pistilos apicais.

O morangueiro apresenta como recurso floral tanto o pólen quanto o néctar. Nas observações realizadas, o pólen foi o recurso mais buscado pelas abelhas, sendo coletado em 74,1% das visitas de *A. mellifera*, em 84,2% das visitas de *Plebeia* spp. e em 72,2% das visitas de *Dialictus* spp. Com relação a coleta de néctar, este foi o recurso coletado em 11,1% das visitas de *A. mellifera*, *Plebeia* spp. e *Dialictus* spp. não foram observadas realizando visitas para coleta exclusiva deste recurso, porém foram observadas visitas onde os dois recursos foram coletados simultaneamente. A coleta de ambos os recursos ocorreu em 14,8% das visitas de *A. mellifera*, 15,8% das visitas de *Plebeia* spp. e em 27,8% das visitas de *Dialictus* spp. (Figura 6). Woitowicz (2013) cita que espécies de *Plebeia* spp. e *Dialictus* spp. possuem preferência pelo pólen do morangueiro, quando este apresentasse em floração em relação a outras plantas existentes ao redor dos cultivares (plantas nativas e outras culturas).

Efeitos e eficácia dos polinizadores na frutificação

Em todos os tratamentos realizados houve a formação de frutos (Figura 4), porém flores que receberam visita das abelhas *A. mellifera*, *Dialictus* spp. e *Plebeia* spp., apresentaram uma maior taxa de fecundação quando comparadas ao grupo AE, que não recebeu nenhum visitante floral. De acordo com Roselino et al. (2009) a polinização cruzada promove frutos de maior qualidade, maiores e mais pesados quando comparados aos derivados da autopolinização.

O maior percentual de frutos deformados foi encontrado no tratamento de AE, dado este que corrobora com os de Witter et al. (2012), que também obtiveram o maior percentual de frutos deformados a partir da autopolinização. Enquanto a maior taxa de fecundação foi registrada para PN, no qual diversos polinizadores tiveram acesso às flores no período em que estas se apresentavam em antese.

Este padrão, segundo Malagodi-Braga (2018) e Woitowicz (2013), pode ser associado a ocorrência de diferentes espécies de abelhas que apresentam um efeito de complementariedade na polinização dos estigmas, com distribuição do pólen por todo o receptáculo.

O efeito de complementariedade da polinização por diferentes espécies de abelhas foi descrito por alguns estudos realizados no morangueiro entre eles Chagnon et al. (1989), Barbosa (2009) e Malagodi-Braga (2018). Assim, flores completamente fertilizadas produzem morangos bem formados, com maturação precoce e com peso (massa fresca) aproximadamente proporcional ao número de pistilos (órgãos femininos) onde a fecundação ocorreu. Portanto, naturalmente, não há o crescimento da polpa do morango sem que ocorra a fecundação e esta não ocorre sem que haja a polinização (MALAGODI-

BRAGA, 2018). Sendo assim, dependendo do cultivar, em maior ou menor grau, os morangos polinizados por abelhas são mais pesados, firmes, apresentam menos deformações e uma coloração vermelha mais intensa, atingindo grades de classificação comercial elevadas e com maior vida útil comercial (tempo de prateleira) (MALAGODI-BRAGA, 2018).

Quanto ao formato dos frutos *A. mellifera* não apresentou taxa de frutos deformados, enquanto *Plebeia* spp. apresentou 10% e *Dialictus* spp. 40%. Para morangos regulares *A. mellifera* mostrou-se superior (80%), *Plebeia* spp. 60% e *Dialictus* spp. 30%, e para frutos bem formados (frutos sem deformações, adequados para o comércio *in natura*), *A. mellifera* obteve 20%, *Plebeia* spp. e *Dialictus* spp. 30% cada uma. Dos frutos polinizados por *A. mellifera* nenhum apresentou deformações na região apical, porém 80% apresentaram algum tipo

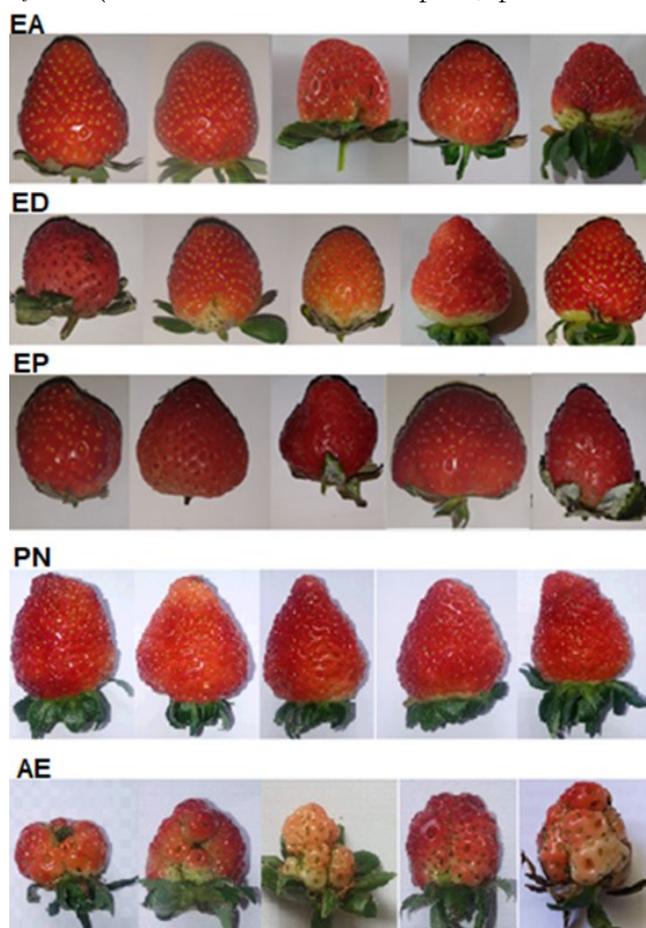


Figura 4. Amostra de frutos de *Fragaria x ananassa* Duch., variedade San Andreas, no município de Cruz Machado, Paraná, na região Sul do Brasil, resultantes dos tratamentos de polinização: Eficácia de *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (EA), Eficácia de *Dialictus* spp. (ED), Eficácia de *Plebeia* spp. (EP), Polinização Natural (PN) e Autopolinização espontânea (AE).

de deformação na base ou lateral, ou ambas as deformações no mesmo fruto. Como discutido anteriormente, o comportamento desta espécie concentra-se na região apical, fato este que pode estar relacionado a menor taxa de deformação nesta região. Enquanto *Plebeia* spp. e *Dialictus* spp., apesar de apresentaram deformações em todas as regiões do fruto, mantem-se principalmente na base dos pistilos, com maior frequência de deformação na região lateral (60% para ambas espécies). Entretanto, Malagodi-Braga; Kleinert (2007) verificaram que uma única visita de *Dialictus* resultou somente em frutos deformados, não havendo nenhum que apresentasse característica comercial *in natura*.

Estudos com a variedade Oso Grande, demonstraram que abelhas de diferentes espécies acabam polinizando diferentes regiões dos estigmas por apresentarem atividades comportamentais diferenciadas. *A. mellifera* teria maior capacidade de polinização das regiões apicais, enquanto *Dialictus* spp. ficaria restrita a uma melhor polinização das regiões basais dos pistilos (MALAGODI-BRAGA; KLEINERT, 2007). Já Albano et al. (2009) em seus estudos com a variedade Camarosa verificaram que não houve diferença significativa entre a polinização natural e a polinização por uma visita de *A. mellifera* e a polinização por uma visita de abelhas nativas (Halictidae).

Para os testes de PN obteve-se 90% dos frutos bem formados e 10% regulares, e para AE 100% dos frutos apresentaram-se deformados (Figura 6). Isso demonstra a alta dependência por polinizadores e a baixa capacidade de autopolinização da variedade San Andreas, principalmente por suas flores possuírem receptáculos bem mais altos do que as anteras, gerando assim uma separação espacial entre as duas estruturas reprodutivas (MALAGODI-BRAGA, 2018).

Com relação ao número de aquênios viáveis, a análise de variância ANOVA mostrou diferença significativa quanto aos grupos de tratamentos ($F=49,72$, $p<0,0001$). Comparando os grupos par a par, PN apresentou diferença significativa quando comparado entre AE ($p<0,0001$), EA ($p<0,0001$), ED ($p<0,0001$) e EP ($p<0,0001$). AE apresentou diferença significativa quando comparado à

EA ($p<0,0001$), ED ($p= 0,012$) e EP ($p= 0,001$). EA apresentou diferença significativa em comparação à ED ($p= 0,011$). Mostrando que a polinização natural (PN) obteve os resultados mais satisfatórios que os demais.

No grupo PN, 70% dos aquênios foram viáveis, uma média de 254,4 aquênios viáveis por fruto, enquanto que para o grupo AE foi de 11%, com média de 23,7 aquênios viáveis por fruto. Para os testes com abelhas, EA apresentou 59,5% de aquênios viáveis, e a maior média para os tratamentos com abelhas sendo 141,6 aquênios viáveis por fruto, ED obteve 53% de aquênios viáveis, com uma média de 82,4 aquênios viáveis por fruto, e EP, 58,4% com média de 94,9 aquênios viáveis por fruto (figuras 5 e 6). Para variedade San Andreas, EA obteve uma porcentagem de fecundação de aquênios inferior a dados obtidos por Malagodi-Braga (2007) para as variedades Oso Grande e Sweet Charlie, nas quais foram obtidos 77,4% e 71% de fecundação respectivamente, porém ED mostrou-se superior quando comparado aos dados da mesma autora, que obteve 46,4% para a variedade Oso Grande. Para os testes de aquênios analisados pelo teste T (Student) observou-se que em AE e para *A. mellifera* houve diferença significativa entre o número de aquênios férteis e inférteis sendo que para cada um $p < 0,0001$, para *Plebeia* spp. $p < 0,001$. Já para *Dialictus* spp. apesar da quantidade de aquênios viáveis em uma visita ter sido superior ao número de não viáveis não apresentou diferença significativa com $p = 0,224$.

De acordo com a terminologia proposta por Freitas (2013), dentre as três espécies de abelhas analisadas, atribui-se a maior eficácia na polinização das flores de *F. ananassa* variedade San Andreas à espécie *A. mellifera*, devido esta abelha ter promovido uma maior quantidade de aquênios fertilizados em apenas uma visita às flores.

Peso médio dos frutos para cada tratamento

A análise de variância ANOVA mostrou diferença significativa quando comparado o peso médio dos frutos entre todos os grupos, ($F=14,23$, $p=<0,0001$), (Figura 7). Foram observadas diferenças também entre todos os

tratamentos quando comparados com AE (PN $p=0,0001$; EA $p=0,0001$; ED $p=0,0285$ e EP $p=0,0013$), com maiores valores registrados para o grupo PN, com peso médio dos

frutos de $20,5g \pm 4,3$, e a menor para AE com média de $4,4g \pm 2,5$ por fruto. Para os testes com abelhas, EA obteve peso médio dos frutos de $19,1g \pm 7,1$, EP $14,5g \pm 3,9$ e ED

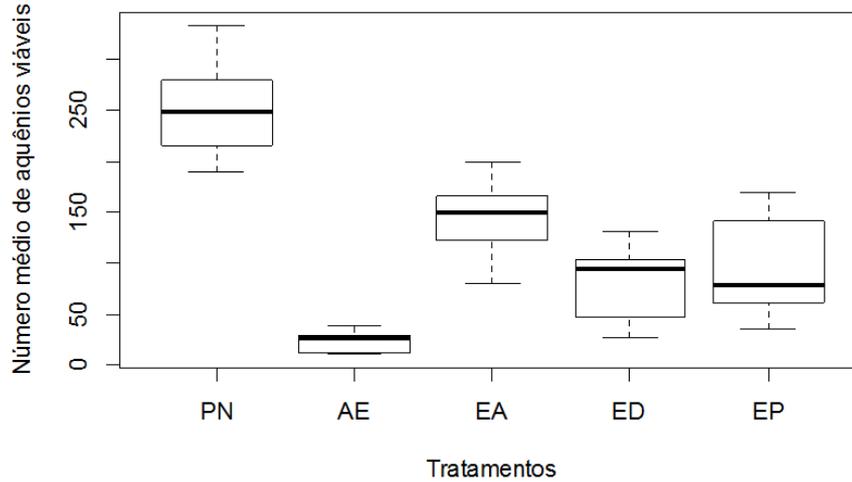


Figura 5. Média do número de aquênios viáveis de *Fragaria x ananassa* Duch., variedade San Andreas, polinizados por abelhas no município de Cruz Machado, Paraná, na região Sul do Brasil. Eficácia de *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (EA), Eficácia de *Dialictus* spp. (ED), Eficácia de *Plebeia* spp. (EP), Polinização Natural (PN) e Autopolinização espontânea (AE).

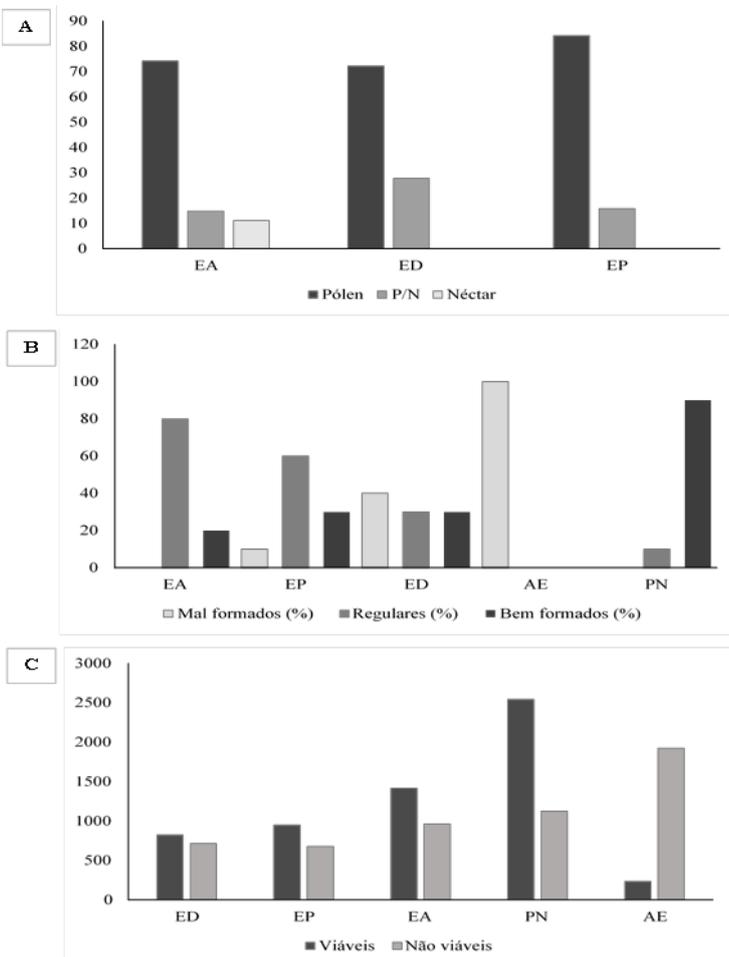


Figura 6. Variação no tipo de recurso coletado, porcentagem de frutos deformados e aquênios viáveis e não-viáveis. Em **A** - Tipo de recurso coletado em cada visita (%), **B** - percentagem (%) dos tipos de frutos formados; **C** - relação abelha/nº de aquênios viáveis e não viáveis de *Fragaria x ananassa* Duch., variedade San Andreas cultivado no município de Cruz Machado, Paraná, na região Sul do Brasil. Eficácia de *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836. (EA), Eficácia de *Plebeia* spp. (EP), Eficácia de *Dialictus* spp. (ED), Polinização Natural (PN), Autopolinização espontânea (AE), Pólen (P), Néctar (N).

11,8g±6,2 (figura 11). Houve também diferença significativa para os grupos PN e ED ($p = 0,0067$). O valor de EA é semelhante ao valor médio obtido por Malagodi-Braga (2007) em

uma visita para a variedade Oso grande (20,4g). EA apresentou diferença significativa quando comparado a ED ($p=0,0317$).

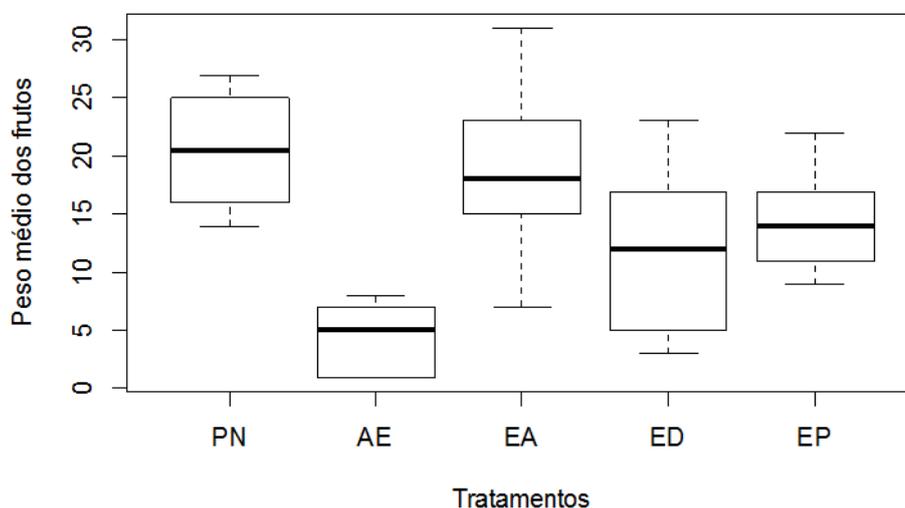


Figura 7. Peso médio dos frutos de *Fragaria × ananassa* Duch., variedade San Andreas cultivado no município de Cruz Machado, Paraná, na região Sul do Brasil, para diferentes tratamentos. Eficácia de *Apis mellifera scutellata* Lepelletier, 1836 (EA), Eficácia de *Dialictus* spp. (ED), Eficácia de *Plebeia* spp. (EP), Polinização Natural (PN), Autopolinização espontânea (AE).

O mesmo resultado foi constatado em outros estudos, como de Witter e colaboradores (2012), que obtiveram frutos com massa superior ao tratamento de autopolinização, a partir da polinização efetuada pela espécie *Plebeia nigriceps* e PN no cultivar Aromas e Diamante. Roselino et al. (2009) também constataram efeito da visitação das flores por abelhas na massa de matéria fresca dos frutos. Estudos apontam que a polinização efetuada pelas abelhas geralmente resulta em aumento na produção (Malagodi-Braga; Kleinert, 2004; Antunes et al., 2007; Roselino et al., 2009, Woitowicz, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todos os tratamentos realizados houveram a formação de frutos, entretanto as flores que receberam visitas das abelhas *A. mellifera*, *Dialictus* spp. e *Plebeia* spp., apresentaram uma maior taxa de fecundação quando comparadas ao grupo que não recebeu nenhum visitante floral. Sendo assim temos que a variedade San Andreas apresentou dependência pela polinização biótica pelas abelhas,

demonstrando um aumento significativo na fecundação de aquênios, com uma visitação realizada por estas diferentes espécies. Entre estas, *A. mellifera* mostrou-se a mais eficaz com a maior média de aquênios fecundados em apenas uma visita em relação à *Plebeia* spp. e *Dialictus* spp. porém as diferentes espécies de abelhas observadas apresentam variação e complementariedade no comportamento de visitação às flores relevante para se promover uma polinização mais uniforme da flor e consequentemente melhor desenvolvimento do fruto. Com estes resultados, sugere-se aos produtores a instalação de colmeias próximas ao plantio e a manutenção de áreas de vegetação nativa, para que assim se obtenha uma visitação abundante de diferentes espécies de abelhas às flores.

REFERÊNCIAS

ABROL, D.P.; GORKA, A.K.; ANSARI, M.J.; AL-GHAMDI, A.; AL-KAHTANI, A. Impact of insect pollinators on yield and fruit quality of strawberry. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017. <http://>

- dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.08.003
- ALBANO, S.; SALVADO, E.; DUARTE, S.; MEXIA, A.; BORGES, P. A. V. Pollination effectiveness of different strawberry floral visitors in Ribatejo, Portugal: selection of potential pollinators. Part 2. Adv. Hort. Sci. 2009. v. 23, n. 4, p. 246–253.
- ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L. de; SANTOS, A. M. dos. A cultura do morango. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128281/1/PLANTAR-Morango-ed02-2011.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2018
- BARBOSA, J. F. Ecologia da polinização de *Fragaria x ananassa* Duchesne cv 'Aromas' (Rosaceae) em sistemas de produção orgânico e convencional, sob proteção de túneis baixos, em Rancho Queimado, SC, Brasil. 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; TESSARO, F.; CECCHETTI, D.; NIENOW, A. A.; LOSS, J. T. Polinização de morangueiro por *Apis mellifera* em ambiente protegido. Rev. Bras. Frutic. 2010. v. 32, n. 1, p. 181–188.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global. DF: 2017. 124p.
- CHAGNON, M; GINGRAS, J; OLIVEIRA, D. Pollination rate of strawberries. Journal of Economic Entomology. 1989. vol.82, p.1350-1353.
- CHAVES, M. A.; INAGAKI, F. M. DE O.; HYRYCENA, N. R.; PIZZOLOTTO, G. DE J.; SEKINE, E. S. Comportamento de abelhas sociais visitantes em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duch, cv. Albion). Rev. GEOMAE. 2017, v. 8, p. 78–85.
- DAFNI, A.; PACINI, E.; NEPI, MASSIMO. Pollen and stigma biology. In: DAFNI, A.; KEVAN, P. G.; HUSBAND, B. C. Practical Pollination Biology. Enviroquest, Ltd. Cambridge, Ontario, Canada, 2005. Cap.3, p.83-142.
- FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: Freitas, B.M.; Pereira, J.O.P. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. 2004. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil.
- FREITAS, L. Concepts of pollinator performance: is a simple approach necessary to achieve a standardized terminology?. Brazilian Journal Of Botany. 2013. [s.l.], v. 36, n. 1, p.3-8.
- FREITAS, B. M.; SILVA, C. I. da. O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. Agricultura e Polinizadores. 2015. p.09-17, São Paulo.
- GALLAI, N.; SALLES, J.M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecological Economics, v. 68, n. 3, p. 810–821, 2009.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.; SARAIVA, A. M.; GONÇALVES, L. A iniciativa brasileira de polinizadores e os avanços para a compreensão do papel dos polinizadores como produtores de serviços ambientais. 2007. Biosci. J., Uberlândia, v. 23, p. 100-106.
- INAGAKI, F. M. DE O.; CHAVES, M. A.; MATOS, I. V.; SILVA, B. R. DE; SEKINE, E. S. Levantamento de abelhas polinizadoras em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duch, cv. Albion). Rev. GEOMAE. 2017. v. 8, p. 129–135.
- KLEIN, A.M., VAISSIERE, B.E., CANE, J.H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B. Biological sciences 274:303–313.
- KOPPEN, W. Grundriss der Klimakunde. Berlim: Walter de Gruyter, 1931. 390 p.
- MALAGODI-BRAGA, K. S.; KLEINERT, A. de M. P. Como o comportamento

- das abelhas na flor do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duchesne) influencia a formação dos frutos? *Bioscience Journal*. 2007. Uberlândia, v. 23, n. 1, p.76-81.
- MALOGODI-BRAGA, K. S. A polinização como fator de produção na cultura do morango. 2018. São Paulo. **Embrapa**.
- MEDINA, J. L. Análisis y evolución agronômica de las deformaciones de fruto em fresa. Posibles soluciones. In: Jornadas agrícolas y comerciales de El Monte, 20. Huelva, **Anais Huelva: Caja Rural**. 2003. p.101-115.
- MICHENER, C. D. Biogeography of the bees. **Annals of the Missouri botanical Garden**. 1979. p. 277-347.
- MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. 2 ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007.
- PEREIRA WR; SOUZA RJ; YURI JE; FERREIRA S. 2013. Produtividade de cultivares de morangueiro, submetidas a diferentes épocas de plantio. **Horticultura Brasileira** 31: 500-503.
- POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V., NGO, H.T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T.D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A, J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**. 2016. [s.l.], v. 540, n. 7632, p.220-229.
- PALHA, M. da G. **Morango: Produção de Outono com diferentes materiais de propagação vegetativa**. 4. ed. Agro. 2007. 27 p. Disponível em: <http://www.inia.vpt/fotos/gca/4_morango_producao_de_outono_com_1369130502....pdf>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; PASSOS, F. A.; SANTOS, R. R. Caracterização botânica de cultivares de morangueiro. **Bragantia**. 1996. vol.55(1): p.29-44.
- RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da Polinização**. 1. ed. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. 524 p.
- Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/268642229/Biologia-Da-Polinizacao>>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- ROSELINO, A. C.; SANTOS, S. B.; HRNCIR, M.; BEGO, L. R. Differences between the quality of strawberries (*Fragaria x ananassa*) pollinated by the stingless bees *Scaptotrigona aff. depilis* and *Nannotrigona testaceicornis*. **Genetics and Molecular Biology**. 2009. v. 8, n. 2, p. 539–545.
- SILVA, C. I. Da; ALEIXO, K. P.; NUNES-SILVA, B.; FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia Ilustrado de Abelhas Polinizadoras no Brasil**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2014. 50 p.
- THOMPSON, P. A. Environmental effects on pollination and receptacle development in strawberry. **Journal of Horticultural Science**, Ashford. 1971. v. 46, p. 1-12.
- WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B.; LISBOA, B. B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: Edipucrs, 2014. 141 p.
- WITTER, S.; RADIN, B.; LISBOA, B. B.; TEIXEIRA, J. S. G.; BLOCHTEIN, B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesq. agropec. bras.** 2012. v. 47, n. 1, p. 58–65.
- WOITOWICZ, F. C. G. **Comunidade e redes de interações de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes florais do morango (*Fragaria x ananassa* Duchene) no norte catarinense e sul paranaense**. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste e Universidade Estadual de Ponta Grossa, Guarapuava.

Recebido em: 22/04/2020.

Aceito em: 21/07/2020.