



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FRANCISCO FELIPE MONTEIRO FARIAS

**IDENTIFICAÇÃO E MANEJO DE ABELHAS NATIVAS PARA A
POLINIZAÇÃO DO MIRTILO (*Vaccinium corymbosum*) EM AMBIENTE
PROTEGIDO NAS CONDIÇÕES TROPICAIS DO NORDESTE BRASILEIRO**

FORTALEZA

2024

FRANCISCO FELIPE MONTEIRO FARIAS

IDENTIFICAÇÃO E MANEJO DE ABELHAS NATIVAS PARA A
POLINIZAÇÃO DO MIRTILO (*Vaccinium corymbosum*) EM AMBIENTE
PROTEGIDO NAS CONDIÇÕES TROPICAIS DO NORDESTE BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Zootecnia. Área de concentração: Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas

FORTALEZA
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F238i Farias, Francisco Felipe Monteiro.
Identificação e manejo de abelhas nativas para a polinização do Mirtilo (*Vaccinium corymbosum*) em ambiente protegido nas condições tropicais do Nordeste Brasileiro / Francisco Felipe Monteiro Farias. – 2024.
100 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.
1. Cultivo protegido. 2. Abelhas nativas. 3. Polinização agrícola. 4. Nordeste Brasileiro. 5. Fruticultura. I. Título.

CDD 636.08

FRANCISCO FELIPE MONTEIRO FARIAS

IDENTIFICAÇÃO E MANEJO DE ABELHAS NATIVAS PARA A
POLINIZAÇÃO DO MIRTILO (*Vaccinium corymbosum*) EM AMBIENTE
PROTEGIDO NAS CONDIÇÕES TROPICAIS DO NORDESTE BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovada em: 23/08/2024

BANCA EXAMINADORA

Dr. Breno Magalhães Freitas (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Isac Gabriel Abrahão Bomfim
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus

Meu “Avôhai”, Manoel Carlos Monteiro Dias

(In memorian)

Minhas mães, Raimunda Rodrigues da Silva e

Rita Maria Silva Monteiro

Minha inspiração, Joaquim Monteiro

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 com bolsa de mestrado para o autor.

A Bayer AG. (Alemanha) e a Universidade Federal do Ceará pelo Termo de Cooperação assinado entre as partes que viabilizou a execução dessa dissertação.

Ao Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas pela excelente orientação e apoio durante todo o curso e desenvolvimento do projeto.

Ao professor José Everton Alves, que me apontou o caminho para o universo das abelhas.

Ao senhor Ulisses Duarte e sua família, Sítio Ouro Azul, Ubajara-CE, pela confiança em disponibilizar seu plantio comercial.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Ubajara-CE, pelo apoio nas etapas de laboratório.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFC e a todos os seus servidores e funcionários, cujo empenho profissional foi essencial para a realização das atividades curriculares.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação e aos amigos e aos colegas do Grupo de Pesquisa com Abelhas (GPA), da Universidade Federal do Ceará.

Especialmente, à toda minha família que sempre me apoiou em toda a jornada da vida.

Muito obrigado!

“Ó profundidade das riquezas, tanto da sabedoria, como da ciência de Deus! Romanos 11:33”

RESUMO

O mirtilo (*Vaccinium corymbosum*) é um cultivo de clima temperado, beneficiado pela polinização por abelhas, que produz um pequeno fruto rico em antioxidantes naturais. Portanto, o presente trabalho objetivou identificar espécies de abelhas nativas brasileiras que possam ser usadas para a polinização do mirtilo sob cultivo protegido nas condições tropicais do Nordeste brasileiro. Investigou-se a biologia floral e os requerimentos de polinização da cultura, bem como a adaptação ao ambiente protegido, comportamento de forrageio e eficiência de polinização das abelhas nativas *Melipona flavolineata*, *Scaptotrigona* aff. *depilis*, *Plebeia flavocincta*, *Frieseomelitta* sp e *Xylocopa frontalis*. O experimento foi conduzido no Sítio Ouro Azul, Ubajara-CE, na safra de 2023, quando foram utilizadas 1.000 plantas da variedade Biloxi. Os requerimentos de polinização foram avaliados por meio de tratamentos de polinização livre e exclusão de visitantes florais, enquanto a viabilidade do uso das abelhas foi avaliada pela adaptação ao ambiente protegido, comportamento de forrageamento, e eficiência de polinização (taxa de vingamento, massa (g) e tempo de maturação dos frutos). Os resultados mostraram que a variedade biloxi é capaz de se autopolinizar e é autofértil para produzir frutos, porém se beneficia pela polinização cruzada manual no peso ($p < 0,05$) e menor tempo de maturação dos frutos ($p < 0,05$), bem como pela polinização por abelhas. *Melipona flavolineata* visitou as flores, mas com uma visita não demonstrou eficiência significativa ($p > 0,05$) na polinização do mirtilo apresentando o menor percentual de vingamento de frutos (88%) e não diferindo da polinização livre sem abelhas. Por outro lado, *P. flavocincta* e *X. frontalis* vingaram 96% e 100% dos frutos, produziram frutos com massa maior (11,64% e 31,74%) e maturando (62 e 66 dias) significativamente ($p < 0,05$) mais cedo que o tratamento livre sem abelhas, respectivamente. Conclui-se que a variedade biloxi cultivada em ambiente protegido e sob as condições trabalhadas, apesar de ter capacidade de autopolinização, obtém maiores índices de vingamento de frutos, significativamente mais pesados e com maturação mais precoce quando polinizada apenas pela abelha *X. frontalis*, e melhor ainda pela ação complementar das abelhas nativas *M. flavolineata*, *P. flavocincta* e *X. frontalis*.

Palavras-chave: cultivo protegido; abelhas nativas; Produção de mirtilo; *Xylocopa frontalis*; polinização agrícola; fruticultura no Nordeste do Brasil.

ABSTRACT

Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) is a temperate climate crop that benefits from bee pollination and produces a small fruit rich in natural antioxidants. Therefore, this study aimed to identify species of native Brazilian bees that can be used for pollination of blueberry under protected cultivation in the tropical conditions of Northeastern Brazil. The floral biology and pollination requirements of the crop were investigated, as well as the adaptation to the protected environment, foraging behavior and pollination efficiency of the native bees *Melipona flavolineata*, *Scaptotrigona* aff. *depilis*, *Plebeia flavocincta*, *Frieseomelitta* sp and *Xylocopa frontalis*. The experiment was conducted at Sítio Ouro Azul, Ubajara-CE, in the 2023 harvest, when 1.000 plants of the Biloxi variety were used. Pollination requirements were evaluated by means of open pollination treatments and exclusion of floral visitors, while the viability of using bees was assessed by adaptation to the protected environment, foraging behavior, and pollination efficiency (fruit set rate, mass (g) and time to fruit ripening). The results showed that the Biloxi variety is capable of self-pollinating and is self-fertile to produce fruits, but benefits from manual cross-pollination in weight ($p < 0.05$) and shorter time to fruit ripening ($p < 0.05$), as well as from pollination by bees. *Melipona flavolineata* visited the flowers, but with one visit it did not demonstrate significant efficiency ($p > 0.05$) in pollinating blueberry, presenting the lowest percentage of fruit set (88%) and not differing from open pollination without bees. On the other hand, *P. flavocincta* and *X. frontalis* set 96% and 100% of the fruits, produced fruits with greater mass (11.64% and 31.74%) and maturing (62 and 66 days) significantly ($p < 0.05$) earlier than the free treatment without bees, respectively. It is concluded that the Biloxi variety grown in a protected environment and under the conditions worked, despite having self-pollination capacity, obtains higher fruit set rates, significantly heavier and with earlier maturation when pollinated only by the bee *X. frontalis*, and even better by the complementary action of the native bees *M. flavolineata*, *P. flavocincta* and *X. frontalis*.

Keywords: protected cultivation; native bees; Blueberry production; *Xylocopa frontalis*; agricultural pollination; fruit growing in the northeast Brazil.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Localização do experimento e cultivo protegido: a. vista aérea do local da área experimental; b. vista externa da estrutura de proteção; c. vista interna do ambiente já com as plantas do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi..... 42
- Figura 2 – Aferição da abertura principal da flor de mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE: a. mensurando diâmetro para abertura principal da flor (APF); b. vista superior da flor pós retirada do bastão de mensuração da profundidade interna (PIF); c. comprimento do bastão pós retirada da flor 44
- Figura 3 – Avaliação da receptividade do estigma do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi: a. borbulhas no estigma pós deposição do peróxido de hidrogênio; b. visualização em lupa manual da intensidade da borbulha..... 45
- Figura 4 – Percentual (%) das plantas em florescimento e as médias de temperaturas mínima e máxima na área de produção do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, na safra de 2023, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE 48
- Figura 5 – Receptividade do estigma e germinabilidade polínica nos dias de antese da mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, sob cultivo protegido, em condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE 52
- Figura 6 – Médias e erros padrões das características quantitativas, qualitativas e do tempo de amadurecimento dos frutos do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi submetidos a diferentes requerimentos de

	<p>polinização, polinização livre (PL), polinização restrito com saco de papel (PRP), polinização restrito com saco de organza (PRO) e polinização manual cruzada (PMC): a. massa (g); b. sólidos solúveis totais (°Brix); c. acidez (pH); d. tempo de amadurecimento completo em dias 57</p>	
Figura 7	<p>– Colônias de diferentes espécies de abelhas posicionadas no interior do cultivo protegido de mirtilheiro (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi: a. colônias de <i>Melipona flavolineata</i>, <i>Scaptotrigona depilis</i>, <i>Plebeia flavocincta</i>, <i>Frieseomelitta</i> sp. Suporte centrais; b. caixa racional com ninhos de <i>Xylocopa frontalis</i> 65</p>	
Figura 8	<p>– Visitas iniciais das espécies de abelhas introduzidas no cultivo protegido de mirtilo: a. <i>Melipona flavolineata</i> visitando a flor do mirtilo mais abaixo e <i>Frieseomelitta</i> sp. Na flor mais ao centro; b. <i>Plebeia flavocincta</i> visitando a flor do mirtilo; c. <i>Xylocopa frontalis</i> visitando a flor do mirtilo; d. <i>Scaptotrigona depilis</i> visitando flores de plantas nativas no exterior do cultivo..... 70</p>	
Figura 9	<p>– Infestação e controle de cleptoparasitas em colônias de abelhas sem ferrão introduzidas em cultivos protegidos de mirtilheiro (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, nas condições tropicais do Nordeste brasileiro: a. colmeia de <i>Melipona flavolineata</i>, vedada com fita colante e armadilhas para cleptoparasitas na entrada; b. armadilhas com alguns indivíduos adultos de cleptoparasitas; c. pote de pólen aberto com incidência de várias larvas de cleptoparasitas..... 71</p>	
Figura 10	<p>– Temperatura (°C), umidade relativa (%) média dos horários e frequência de visitas efetivas de diferentes espécies de abelhas nativas nas flores do mirtilheiro (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro: Mf – <i>Melipona flavolineata</i>, Pf – <i>Plebeia favocincta</i>, Xf – <i>Xylocopa frontalis</i> 73</p>	

Figura 11	–	Comportamento de visita às flores do mirtilero (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, realizada pela abelha nativa sem ferrão <i>Melipona flavolineata</i> , sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro: a. estigma tocando a cabeça a cabeça da abelha; b. estigma tocando as parte ventrais; c. estigma tocando a região dorsal do tórax; d. imagem aumentada da frente da cabeça com alguns grãos de pólen; e. imagem aumentada da região ventral com grãos de pólen; f. imagem aumentada da regiões dorsal do tórax com pólen	78
Figura 12	–	Comportamento de visita às flores do mirtilero (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, realizada pela abelha nativa <i>Xylocopa frontalis</i> , sob cultivo protegido nas condições tropicais do Nordeste brasileiro: a. detalhe da abelha extendendo a probóscis para a coleta de néctar; b. espécime de <i>X. frontalis</i> coletando néctar; c. <i>X. frontalis</i> realizando vibração na flor do mirtilero; d. <i>X. frontalis</i> visitando flor de mirtilo carregando pólen nas pernas traseiras.....	80
Figura 13	–	Número de sementes em função da massa total em gramas dos frutos do mitileiro (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, polinizado por diferentes espécies de abelhas nativas, em cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Longevidade média das flores, abertura principal da flor (APF) e profundidade interna da flor (PIF) do mirtilheiro (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, sob cultivo protegido em condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE	50
Tabela 2	– Taxa de vingamento do mirtilheiro (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, nos requerimentos de polinização manual cruzada (PMC), polinização livre (PL), polinização restrita com saco de organza (PRO), polinização restrita com saco de papel (PRP), sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE	54
Tabela 3	– Duração da visita (s), número de observações (n) e recursos coletados por diferentes espécies de abelhas nativas na flor do mirtilheiro (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, sob cultivo protegido nas condições tropicais da região nordeste do Brasi	76
Tabela 4	– Eficiência de polinização de diferentes espécies de abelhas na cultura do mirtilheiro (<i>Vaccinium corymbosum</i>), variedade Biloxi, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro: Polinização livre com abelhas (LCA); Polinização manual cruzada (PMC); Polinização livre sem abelhas (PL)	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APF	Abertura principal da flor
COBLAPA	Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura
FAO	Food and Agriculture Organization
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
PIF	Profundidade interna da flor
PMC	Polinização manual cruzada
PRP	Polinização restrita com saco de papel
PL	Polinização livre
LCA	Polinização livre com abelhas
UFC	Universidade Federal do Ceará

LISTA DE SÍMBOLOS

- ® Marca Registrada
- > Maior que
- < Menor que
- % Porcentagem

SUMÁRIO

1	A IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS PARA A AGRICULTURA	22
2	USO DAS ABELHAS NA POLINIZAÇÃO DE CULTIVOS	
	PROTEGIDOS	25
2.1	Polinização em cultivos protegidos	26
2.2	Condicionamento das abelhas em culturas protegidas	27
3	ASPECTOS E CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MIRTILEIRO	
	(VACCINIUM SPP.)	31
3.1	Origem e importância econômica	31
3.2	Classificação botânica e variedades de interesse comercial	32
3.3	Biologia floral e polinização do mirtilheiro	34
3.4	Importância dos polinizadores manejáveis em cultivos de mirtilheiro.....	35
4	INTRODUÇÃO	40
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	42
5.1	Local do estudo	42
5.2.1	<i>Dimensões Florais</i>	43
5.2.2	<i>Receptividade do estigma</i>	44
5.2.3	<i>Germinabilidade Polínica</i>	45
5.3	Requerimentos de polinização.....	45
5.4	Análises de dados.....	47
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48

6.1	Biologia Floral	48
6.1.1	<i>Fenofases e biometria das flores.....</i>	48
6.1.2	<i>Receptividade do estigma e germinabilidade polínica.....</i>	51
6.2	Requerimentos de polinização.....	54
6.2.1	<i>Taxa de vingamento.....</i>	54
6.2.2	<i>Qualidade dos frutos e tempo de amadurecimento</i>	55
7	CONCLUSÕES	59
8	INTRODUÇÃO	62
9	MATERIAL E MÉTODOS.....	64
9.1	Local de estudo e cuidados culturais.....	64
9.2	Manejos das colônias de abelhas para introdução no cultivo	64
9.3	Adaptação ao ambiente protegido e forrageio nas flores do mirtilo	66
9.4	Eficiência de polinização das abelhas	66
9.5	Análise dos dados.....	67
10	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
10.1	Adaptação ao ambiente protegido e forrageio nas flores do mirtilo	68
10.1.1	<i>Frequência de visitas</i>	72
10.1.2	<i>Tempo de visita e recurso coletado</i>	75
10.2	<i>Eficiência de polinização das espécies de abelhas</i>	81
11	CONCLUSÕES	86
	REFERÊNCIAS	87

1 A IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS PARA A AGRICULTURA

A polinização, no sentido estrito da palavra, consiste na transferência do grão de pólen (estrutura que abriga as células espermáticas) dos órgãos masculinos (estames) para a parte do órgão feminino (estigma) da flor (WU *et al.*, 2022). Ela é a principal forma de reprodução das angiospermas, na qual em ambientes naturalmente equilibrado, é realizada grande parte por animais, enquanto em agrossistemas, este serviço pode ser deficiente, podendo comprometer uma produção agrícola economicamente viável (FREITAS, IMPERATRIZ-FONSECA, 2005; VIANA, 2016).

De acordo com Klein *et al.* 2007, 70% das culturas alimentares mais importante do mundo, obtém benefícios na produção devido aos insetos polinizadores. Klein *et al.* 2020, descrevem 128 culturas cultivadas no Brasil de interesse humano, nas quais 12 possuem um grau de dependência essencial por animais polinizadores (déficits de 90% ou mais na produção devido ausência de polinizadores); 36 são altamente dependentes (de 40% a quase 90% de déficits); 22 moderadamente dependentes (entre 10% e 40% de déficits); 22 com baixa dependência (mais que 0 e até 10% de déficits); para 22 culturas não existe grau de dependência de polinizadores e para 14 essa dependência é desconhecida. Dentre os animais polinizadores, 66% são abelhas, as principais responsáveis pela otimização dos cultivos agrícolas, bem como a manutenção dos ecossistemas naturais (OLLERTON *et al.*, 2011; POTTS *et al.*, 2016; BPBES, 2019).

Dada a tamanha relevância desses serviços à humanidade, o valor da polinização global foi estimado como variando de US\$ 235 a US\$ 577 bilhões por ano (IPBES, 2019; CHAIKA; LISOVYY; MINIAILO, 2021), e no Brasil o valor médio anual alcança os US\$ 12 bilhões (GIANNINI *et al.*, 2015; BPBES 2019). Apenas na região Centro-Oeste brasileiro, o valor econômico do serviço de polinização animal, em oito anos, cresceu de R\$ 4.616,23 milhões para R\$ 14.374,20 (211,38%), advindo da produção do tomate, melancia, girassol, feijão, laranja, maracujá, café e principalmente da soja (BARBOSA; NORONHA; PIACENTI, 2021). À vista disso, este serviço pode gerar impactos nos mercados agrícolas globais, nos quais culturas que dependem dos polinizadores se projetam com mais confiabilidade, ganhando competitividade, em comparação às que não dependem de polinizadores (FREITAS; BOMFIM, 2017; SILVA E SILVA; CARVALHEIRO, MERTENS, 2021).

Na agricultura, a boa relação com os polinizadores promove sucessos reprodutivos, podendo gerar não apenas ganhos quantitativos: maior número de sementes e vigamentos,

maior peso e tamanho dos frutos; como também qualitativos: aparência, sabor, melhor percentual de germinação e rendimentos de óleos das sementes; favorece o amadurecimento dos frutos, antecipa e uniformiza colheitas (MILFONT *et al.*, 2013; FREITAS; BONFIM, 2017; MUNIZ *et al.*, 2019).

O que faz as abelhas se sobressair aos demais agentes polinizadores, é sua necessidade em adquirir os recursos ofertados pelas plantas durante todo ciclo de vida. Embora a polinização seja uma ação involuntária, ela acontece com bastante frequência, dado que as visitas as flores são indispensáveis para uma efetiva coleta do néctar e pólen (CAVALCANTE *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013). Diante toda essa interação obrigatória em que propicia diversos benefícios produtivos ambientais e econômicos, existe uma busca incessante por novas espécies que possam ser desenvolvidas racionalmente em criatórios e manejadas diretamente como polinizadores das culturas agrícolas (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2003; OLIVEIRA; CAVALCANTE; FREITAS, 2015; FREITAS, NUNES-SILVA, 2015; MAGALHÃES; FREITAS, 2013; MASCENA, 2016; FREITAS; BEZERRA, 2024).

A espécie *Apis mellifera*, dentre o grupo das abelhas sociais, é a mais estudada, criada e trabalhada no mundo nos programas de polinização para reprodução e produção das plantas relevantes para agricultura (FREE, 1993; HUNG *et al.*, 2018). Torna-se bastante usada devido sua ampla ocorrência em todos os continentes, exceto na Antártica, alta capacidade reprodutiva e de visitação, hábitos alimentares generalista, biologia bastante conhecida e nidificação em caixas racionais com possibilidades de manejos direcionados para variados objetivos (NICODEMO *et al.*, 2013; FULLER *et al.*, 2015; BOMFIM, OLIVEIRA, FREITAS, 2017). Esta espécie é bastante usada comercialmente como polinizadoras introduzidas em cerca de 95 cultivos nos EUA, fornecendo um incremento de 25 bilhões de dólares anualmente, sem contar com a produção de mel que pode alcançar os 200 milhões de dólares (MORAIS *et al.*, 2012). No Brasil, *A. mellifera* é usada em larga escala principalmente nos plantios das macieiras, na região Sul do país, e no meloeiro, na região Nordeste, embora sua utilização esteja se expandindo para outras culturas recentemente (SOUSA *et al.*, 2016; ROSA *et al.*, 2018; FERNANDES *et al.*, 2020; BIZOTO; SANTOS; BOFF, 2024).

No entanto, em alguns casos, *A. mellifera* não se mostra um polinizador eficiente, por uma série de razões, desde comportamentos inapropriados de forrageamento até não adequação às morfologias florais apresentadas de determinadas plantas, por exemplo a proporção do tamanho da abelha em relação ao da flor; pouco interesse em visitar a cultura pela ausência e/ou baixa concentração de néctar; flores com necessidade do mecanismo de vibração para liberar o pólen. Desse modo, é necessário encontrar outros polinizadores que sejam mais

compatíveis com essas particularidades (COOLEY; VALLEJON-MARÍN, 2021; FERENCZI; SZÚCS; GÁTHY, 2023).

No continente europeu e em alguns países de clima temperado da América do Sul, utiliza-se em estufas várias espécies de abelhas do gênero *Bombus* para polinizar cultivares comerciais de espécies das famílias Solanaceae e Ericaceae, especialmente aquelas que possuem anteras poricidas e, conseqüentemente, dependem da agitação das mesmas para liberar os grãos de pólen (ROCHA *et al.*, 2023). Espécies de abelhas do gênero *Melipona* também apresentam potencial para a polinização desses grupos de plantas, uma vez que além de executarem o comportamento da vibração também possuem atributos favoráveis como constância floral, colônias perenes, ausência de ferrão e facilidade de manejo nos cultivos (NUNES-SILVA *et al.* 2010; VENTURIERI *et al.* 2012).

Algumas espécies de abelhas solitárias também podem ser eficazes na polinização agrícola (GUIMARÃES-BRASIL *et al.*, 2019). Por exemplo, os EUA e Canadá usam *Megachile rotundata* nos cultivos de alfafa, *Osmia lignaria* para peras, maçãs e cerejas e *Osmia lignaria propinqua* para maçãs (DELAPLANE, 2023), e *O. cornuta* e *O. rufa* nos cultivos de amoras, morangos, framboesas e damascos (FELICIOLO *et al.* 2004; HERRMANN *et al.*, 2018). *Osmia cornuta* também é utilizada em cultivos de amêndoas, maçãs e peras, na Espanha, França e Itália (MACCAGNANI *et al.*, 2007; BOSCH *et al.*, 2021). No Brasil, ainda é incomum utilização em larga escala de abelhas solitárias para a polinização dirigida das lavouras comerciais (GARÓFALO, *et al.*, 2012), embora elas sejam mais eficientes para determinadas culturas, como é o caso da relação do gênero *Xylocopa* com o maracujazeiro, no qual já existem ninhos racionais para criatórios e conhecimentos de manejo (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2003; MARTARELLO; GRUCHOWSKI-WOITOWICZ; AGOSTINI, 2021; FREITAS; BEZERRA, 2024).

Embora ainda existam poucas espécies de abelhas com possibilidade de pleno manejo técnico, o mercado para o uso na polinização agrícola é mundialmente promissor e fundamental para a produção de alimentos (GARIBALDI *et al.*, 2013; FREITAS; BEZERRA, 2024). Além do mais, existe hoje uma busca crescente por uma agricultura sustentável, por meio da tecnologia dos biológicos, uma demanda vinda de consumidores preocupados com níveis de resíduos de pesticidas nos alimentos (CIAO, 2023; OLIVEIRA *et al.*, 2023). Assim como os insetos predadores no controle de pragas, as abelhas como polinizadores, também precisam ser vistas como bioinsumos importantes nas lavouras.

A preocupação em ter uma quantidade limitada de polinizadores manejáveis se dá pelo fato de que, caso alguma doença ou inimigo natural atinja seriamente a população das

poucas espécies utilizadas, o comprometimento da polinização agrícola para aquele cultivo, região ou mesmo nação, pode ser catastrófico, como observado recentemente no caso da Disordem do Colapso das Colônias (DCC) com *A. mellifera* nos EUA (GANIE *et al.*, 2024). Além disso, o uso de espécies exóticas pode gerar desequilíbrios ecológicos irreversíveis, como hibridização com espécies nativas, disseminação de doenças e parasitas e afetar o equilíbrio da polinização das espécies vegetais nativas. Dessa forma, a espécie polinizadora mais efetiva e eficiente pode ser diferente de região para região, mesmo com potencial manejável e/ou silvestre (FREITAS, NUNES-SILVA, 2012; FREITAS; BEZERRA, 2024).

Diante do exposto, o grande desafio está no desenvolvimento de novas pesquisas que investiguem a biologia, criatórios racionais, técnicas de multiplicação em larga escala, bem como técnicas de manejo direcionados para implementação dos programas de polinização em cultivos agrícolas abertos e protegidos (FREITAS; BEZERRA, 2024).

2 USO DAS ABELHAS NA POLINIZAÇÃO DE CULTIVOS PROTEGIDOS

Os primeiros registros de cultivos trabalhados em ambiente protegidos, datam do Império Romano, quando utilizavam folhas de mica e alabastro como material de cobertura de pequenas estruturas móveis com plantio de pepino. No entanto, posteriormente com o surgimento do plástico, foram países como a Inglaterra, Holanda, França, Japão e China quem aperfeiçoaram o sistema, difundindo as estufas (WITTEWER; CASTILLA, 1995; FARIA-JUNIOR; HORA, 2018).

Trata-se de um sistema de cultivo especializado, no qual toda a área plantada é revestida por malhas de telados e/ou plásticos especiais, dessa forma permite algum controle sobre o ambiente, alterando as condições do solo, temperatura, radiação solar, vento, umidade e composição atmosférica. Por meio dessa técnica de proteção, culturas agroalimentares, obtém um ambiente controlado para melhorar a produção, a qualidade e se desenvolver em regiões cujas produções seriam inviáveis em condições estritamente naturais (MORENO *et al.*, 2011; RUIZ, 2023).

Toda essa possibilidade de criação de um microclima de fácil controle racional do uso da água, fertilizantes e demais insumos agrícolas, promove mais segurança na produtividade, crescendo a busca por novas áreas para essa forma de cultivo (ISHIKAWA; FIGUEIREDO, 2011). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a agricultura em ambiente protegido se encontra em crescente expansão,

com média anual de 5,6% nos últimos vinte anos, chegando a mais de 9 milhões de hectares, de acordo com as últimas atualizações (FAO, 2022). No Brasil, estimativas indicam que esta área evoluiu cerca de 169% no mesmo período, chegando a um total de 35.000 hectares (COBAPLA, 2022).

2.1 Polinização em cultivos protegidos

Um dos principais entraves nas casas de vegetação é a polinização insuficiente e frequentemente inadequada, pois muitas espécies de plantas possuem requerimentos de polinização especializados e o não atendimento limita seu potencial produtivo, conseqüentemente podendo não alcançarem produção em escala comercial (BOMFIM, 2013; BEZERRA, 2014; MUNIZ *et al.*, 2019). Acontece que a estrutura montada para envolver a plantação, funciona como barreira física impedindo o acesso dos polinizadores bióticos, em alguns casos, agentes abióticos, como o vento, quando o material de proteção é rigorosamente fechado. É justamente no florescimento, fase reprodutiva da planta e momento essencial para os agentes polinizadores atuarem, no qual são impedidos nesse sistema de cultivo (CRUZ *et al.*, 2005; CRUZ; CAMPOS, 2009).

Esse déficit de polinização observado nos cultivos protegidos gera uma desvantagem substancial para o sistema, uma vez que para ter sucesso reprodutivo, os óvulos, que podem ser numerosos, precisam ser fertilizados no momento certo, gerando embrião da futura semente. É, esse embrião que leva à produção dos hormônios vegetais (fitormônios) responsáveis pelo desenvolvimento do tecido do ovário ao seu redor, transformando-se no que seria o fruto, objetivo principal da produção (DELAPLANE *et al.*, 2013). Com intuito de sanar o problema, se faz necessário adotar outros métodos de transferência de pólen dos órgãos masculinos para o feminino, até mesmo aplicações de hormônios que induzem o desenvolvimento do fruto por partenocarpia, independentemente da polinização (AL-ATTAL *et al.*, 2003; FREITAS, NUNES-SILVA, 2012). No entanto, a maneira mais comum é a contratação de mão de obra para realizar a polinização manual, como muito observado em plantios de tomate (*Solanum lycopersicum*) onde manipula-se equipamentos que criam fluxo de ar, tais como sopradores, ou se usa sarrafos para vibrar os fitilhos de condução das hastes das plantas (MEYRELLES, 2013; PIRES *et al.*, 2024).

Porém, esse conjunto de práticas mecânicas e fisiológicas (hormônios), requer uma demanda maior de trabalho, onera significativamente os custos de produção, além de não garantir com frequência os melhores resultados (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2005; CRUZ;

CAMPOS, 2009; MEYRELLES, 2013). Uma alternativa que se apresenta mais viável é a introdução dos insetos polinizadores, essencialmente abelhas, espécies manejáveis, que se adaptem bem às condições de confinamento das casas de vegetação e com característica de forrageamento que atenda os requerimentos de polinização de cada cultura agrícola (FREITAS; BEZERRA, 2024).

A técnica da introdução de ninhos e manejo de abelhas polinizadoras nos cultivos protegidos é realizada a um certo tempo em diversos países. Esses ninhos, geralmente são alugados ou comprados, em seguida introduzidos nas áreas, dessa forma, é possível atingir uma produção esperada (FREITAS; IMPERATRIZ – FONSECA, 2005; VELTHUIS; VAN DOORN, 2006). Diferente do que ocorre com produtores de lavouras convencionais em áreas abertas, que se beneficiam da polinização natural realizada por polinizadores existentes dentro e no entorno dos cultivos, em ambientes protegidos apenas a introdução manejada desses polinizadores pode assegurar a polinização desejada (IMPERATRIZ-FONSECA, *et al.*, 2012).

2.2 Condicionamento das abelhas em culturas protegidas

No Brasil, 19 espécies de abelhas nativas sem ferrão foram estudadas em diferentes locais do país visando desenvolver técnicas de manejos e investigar suas adaptabilidades às casas de vegetação (PIRES *et al.*, 2023). As culturas trabalhadas foram berinjela, cenoura, melão, melancia, morango, pepino, pimenta, pimenta-doce, pimentão e tomate. Houve resultados diversos, conforme a variedade vegetal e as condições físicas e climáticas do ambiente, no entanto, todos com polinização eficiente realizada pelas abelhas. Assim como ocorre nos ambientes abertos, não existe uma única espécie de abelha adequada para diversas cultivares, pois cada espécie vegetal apresenta diferenças morfológicas que permitem interações mais eficiente com determinada espécie de abelha (BOMFIM *et al.*, 2015; DELAPLANE, 2023; PIRES *et al.*, 2024).

No contexto mais amplo, esses insetos possuem bastante dificuldade em se adaptar a ambientes fechados (FREE, 1993; SLAA *et al.*, 2006). Quando submetidas à ambiente restrito, não visitam de imediato a cultura alvo, apresentam comportamento de desorientação, com tentativas de fuga e dificuldade de retornar ao ninho. Isso naturalmente acontece nos primeiros dias, devido a mudança do ambiente. Essas abelhas acabam se chocando contra a proteção da estrutura, seguindo esse comportamento repetitivamente durante o dia inteiro, procuram brechas para sair, buscando acessar áreas mais extensas de forrageamento. Nessa

tentativa, dificilmente conseguem retornar ao ninho para recuperar as energias e traçar novas rotas na busca por alimento, que por fim resulta na morte por exaustão (BOMFIM *et al.*, 2015; MEYRELLES, 2013; BEZERRA, 2014; RAMOS, 2022).

Ao que tudo indica, esse comportamento inicial é adotado pelas abelhas adultas mais velhas, ou seja, aquelas que estão a campo coletando recursos nas flores, diversificando a origem botânica, dessa forma, mantendo a qualidade da nutrição da colônia (ROSA *et al.*, 2015; PIRES *et al.*, 2023). Durante o processo de aclimação, com a morte de várias campeiras, sessa o hábito de fuga. Isso ocorre porque novas abelhas, que antes não realizam atividades externas, irão aprender a traçar linhas de voo, agora dentro do novo ambiente para substituir as que morreram. A partir do momento que as novas campeiras se adaptam as condições empregada pelo sistema de cultivo protegido, surgem as primeiras visitas nas flores, e com o avançar dos dias, essa frequência tende a aumentar (RAMOS, 2022; PIRES *et al.*, 2024).

Além da mudança abrupta da origem do ninho, dentre os principais fatores que limitam a aclimação das abelhas nas casas de vegetação, estão a redução na faixa UV e as elevadas temperaturas (PIRES *et al.*, 2024). As abelhas, assim com a maior parte dos insetos, precisam dos raios UV da radiação solar na faixa dos 365 a 540 nm para se orientarem adequadamente. Geralmente, com o objetivo de proteger as plantas dos insetos pragas, os componentes físicos que revestem as casas de vegetação filtram essa luz UV, causando uma desorientação tanto nos insetos maléficos como nos potenciais polinizadores (NICODEMO *et al.*, 2018; SILVA-NETO *et al.*, 2018). Além disso, as temperaturas no interior dessas estruturas podem alcançar os 45 °C, superior as externas, especialmente nos meses mais quentes e nas condições tropicais. Tais fatores podem interferir negativamente nas orientações de voo, bem como na sobrevivência da colônia (BARTELLI *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2016).

Diversos fatores podem moldar o tempo e a dinâmica da adaptação dos polinizadores nos ambientes protegidos: a tecnologia do material de proteção, o genótipo das cultivares agrônômicas, o tamanho das áreas e principalmente a espécie de abelha envolvida (VAN DER BLOM, 2010; MORSE *et al.*, 2012; RAMOS, 2022; PIRES *et al.*, 2024). Segundos estudos, dentre as abelhas de fácil manejo que mais rapidamente se condicionam a ambientes de confinamentos, são as espécies do gênero *Bombus* (CORTI *et al.*, 2024; GUARDADO *et al.*, 2024; ROUBIK *et al.*, 2018). Logo nas primeiras horas, fazem voos curtos ao redor do ninho, reconhecendo a área, em seguida buscar visitar as flores e realizar a polinização. Por essa e outras características, *Bombus* e *Apis mellifera* são as abelhas mais trabalhadas nos programas de polinização de cultivos protegidos nos dias de hoje (ROUBIK *et al.*, 2018).

Com relação a *Apis mellifera*, pela facilidade de criação, utiliza-se com bastante

frequência nos cultivos protegidos. As colmeias são enclausuradas por no mínimo sete dias, até as operárias de campo apreenderem a visitarem a cultura alvo (HIGO *et al.*, 2004). Entrando, muitas abelhas podem se desgastar e morrer por estresse, por sentirem um ambiente muito limitado de recursos que possa atender toda a necessidade da colônia que é consideravelmente populosa, quando comparada à de algumas abelhas nativas sem ferrão. Sem contar com a dificuldade nos tratos culturais e na atividade de manutenção da própria colônia, já que se precisa utilizar equipamentos de proteção individual (EPI's), gerando um certo transtorno ao produtor (NICODEMO *et al.*, 2018). Para contornar, alguns estudos estão sugerindo instalar colmeias com duas entradas, uma com acesso externo e outra para o interior do cultivo (RODRIGUES *et al.*, 2021).

A adaptabilidade das abelhas nos cultivos protegidos, além de variar entre espécies diferentes, altera-se também entre diferentes colônias da mesma espécie. É o caso da espécie *Nannotrigona perilampoides*, na qual algumas colônias apresentaram visitas constantes a partir do quinto dia enquanto outras somente a partir da oitava semana de introdução na cultura do tomateiro (CAUICH *et al.*, 2004). *Melipona quadrifasciata*, por sua vez, em cultivos protegidos de tomateiros, demoraram cinco dias para iniciarem as visitas (RAMOS, 2022), mas essa mesma espécie na pimenteira (*Capsicum frutescens*) começou a visitar as flores no segundo dia dentro do cultivo (CRUZ, 2009).

Bomfim *et al.*, 2015, estudando a aclimação de outras espécies de meliponíneos introduzidas também em casas de vegetação, em cultivo de minimelancias (*Citrullus lanatus*), observou que as operárias de colônias de *Scaptotrigona* sp. iniciaram a polinização nas flores no segundo dia. Essa mesma espécie, *Scaptotrigona* sp, sendo trabalhada no meloeiro (*Cucumis melo*) em casa de vegetação, apresentou visitas mais efetivas nas flores entre o terceiro e quarto dia, retornando à colônia com pólen (BEZERRA, 2014).

Apesar dos meliponíneos demonstrarem fácil manejo e aceitação de convívio nesses ambientes fechados, nem sempre irão se condicionar a determinados sistemas fechados e forragear pontualmente certos grupos de plantas alimentares (SLAA *et al.*, 2006; PIRES *et al.*, 2023). Cruz *et al.* (2004) evidenciaram que após sete dias de confinamento as abelhas jandaíra (*Melipona subnitida*) deram início à coleta dos recursos florais do pimentão. Porém, Bomfim *et al.* (2015), relatam que *Melipona subnitida*, não se interessou pelas flores das minimelancias (*Citrullus lanatus*), e/ou não se adaptou às condições ambientais impostas pelo tipo de casa de vegetação utilizada, o que obrigou a retirada das colônias da área, pois elas já se encontravam definhando em pouco menos de duas semanas após introdução no cultivo. Com relação às espécies *Schwarziana quadripunctata* e *Scaptotrigona bipunctata*, elas não buscaram os

recursos disponíveis nas flores da cultura do morango, além de não conseguirem se adaptar às condições ambientais do cultivo protegido (MALAGODI-BRAGA, 2002)

Existem algumas estratégias desenvolvidas para acelerar o processo de adaptação e conseqüentemente, a polinização das abelhas nas culturas alvos. Métodos onde se utilizam produtos sintéticos e naturais aromáticos, na qual estimulam o sistema olfativo das campeiras, de maneira que induzem sua saída da colônia para aumentar a frequência das visitas florais (PEREIRA, 2022). Essa alternativa, consiste em adicionar, a substância palatalmente adocicada e/ou aromática, na entrada na colmeia ou ao lado da planta. Quando colocado em alimentadores, as primeiras abelhas irão pousar e em seguida recrutar outras. O atrativo então é sucessivamente afastado, percorrendo toda a casa de vegetação. Além disso, é possível incorporar a essência em algumas flores distribuídas aleatoriamente por toda casa de vegetação, para que as campeiras tenham contato com flores espalhadas em diversos pontos do cultivo (ROSELINO, 2005). Por outro lado, essas estratégias podem não ser necessárias, tendo em vista que existem espécies que logo no primeiro dia já realizam o trabalho de visita, como é o caso das *Bombus*, sem precisar de mais gastos com produtos e materiais diversos (ROUBIK *et al.*, 2018).

As abelhas do gênero *Bombus* e a espécie *A. mellifera*, utilizadas em escala comercial para polinização, iniciam os trabalhos com colônias bastante populosa, mas que é reduzido ao longo do período em que a colônia passa enclausurada na casa de vegetação (ROUBIK *et al.*, 2018; RODRIGUES *et al.*, 2021). Uma das principais causas para essa queda na população é a alimentação pobre em qualidade e quantidade disponível nesse ambiente, principalmente a alimentação protéica, pois a fonte vem de uma única origem botânica, já o energético é facilmente fornecido artificialmente. Outras causas do enfraquecimento populacional são a variação de temperatura que ocorre no interior das casas de vegetação e a própria biologia das colônias de *Bombus* cuja sobrevivência após a introdução nos ambientes protegidos é tipicamente de apenas oito a doze semanas, sendo impossível a reutilização das mesmas colônias posteriormente nos serviços de polinização (VELTHUIS; VAN DOORN, 2006; PIRES *et al.*, 2024). A colônia de *A. mellifera*, pode ser rapidamente recuperada, recebendo quadros com abelhas jovens e alimento vindo de uma outra colônia mais forte, trabalhada externamente (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Diante do exposto, por conta dos diversos fatores inerentes aos cultivos protegidos que influenciam no uso de colônias de abelhas para os serviços de polinização, além de avaliar as espécies mais apropriadas, por conta da biologia e comportamento de interação com a espécie vegetal, faz-se necessário também trabalhar o desenvolvimento em massa de colônias para atender constantemente as áreas de cultivo. Trata-se de sistema de rotação, ou seja, a

substituição de colônias para que a cultura não fique sem polinização enquanto as colônias que, possivelmente se desgaste com o tempo dentro do ambiente protegido, seja retirada para devida recuperação (FREITAS; BEZERRA, 2024; PIRES *et al.*, 2024).

3 ASPECTOS E CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MIRTILEIRO (*Vaccinium spp.*)

3.1 Origem e importância econômica

Mirtileiro é o nome comum dado à várias espécies vegetais muito similares entre si pertencentes ao gênero *Vaccinium*. São arbustos naturais de clima temperado que ofertam um pequeno fruto globoso, cor azul-escuro, revestido externamente por uma fina serosidade que o garante proteção. Têm origem nas regiões temperadas da América do Norte e Norte da Europa, onde existem registro do uso desse fruto para o consumo humano desde a pré-história. Alguns trabalhos arqueológicos escavaram potes de barro datados da Idade do Bronze, cujo conteúdo era alguns ingredientes alimentares, dentre eles, o mirtilo. Na América do Norte, devido sua ampla ocorrência na vegetação local, era bastante utilizado na culinária indígena, de modo que foi se tornando popular nos EUA, Canadá, como também em alguns países da Europa (CANTUARIAS-AVILES *et al.*, 2014; FONSECA; OLIVEIRA, 2007).

Nos dias de hoje, o mirtilo é explorado comercialmente em todos os continentes do mundo. No entanto, os países que se destacam como maiores produtores globais, em ordem decrescente são: EUA, Peru, Canadá, Chile, Espanha, México, Polônia, Marrocos, Portugal e Alemanha. Segundo dados recentes, a produção global atingiu cerca de 1.228.595,98 milhões de toneladas, sendo as Américas responsável por 79,7% desse montante (FAO, 2022).

O mirtilo é tradicionalmente apreciado na América do Norte e Europa, consumido tanto *in natura*, com na forma de geleias, sucos, tortas, iogurtes, sorvete e nas mais variadas receitas. Sua atratividade está por ser um alimento funcional, contendo altos teores de antocianina e polifenóis, antioxidante naturais que colaboram no combate e prevenção do câncer, doenças cardiovasculares, distúrbios cognitivos, baixa imunidade, distúrbio intestinal e catarata. Para atender a enorme demanda, os EUA, Canadá e Europa, mesmo também sendo grandes produtores, precisam importar o fruto de produtores do hemisfério sul (CANTUARIAS-AVILES *et al.*, 2014; HIDALGO *et al.*, 2012; ZANG *et al.*, 2021; YANG *et al.*, 2022; MARUER *et al.*, 2023).

O mirtilo é uma cultura incipiente no Brasil; foi introduzido no país em 1983 pelo

pesquisador Alverides Machado dos Santos, que trouxe uma coleção da planta para a Embrapa Clima Temperado, Pelotas, estado do Rio Grande do Sul (RS). O primeiro plantio comercial no Brasil teve início no município de Vacaria, RS (FACHINELLO *et al.*, 2011). O Brasil se demonstra como potencial produtor de mirtilo porque alguns fatores favorecem sua produção no país, como a possibilidade de produzir na entressafra dos principais produtores do hemisfério norte, a disponibilidade de climas apropriados, terras e água que podem viabilizar o cultivo do arbusto (CANTUARIAS-AVILÉS *et al.*, 2014). Além disso, essa cultura tem potencial de expansão no Brasil, desencadeada pelo interesse, que cresceu em função da demanda. Novas técnicas de produção estão agregando valor ao produto, desse modo a atividade já é conhecida por apresentar viabilidade econômica no país (RADÜNZ *et al.* 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

3.2 Classificação botânica e variedades de interesse comercial

O mirtilheiro é uma planta pertencente à família das *Ericaceae* e do gênero *Vaccinium*. O gênero *Vaccinium* abrange cerca de 450 espécies, porém nem todas são exploradas para o consumo humano. Apresentam estrato arbustivo, as variedades comerciais podem chegar de 5 cm a 6 m de altura e produz um nobre fruto do tipo baga verdadeiro, variando de 1 a 4 gramas de peso, com um ovário com 100 ou mais óvulos. Quando maduros, os frutos expõem a coloração azul escuro ou violeta escuro, com a superfície recoberta de cera (pruína), o que lhe confere uma aparência brilhosa (ANTUNES *et al.*, 2013; SCHUCH; TOMAZ, 2019).

A parte vegetativa apresenta folhas simples, arrançadas alternadamente no ramo, caducífólicas. Sua morfologia e tamanho variam de acordo com a espécie, o que é facilmente usado para diferenciá-las. A depender da espécie, as raízes são muito finas, fibrosas e com poucos pelos radiculares; adventícias, originárias de um rizoma. Contém de 8 a 16 flores por gema (dependendo da variedade), formando um racimo. Flores estas com 5 sépalas unidas (cálice), 5 pétalas fundidas (corola), 8 a 10 estames e pistilo simples (ANTUNES *et al.*, 2013; STUEPP *et al.*, 2021).

As espécies de mirtilo são divididas em alguns grupos, de acordo com o genótipo, requerimento de frio, hábito de crescimento e tipo de fruto. A espécie *Vaccinium corymbosum* (tipo Highbush, ou arbusto americano) apresenta variedades tetraplóides, auto-férteis e de excelente qualidade dos frutos, a mais recomendada entre os demais grupos, em termos de tamanho e sabor. São bastante difundidos nos pomares do sul dos EUA, como também na região Sul do Brasil, desde a introdução de cultivares com menos requerimentos de frio como a

‘O’neal’ e ‘Misty’.

Já *V. ashei* (tipo Rabbiteye, ou olho de coelho) possui variedades hexaplóides com frutos de menor tamanho e menor qualidade que os Highbush. Contudo, apresentam elevada produtividade e os frutos são mais resistentes ao manuseio e ao transporte (RASEIRA; ANTUNES, 2004; ANTUNES *et al.*, 2013). Rabbiteye é o grupo mais cultivado no Brasil devido à tolerância ao calor, seca e aos baixos requerimentos de frio, a taxa de auto-fertilidade é satisfatória, porém são encontrados apenas na região Sul do país.

O *V. angustifolium* (Lowbush) é uma espécie com material diplóides, auto-fértil, com hábito de crescimento rasteiro e produz frutos pequenos. No entanto não é adequado para as condições climáticas brasileiras, por necessitar de longas horas de frio mais intenso (RASEIRA; ANTUNES, 2004).

Pesquisas realizadas pela Universidade da Flórida desenvolveram cultivares com requerimento de frio muito baixo até médio, incluindo-as num novo grupo denominado Southern Highbush (híbridos de *V. ashei*, *V. corymbosum* e *V. darrowi*). Essas cultivares têm reprodução precoce, são mais vigorosas, alta produtividade, frutos mais resistentes aos impactos da colheita e transporte, boa coloração, tamanhos e sabor, dentre outras características. As cultivares mais conhecidas são: ‘Star’, ‘Jewel’, ‘Emerald’, ‘Southern Bell’, ‘Millenia’, ‘Primadonna’, ‘Snowchaser’, ‘Spring Wide’, ‘Spring High’ e ‘Sweet Crisp’ (ANTUNES *et al.*, 2013; ANTUNES; BACCAN, 2023).

Nas últimas décadas, em algumas localidades livres da ocorrência de geadas no Sul do Brasil, tem-se iniciado o plantio de variedades mais antigas como ‘Misty’ e ‘O’Neal’, introduzidas a partir de mudas micropropagadas, importadas do Uruguai (CANTUARIAS-AVILES *et al.*, 2014). Essas variedades apresentam menor exigência em frio hibernal, sendo destinadas à produção precoce da fruta, nos meses de outubro e novembro, visando a atingir melhores preços nos mercados externos. No entanto, essas variedades precisam de, pelo menos, 100 horas de frio hibernal para produzir e não têm boa adaptação em regiões de clima quente (CANTUARIAS-AVILES *et al.*, 2014). No ano de 2010, variedades do tipo Southern Highbush (‘Emerald’, ‘Jewel’, ‘Primadonna’ e ‘Snowchaser’) ainda desenvolvidas pela Universidade da Flórida, foram introduzidas no Brasil através da iniciativa privada, os Viveiros Sunnyridge, apresentando como principal característica a baixa exigência ao frio. Os primeiros plantios das quatro cultivares começaram em áreas do Estado de São Paulo, e nos perímetros irrigados de Petrolina-Juazeiro. Nessas regiões, as plantas têm apresentado crescimento vigoroso e um florescimento uniforme durante ano (SILVA, 2018; MEDINA *et al.*, 2018; CANTUARIAS-AVILES *et al.*, 2014).

No final da década de 90, o programa de melhoramento genético de mirtilos do Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do USDA, lançou a variedade ‘Biloxi’, com característica de baixa necessidade em frio (menos de 200 horas abaixo de 7,2 °C), herdada de *V. darrowi* Camp, o que ajudou a abrir os horizontes para expandir a cultura para regiões mais quentes do Brasil (LIMA *et al.*, 2020). Ano após ano, novas variedades estão sendo introduzidas, demandando pesquisas a respeito da adaptabilidade aos efeitos edafoclimáticos brasileiros, com novos sistemas de plantios, ajudando a difundir a cultura por localidades onde essa atividade não existia (ANTUNES; BACCAN, 2023).

3.3 Biologia floral e polinização do mirtilheiro

As flores do mirtilheiro são ditas perfeitas, ou seja, hermafroditas, contendo tantas as estruturas reprodutivas masculina e feminina na mesma flor. A corola de pétalas é fundida, assumindo cores branca ou rosa. Apresenta a estrutura feminina formada por um estigma, estilete e ovário. Possui glândulas nectaríferas interna na base da corola, que secretam pequenos volumes de néctar com 12% a 25% de açúcar. Os estames, estruturas masculinas formadas pelas anteras e filetes, são em número de oito ou dez, na qual as anteras são alongadas e com deiscência poricida para a liberação dos grãos de pólen (CANTUARIAS-AVILES *et al.*, 2014; SANTANNA; NUNES-SILVA, 2023).

Uma planta dessa espécie dispõe de numerosa quantidade de flores em inflorescências, ou cachos, localizado no terço final do ramo. As flores individuais compreendem um formato de campânula, sino ou urna voltada para baixo. A duração do florescimento massivo pode variar de 3 a 8 semanas, influenciada pela cultivar e pelas condições meteorológicas (CANTUARIAS-AVILES *et al.*, 2014; SANTANNA; NUNES-SILVA, 2023). Uma única flor para atingir o desenvolvimento, da gema até a formação de botões florais, demora em média 29 dias e da abertura da flor até sua senescência (queda das pétalas) é de 6 dias, totalizando em média 35 dias de desenvolvimento floral completo. No dia da abertura da flor, a receptividade do estigma é baixa, mas aumenta gradativamente até o terceiro dia. A partir do terceiro dia a fertilidade do estigma começa a reduzir, até que, no dia da queda ou senescência da corola, não apresenta mais receptividade do estigma. O pólen na flor se encontra altamente viável até o quarto dia da antese, declinando a partir do quinto dia em diante (SILVA, 2018; MEDINA *et al.*, 2018; ARAUJO, 2018).

Algumas variedades comerciais, exigem o mínimo de 30 a 40 horas de exposição ao frio abaixo dos 7 °C ou até mesmo o acumulado de dias consecutivos abaixo dos 18 °C e 20

°C, para estimular a produção das flores. Com objetivo de concentrar e maximizar o florescimento, dessa forma planejar a safra, bem como os tratamentos culturais, o produtor deve ficar atento ao período mais frio da região e realizar manejos de poda (ARAÚJO, 2018; SCHUCH; TOMAZ, 2019; STUEPP *et al.*, 2021).

A planta frutifica por autogamia, ou seja, autopolinização, não necessitando de cultivares polinizadoras. No entanto, a troca de pólen entre espécimes distintos, pode gerar uma heterose e garantir frutos com maior calibre (ANTUNES; BACCAN, 2023). Essa autofecundação ocorre facilmente nas flores do mirtilheiro, por conta da sua morfologia, onde as anteras estão aderidas ao longo do pistilo de comprimento superior, com abertura da flor voltada para baixo, a ação do vento ou até mesmo a gravidade podem agitar as estruturas florais e ajudarem na liberação do pólen que ao cair é depositado no estigma. Acontece, no entanto, que quase sempre o pólen cai fora da flor, ocasionando desperdícios (SANTANNA; NUNES-SILVA, 2023). Além do mais, as anteras do mirtilheiro são poricidas, e de certo modo precisam ser estimuladas por um certo nível de vibração, para uma melhor liberação dos grãos de pólen.

Outros agentes podem realizar estes serviços, não apenas de extração do pólen, mas também de levar essas células reprodutivas para flores diferentes da mesma planta ou para flores de plantas diferentes, proporcionando uma polinização cruzada mais eficiente (SANTANNA; NUNES-SILVA, 2023). Algumas estratégias são criadas pela própria planta para favorecer e atrair polinizadores vivos, como no caso a produção de néctar, principal recurso energético buscado pelas abelhas. O mirtilheiro produz essa substância açucarada (néctar), mas algumas espécies de mirtilo possuem a abertura principal da corola reduzida, o que dificulta o acesso de alguns visitantes ao buscarem recursos, comprometendo uma possível polinização biótica (PYKE, 2016; SANTANNA; NUNES-SILVA, 2023).

3.4 Importância dos polinizadores manejáveis em cultivos de mirtilheiro

O cultivo do mirtilheiro é realizado em diferentes ambientes, nos campos abertos, sob canteiros preparados direto no solo ou em vasos com substratos adequados. Algumas variedades são plantadas em casas de vegetação, com o intuito de otimizar os fatores de produção e alcançar o máximo de produção daquele cultivar (ARAÚJO, 2018; LIMA *et al.*, 2020). Boa parte da produtividade em escala comercial está relacionada com um manejo altamente tecnificado, incluindo a utilização de colônias de abelhas nas áreas, para a sua efetiva polinização. Em grandes pomares ao redor do mundo, o serviço de polinização por insetos, em especial por abelhas, responde por mais de 50% da produção total dos frutos do mirtilheiro

(SCHUCH; TOMAZ, 2019; SANTANNA; NUNES-SILVA, 2023).

As flores do mirtilheiro são atraentes para inúmeros visitantes naturais, dos mais diferentes grupos, Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Trochiliformes, entre outros. É importante salientar que, nem todo visitante floral é um polinizador efetivo, pois além não possuir mecanismos vibração, não apresentam tamanho, constância floral e comportamento adequado para garantir eficiência ao transferir o pólen para o órgão reprodutivo feminino (TIETZ; MOUGA, 2022; RAGUASE-QUADROS *et al.*, 2023).

Com relação ao transporte do pólen, as abelhas conseguem aderi-lo ao corpo, porém algumas apresentam um comportamento repetitivo de limpeza do próprio corpo após a visita à flor. Assim, todo ou grande parte do pólen aderido no seu corpo é removido e não está sempre disponível para a polinização em futuras visitas. Operárias de abelhas corbiculadas (ex. gêneros *Apis*, *Euglossa*, *Plebeia* e *Trigona*), concentram a carga polínica nessas estruturas anatômicas nos pares de pernas posteriores, sendo depositadas junto com enzimas das glândulas mandibulares que podem inativar a germinação do pólen (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016).

A autopolinização em variedades comerciais de mirtilo é quase sempre viável. Todavia, a polinização cruzada realizada por abelhas manejadas nas áreas cultivadas rende frutos maiores, uniformiza a maturação dos cachos, gera frutos mais doces, dentre outros benefícios (ARAUJO, 2018; NUNES-SILVA *et al.*, 2023). A abelha *A. mellifera*, por ser uma espécie bastante difundida nos criatórios do mundo, é uma das mais utilizadas nos programas de polinização do mirtilo. No Canadá, o uso da *A. mellifera* como polinizador introduzido nos pomares do mirtilheiro incrementa até 38% na produtividade. Além disso, quando esses polinizadores manejados são consorciados com os nativos, devido a preservação da vegetação de bordo do plantio, esses incrementos na produtividade podem chegar até 80% (NUNES-SILVA *et al.*, 2023).

Outra espécie usada nos serviços de polinização dirigida do mirtilheiro, é a *Bombus terrestris*. Essa é uma espécie endêmica de regiões de clima temperado que foi exportada para vários países, mas sua importação é proibida no Brasil. Algumas outras espécies do gênero *Bombus* ocorrem em países de clima tropical, no entanto não são domesticadas para o uso racional na polinização manejada (IPBES, 2019)

A viabilidade de alugar colônias para polinização depende do tamanho do pomar. Cultivos até 2 hectares, recomenda-se o uso de *B. terrestris*, e em escala maior, *A. mellifera*, por serem colônias com maior número de operárias. As colmeias de *A. mellifera* são introduzidas no início do florescimento, com recomendação técnica variando de 5 a 12 colmeias

por hectares, conforme estado populacional das colônias e características da variedade explorada (GRANT *et al.*, 2021; NUNES-SILVA *et al.*, 2023).

Segundo Raguase-Quadros *et al.* (2023), existe a possibilidade do uso de abelhas do gênero *Plebeia* na polinização do mirtilheiro, espécie de pequeno porte que consegue adentrar por inteiro na flor e passar bastante tempo comparada a outras espécies, tocando nas partes reprodutivas. Araújo *et al.* (2018) avaliaram a introdução de cinco espécies de meliponíneos no cultivo de quatro variedades comerciais de mirtilo: *Melipona quadrifasciata*, *Frieseomelitta varia*, *Scaptotrigona depilis*, *Tetragonisca angustula*, *Plebeia droryana*. Apenas as operárias de *F. varia*, *T. angustula* e *P. droryana*, frequentaram as flores da cultura alvo, beneficiando o vingamento e a qualidade do fruto. As espécies *M. quadrifasciata* e *Scaptotrigona depilis*, não apresentaram interesse pelas flores das diferentes variedades de mirtilo usadas no estudo.

Segundo Nunes-Silva *et al.* (2023), cinco fatores são primordiais na gestão nos programas de polinização do mirtilo usando polinizadores manejáveis: 1) optar por colônias com grande número de indivíduos adultos; 2) planejar e executar o manejo de preparação para a introdução das colmeias nas áreas agrícolas; 3) visualizar estrategicamente a localização e a distribuição das colmeias na área; 4) Cuidar da nutrição e manejo de rotina das colônias; 5) conciliar utilização de agroquímicos enquanto as abelhas estiverem no plantio, para garantir sua sobrevivência, bem como os serviços de polinização.

Quando se trata da introdução de plantas exóticas em diferentes continentes, é recomendável fazer um trabalho sistemático na procura de espécies nativas de polinizadores potenciais que ocorram naturalmente naquele ecossistema, impedindo assim desequilíbrios ecológicos (FREITAS; BEZERRA, 2024). Sendo assim, o serviço de polinização dirigida, ou seja, a introdução de polinizadores nativos manejáveis em áreas agrícolas do mirtilheiro deve ser considerada um fator de produção fundamental durante o período de florescimento, para o aumento da produtividade da área e consequente melhoria na lucratividade desta cultura (GRANT *et al.*, 2021; MARTIN *et al.*, 2022; NUNES-SILVA *et al.*, 2023).

Biologia floral e requerimentos de polinização do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, nas condições tropicais do Planalto da Ibiapaba, Ceará

RESUMO

Estudar a morfologia e biologia floral, bem como os requerimentos de polinização de uma espécie vegetal, são fundamentais para determinar sua dependência ou não de polinização, e o papel dos diversos potenciais polinizadores. Portanto, o objetivo deste trabalho foi investigar a biologia floral e os requerimentos de polinização do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), cultivados em ambiente protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro. O experimento foi conduzido em cultivo protegido entre os meses de março e setembro de 2023, no município de Ubajara-CE. Mil plantas da variedade Biloxi foram utilizadas para o estudo da biologia floral. Os botões florais que se encontravam em fase de pré- antese, desde antes do momento da abertura de suas pétalas até o seu fechamento foram monitorados. Tratamentos de polinização manual cruzada (PMC), polinização livre (PL), polinização restrita com saco de organza (PRO) e polinização restrita com saco de papel (PRP), foram realizados com o intuito de se determinar os requerimentos de polinização do genótipo. Os resultados revelaram que a variedade é autofértil, com estigma receptivo durante toda a fase de antese e o pólen viável a partir do segundo dia da abertura da flor, até sua senescência. Com relação aos requerimentos de polinização, obteve-se taxa de vingamento de frutos de 96% (PMC), 92% (PL), 79% (PRO) e 61% (PRP). Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos na massa (g), °Brix e tempo de maturação (dias) do fruto, enquanto para o pH, o único que diferiu foi o PMC. A variedade biloxi é autopolinizável e autofértil para produzir frutos, porém pode ser beneficiada pelo recebimento de gametas de plantas distintas, podendo melhorar a taxa de vingamento, massa, pH, °Brix e tempo de maturação do fruto. Os polinizadores abióticos também podem contribuir para melhorias das características físicas e químicas do fruto.

Palavras-chave: casa de vegetação, mirtilo, florescimento, qualidade dos frutos, vingamento.

Floral biology and pollination requirements of the blueberry (*Vaccinium corymbosum*), variety Biloxi in tropical conditions in the Ibiapaba mountain range, Ceará

ABSTRACT

Studying the floral morphology and phenology, as well as the pollination requirements of a plant species, are essential to determine whether or not it depends on pollination, and the role of the various potential pollinators. Therefore, the objective of this work was to investigate the floral biology and pollination requirements of blueberry (*Vaccinium corymbosum*), grown in a protected environment in the tropical conditions of northeastern Brazil. The experiment was conducted in a protected cultivation between March and September 2023, in the municipality of Ubajara-CE. One thousand plants of the Biloxi variety were used to study the floral biology; flower buds that were in the pre-anthesis phase were monitored, from before the moment of opening of their petals until their closing. Treatments of manual cross-pollination (PMC), open pollination (PL), restricted pollination with organza bag (PRO) and restricted pollination with paper bag (PRP) were carried out in order to determine the pollination requirements of the genotype. The results revealed that the cultivar is self-fertile, with receptive stigma throughout the anthesis phase and viable pollen from the second day of flower opening until its senescence. Regarding pollination requirements, a fruit set rate of 96% (PMC), 92% (PL), 79% (PRO) and 61% (PRP) was obtained. There was a significant difference ($p < 0.05$) between treatments in mass (g), °Brix and ripening time (days) of the fruit, while the only pH that differed was PMC. The Biloxi variety is self-pollinating and self-fertile to produce fruits, but it can benefit from receiving gametes from different plants, which can improve the fruit set rate, mass, pH, °Brix and ripening time. Abiotic agents can also contribute to the physical and chemical characteristics of the fruit.

Keywords: greenhouse, blueberry, flowering, fruit quality, fruit set.

4 INTRODUÇÃO

O mirtilo, também conhecido por blueberry, arándano ou uva-do-monte é um fruto ainda pouco conhecido no Brasil, porém com grande potencial produtivo. É uma planta da família das Ericaceae e integra o grupo de pequenos frutos, assim como amoras, morangos e framboesas. É apreciado por seu sabor exótico, pelo valor econômico e por suas propriedades nutraceuticas, contendo antioxidantes, e particularmente um alto conteúdo de antocianinas que são pigmentos de cor azul-púrpura (CANTUARIAS-AVILES *et al.*, 2014; GOLDMEYER, *et al.*, 2014).

Atualmente estão surgindo em vários países novas áreas com o plantio dessa espécie em virtude dos diferentes sistemas de cultivos proposto, que vão desde o plantio a céu aberto direto ao solo, em casas de vegetação ou em vasos plásticos com substratos especiais. Todas essas tecnologias, possuem o objetivo de otimizar a produtividade, aumentando a densidade de plantas por área, melhorando o controle nutricional, o combate assertivo das pragas e doenças; tornando a atividade cada vez mais rentável (PHILLIPS *et al.*, 2020; FANG *et al.*, 2022).

Outro fator de produção que contribui de modo substancial para os cultivos do mirtilo é a polinização biótica, utilizando indivíduos manejáveis, especialmente abelhas. Este grupo de insetos é eficaz no auxílio da reprodução da planta, pois quando as flores abrem, recebem constante visitas junto com grande quantidade de pólen transferido. A transferência de pólen entre variedades, favorece o vrigamento das flores e produção de frutos com maiores calibres (NUNES-SILVA *et al.*, 2023). Nos pomares abertos, essa polinização pode ser atendida por polinizadores silvestres (BUSHMANN; DRUMMOND, 2020; TIETZ; MOUGA, 2022). Entretanto, o consórcio dos polinizadores nativos com os introduzidos, pode render ótimos resultados agrônômicos para a cultura agrícola. Nas áreas plantadas em cultivos protegidos por estufas, telados e containers, os déficits de polinização são consideráveis, por serem ambientes restritos aos agentes polinizadores vivos (ARAÚJO, 2018; NUNES-SILVA *et al.*, 2023).

Além da implementação de novas tecnologias de cultivo, o desenvolvimento de nos grupos genéticos adaptáveis aos climas subtropical e tropicais, está possibilitando de expansão da cultura em várias áreas do mundo, inclusive em regiões mais quentes do Brasil (ANTUNES; BACCAN, 2023). Dados sobre a fenologia reprodutiva do mirtilo em regiões tropicais é muito relevante para elaborar estratégias de manejo de polinizadores. Essa questão se reforça ainda mais no contexto histórico de mudanças climáticas que vivemos nos últimos anos, visto que amplas variações nas condições climáticas irão determinar a biodiversidade e o sucesso nas atividades de forrageamento e visitação das abelhas nas flores das culturas alimentares

(INOUYE, 2019; VASILIEV; GREENWOOD, 2021; FREIMUTH *et al.*, 2022).

Estudar a morfologia floral, compreender as relações de dimensões das estruturas fundamentais da flor com os visitantes florais é um ponto de extrema importância para avaliar quem são os polinizadores efetivos daquela determinada planta. Realizar o levantamento de toda essa informação é relevante para saber a dinâmica de polinização do mirtilo, pois os polinizadores mais eficientes de uma variedade, pode não ser a de outra, nem os de uma região pode ocorrer naturalmente em outra (ARAÚJO, 2018; NUNES-SILVA *et al.*, 2023)

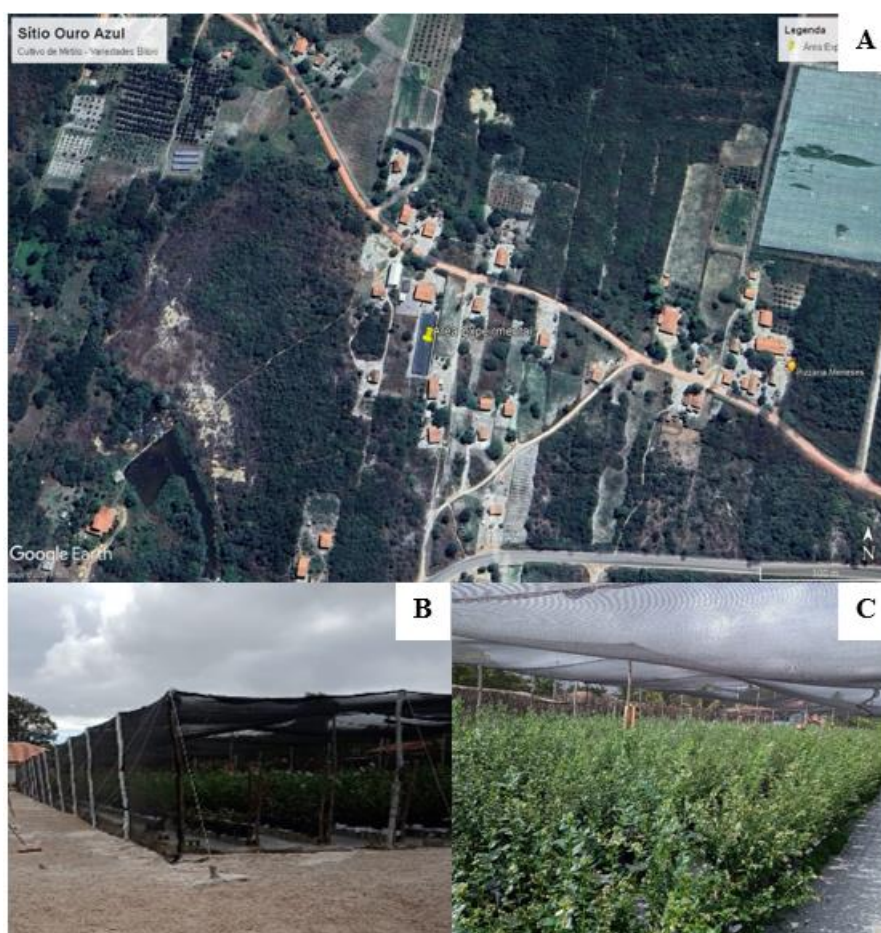
Portanto, o objetivo desse trabalho foi estudar a biologia floral e os requerimentos de polinização da variedade do mirtilo Biloxi, cultivada em ambiente protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local do estudo

O experimento foi conduzido no período de março a setembro de 2023, em casa de vegetação revestida com telado tipo sombrite 50% com malha de aproximadamente 1cm², com irrigação automatizada, e área de 750 m² (15m de largura x 50m de comprimento x 4m de altura), no Sítio Ouro Azul, na localidade Cachoeira do Boito Morto (3°52'32,97" S e 41°00'53,50" O, 771 m acima do nível do mar), município de Ubajara-CE (Figura 1). O clima característico do município é o tropical quente sub-úmido (KÖPPEN, 1918), com temperatura relativa do ar de 24°C a 26°C e pluviosidade média anual de 1.483,5 mm (IPECE, 2017).

Figura 1- Localização do experimento e cultivo protegido: a. vista aérea do local da área experimental; b. vista externa da estrutura de proteção; c. vista interna do ambiente já com a plantas do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi.



Fonte: Elaborada pelo autor/ Google Earth

Mil plantas de mirtilo da espécie *Vaccinium corymbosum* e pertencente à variedade Biloxi foram utilizadas. Biloxi é uma cultivar de domínio público, tetraploide, oriunda do sul

dos Estados Unidos, pertencente ao grupo “Southern Highbush Blueberry” (Mirtilo Gigante do Sul), desenvolvida pelo Serviço de Pesquisa Agrícola, através dos programas de melhoramento do Departamento de Agricultura dos EUA e possui baixa necessidade de horas de frio (ANTUNES; BACCAN, 2023).

As mudas foram adquiridas pelo proprietário do sítio, com aproximadamente seis meses de idade e com tamanho de 30 cm, em seguida transplantadas para vasos plásticos com capacidade de sete litros, previamente preenchidos com fibra de casca de arroz esterilizada. Os vasos foram dispostos em espaçamento de 0,8 m entre linhas e de 0,4 m entre plantas. O experimento teve início já no segundo ano de produção, com as plantas com dois anos de idade. Durante todo o cultivo, as plantas foram fertirrigadas por irrigação localizada, sendo fornecida a quantidade de água e nutrientes adequados para cada fase de desenvolvimento das plantas (LIMA, 2021).

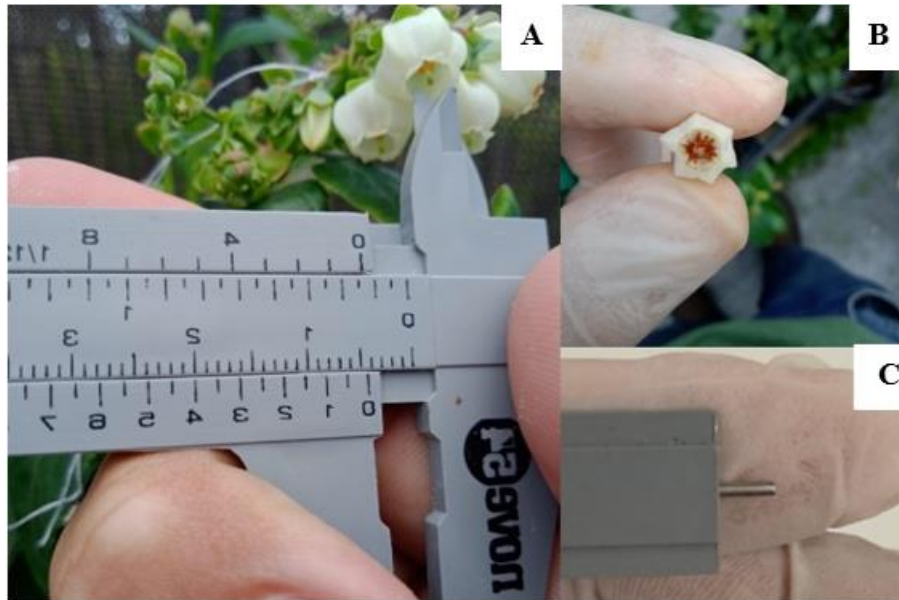
5.2 Biologia floral

Para o estudo da biologia floral foram monitorados, como observação, 50 botões florais, durante 15 dias, que se encontravam em fase de pré-antese, desde antes do momento da abertura de suas pétalas até o fechamento delas, a fim de se conhecer as características florais e o período de antese da variedade estudada.

5.2.1 Dimensões Florais

Para determinar as medidas morfológicas florais foi utilizado um paquímetro analógico NOVE54, de precisão 0,02mm ou 1/128 polegadas. Duas medidas florais foram determinadas para 100 flores diretamente a campo: Abertura principal da flor (APF), obtido a partir da média da soma dos diâmetros perpendiculares; Profundidade interna da flor (PIF), considerando o início na borda da entrada da corola até a base do pistilo (Figura 2). As aferições aconteceram de forma aleatória entre as plantas e posição da flor no cacho.

Figura 2 - Aferição da abertura principal da flor de mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE: a. mensurando diâmetro para abertura principal da flor (APF); b. vista superior da flor pós retirada do bastão de mensuração da profundidade interna (PIF); c. comprimento do bastão pós retirada da flor.

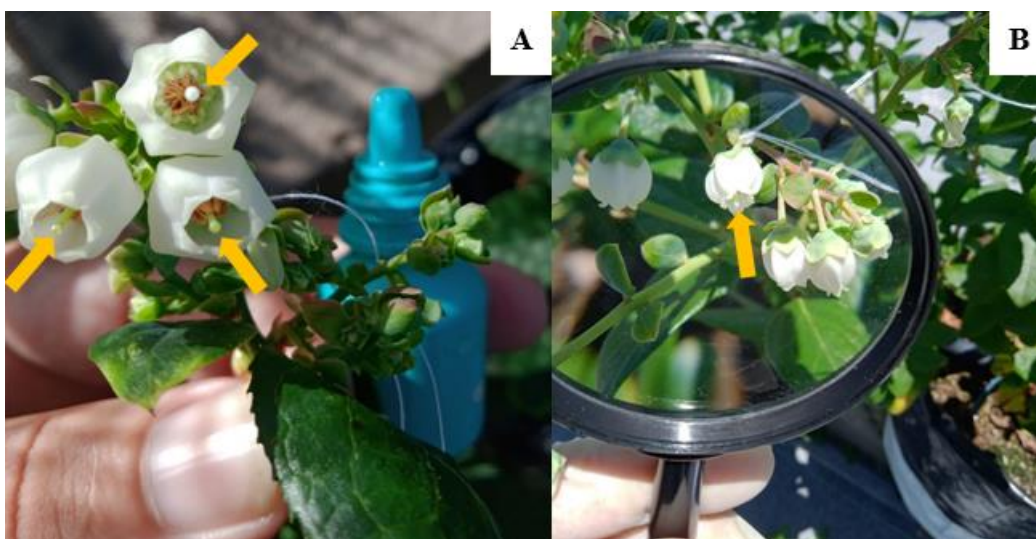


Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.2 Receptividade do estigma

Cem flores 100 flores de idade conhecidas foram escolhidas aleatoriamente e avaliadas quanto a receptividade do estigma de acordo com o protocolo proposto por Dafni, Kevane e Husband (2005). Assim, uma gota de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 6%, era depositada no estigma das flores (Figura 3) ainda na planta, logo após sua abertura repetida durante os dias de antese até sua senescência. Após esse procedimento, com ajuda de uma lupa manual foi observado a intensidade da reação enzimática (formação de bolhas no estigma) que é um indicativo de estigma receptivo. Segundo a metodologia, maior atividade da peroxidase (ou seja, número de bolhas de ar) corresponde a maior receptividade do estigma (Figura 3).

Figura 3 - Avaliação da receptividade do estigma do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi: a. borbulhas no estigma pós deposição do peróxido de hidrogênio; b. visualização em lupa manual da intensidade da borbulha.



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.3 Germinabilidade Polínica

Flores ($n = 30$) foram coletadas, a cada idade da flor em dias de antese, a partir do momento de abertura até a senescência da flor e as suas anteras colocadas, separadamente de acordo com a idade da flor, em microtubos Eppendorf®. Em seguida, com o auxílio de uma pinça, os grãos de pólen foram depositados sobre as lâminas de vidro de microscopia, posteriormente adicionado uma gota de solução de sacarose a 50%. Após 1 hora, foi realizada a contagem aleatória dos grãos de pólen germinados e não germinados, através de microscópio óptico com aumento de 40x. Grãos de pólen que apresentaram o comprimento do tubo polínico igual ou superior ao diâmetro do próprio grão foram considerados germinados (PASQUAL *et al.*, 1982). Trezentos grãos de pólen foram contados por lâmina para determinar o percentual de germinação.

5.3 Requerimentos de polinização

Com o intuito de investigar os requerimentos de polinização, quatro tratamentos de polinização foram aplicados às flores do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*).

a) Polinização manual cruzada (PMC): os botões florais, que se encontravam na

fase de pré- antese foram protegidos por sacos de organza ao final da tarde. Para a polinização manual cruzada, era desensacadas as flores a partir do segundo dia de antese, com estigma mais receptivo e logo cedo, a partir das 6:00 com a umidade ainda elevada, portando os grãos de pólen ainda não desprendiam fácil. Para tanto, as anteras das flores que recebiam o pólen eram removidas com auxílio de pinça, antes da liberação do pólen. A flor doadora de pólen era escolhida a partir do seu terceiro dia de antese e, por volta das 9:00 horas, agitavam as anteres com um pincel de cerdas nº 01 (C x L x A: 1,1 x 0,15 x 0,15cm) de uma flor de planta diferente, coletando assim o pólen e depositando no estigma da flor emasculada. Imediatamente após a polinização, essas flores foram etiquetadas e ensacadas novamente, permanecendo assim até o vingamento, impedindo a contaminação por outras fontes de pólen.

b) Polinização restrita com saco de papel (PRP): trinta cachos de flores ainda em pré-antese foram escolhidos de forma aleatória, revestidos com saco de papel com o mínimo de porosidade para a respiração da planta, e mantidos assim durante a abertura de todas as flores, até a senescência das pétalas.

c) Polinização restrita com saco de organza (PRO): similar ao tratamento anterior, sendo que a proteção das inflorescências foi realizada por saco de organza com malha 1 mm, suficiente para a passagem do vento. As flores foram revestidas na pré-antese e permaneceram protegidas até a senescência da corola.

d) Polinização livre (PL): 50 inflorescências e escolhidas aleatoriamente 107 flores marcadas na pré-antese e acompanhadas até a queda ou vingamento dos frutos sem qualquer intervenção humana. Durante esse tratamento não havia conlônias de abelhas introduzidas no plantio.

Para cada tratamento descrito acima, foram observados o percentual de vingamento e o tempo (em dias) que os frutos vingados levaram para atingir a maturação completa, ou seja, estarem no ponto ideal da colheita. Para esse controle, cada flor recebia uma plaquinha com número, amarrado com linha de costura delicadamente no pedúnculo da flor. Quando os frutos atingiram o ponto de colheita, foram levados para o Laboratório de Físico-Químico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Ubajara-CE para serem analisadas em relação suas características quantitativas e qualitativas. Os parâmetros avaliados foram massa (g), sólidos solúveis totais (°Brix) e potencial hidrogeniônico (pH). Para aferir o peso, foi usado balança digital analítica 0,0001 g – 220g; para °Brix o refratômetro digital de bancada, faixa 0-30% e precisão 0,01; e PHmetro microprocessado de bancada, faixa 0-14 e precisão 0,01.

5.4 Análises de dados

Dados referentes ao vingamento dos frutos, por possuírem caráter binomial (vingou = 1 e não vingou = 0), foram submetidos diretamente ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e os resultados comparados por meio do teste de Mann-Whitney a 5% de significância. Para realização dessa análise foi utilizado o programa estatístico SigmaPlot 15.0.

Todos os dados das variáveis referentes à qualidade dos frutos foram submetidos a testes de normalidade. Aquelas variáveis que apresentaram distribuição normal foram então submetidas à análise de variância utilizando-se o Minitab Statistical Software 22 por meio da rotina PROC GLM (Modelos Lineares Generalizados), e suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a de 5% de significância. Entretanto, quando não houve distribuição normal, mesmo após as transformações de dados, optou-se por testes não paramétricos para realização das análises estatísticas e comparação de médias, submetidos ao teste de Wilcoxon utilizando-se o SigmaPlot versão 15.0 por meio da rotina PROC NPAR1WAY, e seus resultados comparados pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância.

Adicionalmente, para auxílio na interpretação dos resultados, foram coletados dados de temperatura (°C), medida por meio de um *datalogger*, de hora em hora na parte interna da casa de vegetação.

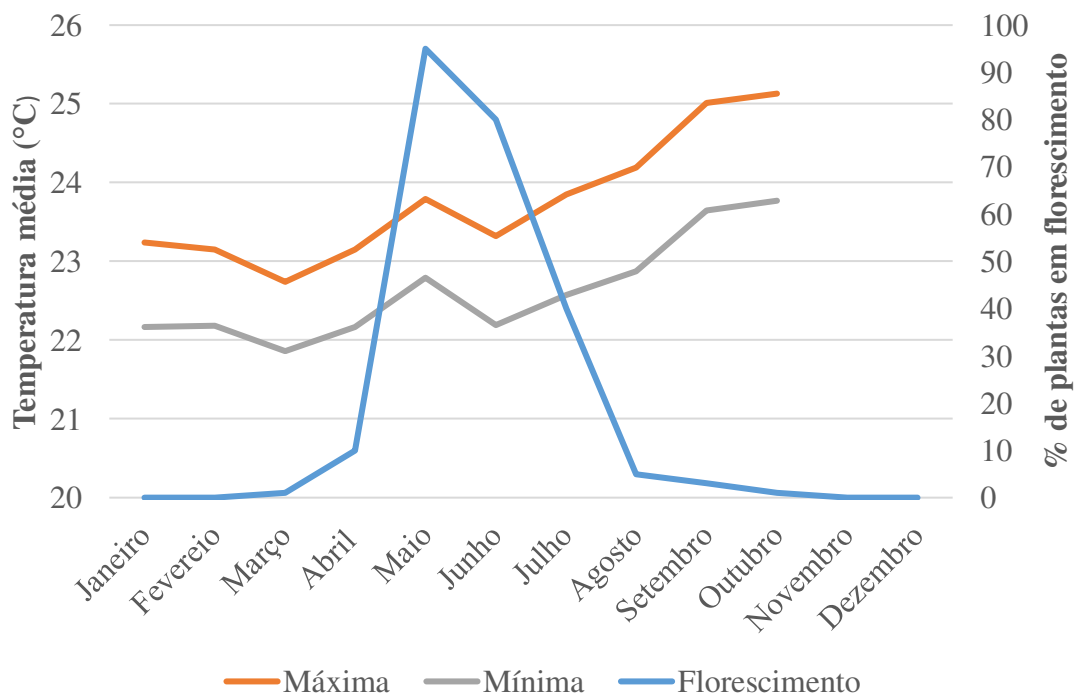
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Biologia Floral

6.1.1 Fenofases e biometria das flores

Na segunda semana de janeiro de 2023, a poda radical das plantas foi realizada. Após 50 dias, 97% das plantas reponderam bem a esse manejo e apresentaram excelente crescimento vegetativo das hastes vegetativas, com o florescimento na área de produção tendo iniciado na última semana de março com 1% das plantas floridas. Ao longo das semanas seguintes, notou-se um aumento exponencial no número de plantas florescendo, atingindo seu ápice no mês de maio e mantendo-se ainda elevado durante o mês de junho. O final de florescimento denso foi observado do mês de julho para agosto (Figura 4).

Figura 4 - Percentual (%) das plantas em florescimento e as médias de temperaturas mínima e máxima na área de produção do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, na safra de 2023, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE.



Fonte: elaborado pelo autor

A variedade avaliada neste estudo possui baixa exigência de frio, menos de 200 horas abaixo dos 7 °C, para estimular o processo de florescimento e boa adaptação ao calor e

verões úmidos (ANTUNES; BACCAN, 2023). No entanto, a região de produção de mirtilo onde o estudo foi realizado não apresenta temperaturas baixas acumuladas (abaixo de 7 °C), então o produtor estimula o florescimento por meio de manejo da poda das plantas. Neste estudo, verificou-se que a floração acontece no período determinado no acumulado de cinco dias consecutivos com temperaturas abaixo dos 19°C e 20 °C. Alguns autores consideram a “Bilox” como uma variedade de mirtilo “no-chill”, isto é, que em certas condições de clima e manejo, não necessita de horas de frio para completar o seu ciclo reprodutivo e produzir frutos (RETAMALES; HANCOCK, 2012; FALL CREEK FARM; NURSERY, 2018).

A introdução dessa cultivar no Brasil requer estudos de suas adaptações quanto aos estágios fenológicos nas diferentes regiões, onde apresentam diferentes condições de clima e solo. O fator genético, aliado às condições climáticas, interfere na formação das gemas floríferas, podendo influenciar na densidade de flores (MEDINA *et al.*, 2018). O conhecimento da dinâmica do florescimento das culturas agrícolas, é importante para o planejamento da introdução dos polinizadores manejáveis em uma fase estratégica, visando que as flores sejam encontradas e polinizadas o mais rápido possível. Além da criação de um plano de manejo que concilie adequadamente com a oferta de flores naquela área, especialmente quando se trabalha em áreas restritas, no caso de cultivos protegidos (FREITAS; BEZERRA, 2024; PIRES *et al.*, 2024).

O tempo de desenvolvimento da gema até a formação do botão floral durou cerca de 35 dias, a longevidade de uma flor aberta (antese), demorou em média 4 dias. O desenvolvimento total da flor até a senescência das pétalas, totalizou em média 39 dias (Tabela 1). O cacho produziu de 6 a 12 flores, e durante 14 dias foi possível encontrar flores abertas em um cacho, passado esse período, todas já haviam entrado na senescência. A abertura principal da flor (APF) mediu em média 5,2 mm, enquanto a profundidade interna da flor (PIF), atingiu 6,4 mm (Tabela 1).

Quando passada a pré-antese, as flores iniciaram sua abertura logo cedo da manhã, a partir das 6:00 horas. Após duas horas desse início, atingiram o estado padrão da abertura principal da flor (5,2 mm), em seguida permaneceram por cerca de 4 dias até a senescência.

Tabela 1 - Longevidade média das flores, abertura principal da flor (APF) e profundidade interna da flor (PIF) do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, sob cultivo protegido em condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE.

Parâmetros	n	Longevidade floral (dias)	Antese (dias)	APF (mm)	PIF (mm)
Média	126	35,57± 1,08	4,11± 0,46	5,2 ± 0,59	6,4 ± 0,49

Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo de florescimento funcional do mirtilheiro, a densidade de flores e a época da floração, pode mudar de acordo com a variedade e com o ambiente onde está sendo cultivado (ARAÚJO, 2018). Lima (2021), trabalhando a mesma variedade (Biloxi) nas condições tropicais do Brasil, região Centro-Oeste, observou uma duração de 37 dias da gema até o botão floral, e 10 dias da abertura da flor até a queda das pétalas 6 dias diferença deste estudo na região Nordeste.

As dimensões da abertura da flor, bem como a sua profundidade, são dados relevantes para podermos correlacionar quais visitantes florais podem ou não ter acesso efetivo aos recursos ofertados pela flor, e dessa forma tocar as partes reprodutivas. Araújo (2018), avaliando quatro genótipos distintos de mirtilo, encontrou uma variação de 3,5mm para 6,5mm da abertura da corola. Uma flor de corola bastante fechada, por exemplo, pode limitar a interação apenas com visitantes florais que apresentem estruturas bucais apropriadas para alcançar os recursos. Todavia, uma flor muito aberta pode atrair diversos visitantes, mas o processo de polinização pode não ser tornar eficiente se houver apenas coleta de recursos sem a transferência de pólen para o estigma (OLESEN *et al.*, 2007).

A abertura das pétalas observado neste estudo pode dificultar o acesso de visitantes de grande porte, a partir dos 5,5mm. No entanto essa condição, possivelmente nem sempre impede a coleta de pólen e consequente sua deposição do estigma pelos polinizadores. As anteras das flores do mirtilo são poricidas, necessitam de estímulos para liberar grande quantidade de grãos de pólen. Boa parte das abelhas de grande porte faz uso do mecanismo de vibração (“buzz pollination”), com isso ao pousar na flor do mirtilo, com posição a favor da gravidade, agita a flor e os grãos caem sobre seu corpo. Nas regiões temperadas de origem do mirtilheiro, as abelhas maiores são as que dominam os serviços de polinização dessa cultura (COOLEY; VALLEJO-MARÍN, 2021; RAGUSE-QUADROS *et al.*, 2023; ROCHA *et al.*, 2023).

Essas características particulares das variáveis nas dimensões das flores reforça a

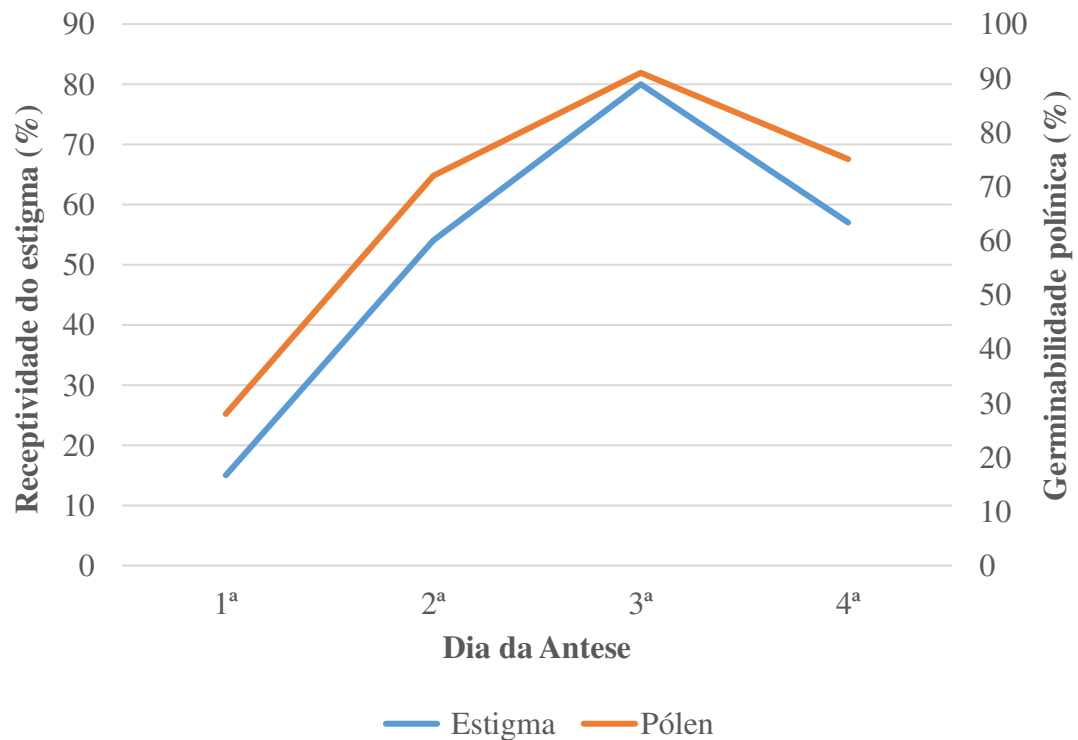
importância de buscar espécies de polinizadores manejáveis com morfologia e comportamento de visitas que possam ser também compatíveis aos tipos de flores oferecida pela planta. Além disso, outras características como a cor, aromas, volume e concentração do nectar também podem influenciar na atratividade dos polinizadores (OLIVEIRA-ROSA et al., 2020). O conhecimento do período de florescimento, bem como das estruturas principais dos órgãos reprodutivos das plantas, é fundamental para dirigir o momento de polinização de determinada cultura agrícola, seja ela realizada manualmente ou pela introdução de colônias de abelhas, tanto em condições de cultivo em campo aberto quanto em ambiente protegido (FREITAS; BEZERRA, 2024; MESQUITA-NETO *et al.*, 2021).

6.1.2 Receptividade do estigma e germinabilidade polínica

O estigma permaneceu receptivo durante toda a antese, desde a abertura da flor até o quarto dia, quando caracteriza a queda da corola e o início do vingamento dos frutos. No entanto, o primeiro dia observou-se uma baixa receptividade (caracterizada por poucas borbulhas no ápice do estigma) a qual aumentava consideravelmente a partir do segundo dia após a abertura floral. A partir do terceiro dia a receptividade começava a declinar, mas ainda com alta possibilidade de fecundação, até o dia da queda ou senescência da corola, quando não existia mais receptividade da estrutura feminina (Figura 5).

A germinabilidade polínica foi verificada desde a abertura da flor até o momento de sua senescência. Um percentual de 28% dos grãos pólen coletados no primeiro dia, emitiu tubos polínicos maiores que o diâmetro do próprio grão, sendo considerado como germinados. Já aqueles grãos coletados no segundo dia de abertura da flor, apresentaram percentual de germinabilidade de 76%, e o pico de germinabilidade foi atingido no terceiro dia com 92%. Após o quarto dia a germinabilidade reduziu um pouco, mas ainda permanecendo em 78% dos grãos de pólen analisados (Figura 5).

Figura 5 - Receptividade do estigma e germinabilidade polínica nos dias de antese da mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, sob cultivo protegido, em condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE.



Fonte: Elaborado pelo autor

Além dos fatores relacionados aos grãos de pólen, o conhecimento de detalhes sobre a receptividade do estigma pode ser fundamental, pois pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento floral (YI *et al.*, 2006) e pode limitar o sucesso da polinização. O desempenho dos grãos de pólen pode ser afetado por diversos fatores, extrínsecos ou intrínsecos, de forma variável dependendo da planta estudada. Alguns estudos demonstraram que as condições ambientais durante o desenvolvimento floral podem influenciar a fertilidade dos grãos de pólen de diferentes maneiras (GIOVANNINI *et al.*, 2017; MÜLLER *et al.*, 2016). A temperatura é o fator abiótico que mais afeta os aspectos reprodutivos das flores. Temperaturas de 30 a 40 °C tendem a encurtar algumas fases do desenvolvimento da planta, como a fase reprodutiva. Assim, a quantidade e morfologia do pólen, a deiscência das anteras e a arquitetura da parede polínica, bem como a composição química e o metabolismo do pólen podem ser influenciados por temperaturas elevadas (KOTI *et al.*, 2005).

Para uma polinização bem-sucedida, o pólen viável e compatível deve ser transferido para o estigma no momento em que ele está receptivo. Em alguns casos, o pólen é depositado antes do período receptivo; e o pólen deverá permanecer viável por um período

longo o suficiente para germinar (MOURA *et al.*, 2015). Os resultados de uma polinização bem sucedida é perceptível na taxa de vingamento, produtividade de frutos e a produção de frutos de maior peso e boa aparência comercial (KLEIN *et al.*, 2007; FREITAS; BOMFIM, 2017). Nesse sentido, é necessário que os polinizadores estejam prontamente disponíveis para a realização destes serviços, na fase oportuna de maior chance de fecundação da planta.

De acordo com Gibbs *et al.* (2016), por muito tempo as abelhas nativas realizavam adequadamente esses serviços no mirtilo nas suas regiões de origem, América do Norte, Europa e Ásia. No entanto, nos cultivos modernos, a espécie *Apis mellifera* é mais difundida para essa atividade. Outros polinizadores manejáveis utilizados são as *Bombus* spp. (CAMPBELL *et al.*, 2017). Acontece que mesmo um polinizador sendo pouco eficiente, porém sendo a única alternativa disponível para manejo, sua ineficiência pode ser parcialmente compensada pelo aumento da sua abundância nos plantios (FREITAS, 1995).

A espécie *A. mellifera*, realiza uma baixa coleta de pólen das flores do mirtilheiro, devido a características das anteras dessa planta que exige polinizadores capazes de vibrá-las para liberarem grandes quantidades de pólen. Esses visitantes são polinizadores mais eficazes e eficientes do mirtilheiro (PETTIS *et al.*, 2013). A adaptação de uma espécie vegetal em um ambiente que não é o seu de origem demanda pesquisas que elucidem sua fisiologia da reprodução, pois é muito relevante para definir estratégias de manejo de polinizadores que ocorrem naturalmente naquela região. A introdução de polinizadores manejáveis pode ser uma estratégia importante associada a melhoria de habitat em torno das áreas abertas, dessa forma promover uma melhoria de curto e longo prazo nos índices de polinização. Contudo, a partir desses pontos deve-se levar em consideração a viabilidade dessas aplicações também para cultivos fechados (ARAÚJO, 2018; NUNES-SILVA *et al.*, 2023).

6.2 Requerimentos de polinização

6.2.1 Taxa de vingamento

Todos os tipos de polinização vingaram frutos, porém com diferentes taxas de vingamentos. Quando submetido aos tratamentos de polinização livre (PL) e polinização manual cruzada (PMC), as taxas de vingamento não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), porém significativamente ($p > 0,05$) maiores que os tratamentos polinização restrito com saco de organza (PRO) e polinização restrita com saco de papel (PRP). O tratamento com polinização restrita com saco de organza (PRO) também uma taxa de vingamento significativamente ($p < 0,05$) maior que a polinização restrita com saco de papel (PRP) (Tabela 2).

Tabela 2 - Taxa de vingamento do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, nos requerimentos de polinização manual cruzada (PMC), polinização livre (PL), polinização restrita com saco de organza (PRO), polinização restrita com saco de papel (PRP), sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro, Ubajara-CE.

Tipos de Polinização	Flores (n)	Vingamento	
		Frutos	%
PMC	100	96	96a
PL	100	92	92a
PRO	100	79	79b
PRP	100	61	61c

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados mostraram altos percentuais de vingamento que levaram a produção de frutos sob todos os tratamentos. Isso sugere que o mirtilo possui a capacidade de autopolinização, e que a variedade Biloxi independe da ação de polinizadores bióticos para o vingamento e produção de frutos, mesmo quando as flores são ensacadas durante toda a antese. Além disso, os frutos não eram deformados, porém de calibres diversos, indicando que, o estigma pode ter recebido uma quantidade de pólen suficiente para vigar o fruto, porém não para elevar tamanho e melhorar a uniformização deles. A flor dessa variedade, nas condições ambientais estudadas, possui a capacidade de se autopolinizar e é autocompatível.

Quando analisado a discrepância de vingamentos do tratamento PRP (61%) para o

PL (92%), podemos perceber que os agentes abióticos, a exemplo do vento, podem contribuir substancialmente para a polinização dessa cultivar, tendo em vista que as flores da PRP tinham praticamente duas barreiras físicas, o papel e o telado de proteção que cobria toda área de produção. Isso fica mais evidente no tratamento PRO (79%), que devido a malha mais livre, quando comparado com o papel, do saco de orgaza, recebia moderadamente ação do vento. A maioria das cultivares de mirtilo estão sujeitas a autopolinização para vingar os frutos, no entanto, a possibilidade da polinização cruzada favorece não só o vingamento como também o aumento na massa do fruto, pois recebe carga genética diferente (ARAÚJO, 2018; ANTUNES; BACCAN, 2023), esse fato, também pode ser observado nos resultados deste estudo (PMC – 96%).

Diversos autores recomendam a polinização manual cruzada para algumas frutíferas, pois já evidenciaram excelentes resultados agrônômicos (MENEZES *et al.*, 2015; JEUSU; ROSA, 2017; FIDALGO *et al.*, 2019). Todavia, é importante realizar uma avaliação se a quantidade de frutos fornecida a mais por esse sistema de polinização, até mesmo para os resultados visto neste trabalho (4% a mais), torna-se viável economicamente, tendo em vista também a particularidade da escala do sistema de produção e as demais variáveis expostas. Pode ser que os custos com equipamentos e mão de obra envolvidos não justifique, dessa forma é importante buscar alternativas para tal procedimento.

6.2.2 Qualidade dos frutos e tempo de amadurecimento

De todo modo, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre todos os tratamentos de polinização para variável massa (Figura 6). O requerimento de polinização manual cruzada (PMC) produziu frutos com massa (1,3316g) significativamente superior aos demais tratamentos. O tratamento polinização livre (PL), maturou frutos significativamente menor em massa (1,1737g) que o PMC, porém maiores que os da polinização restrita com saco de organza (PRO) e saco de papel (PRP), com 0,8846g e 0,7353g, respectivamente. Adiante, o tratamento polinização restrito com saco de papel (PRP), foi o tratamento que produziu frutos significativamente inferiores em massa (g) do que os demais tratamentos, PMC, PL e PRO (Figura 6 – a).

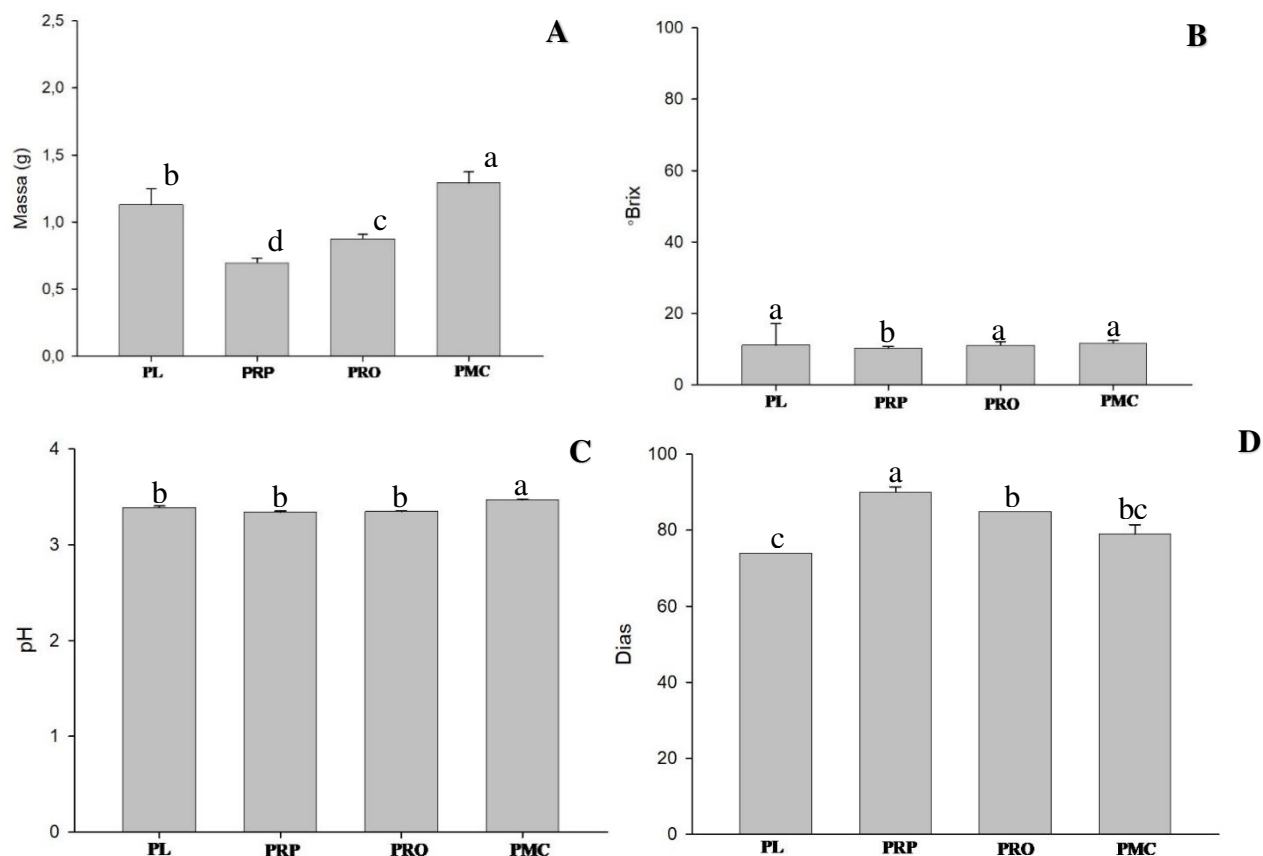
No que diz respeito aos parâmetros qualitativos, a polinização restrita com saco de papel (PRP), foi o único tratamento que apresentou um teor de solúveis totais (10,09 °Brix), significativamente inferior ($p < 0,05$), quando comparado com a polinização manual cruzado (PMC), polinização livre (PL), polinização restrito com saco de organza (PRO), 11,88 °Brix, 11,73

°Brix, e 11,49 °Brix, respectivamente. Os tratamentos PMC, PL e PRO não diferiram entre si para o teor de sólidos solúveis totais (°Brix). Enquanto para a acidez, dimensionada pelo pH, o tratamento polinização manual cruzada (PMC), gerou frutos significativamente ($p < 0,05$) menos ácidos quando comparados com os outros tratamentos, PL, PRP e PRO. Os tratamentos PL, PRP e PRO, apresentaram escala de acidez que não diferiram estatisticamente mutuamente entre eles.

Em relação ao tempo de maturação completa dos frutos (ponto de colheita), a estatística confirmou que os frutos do tratamento de polinização restrita com saco de papel (PRP), levou significativamente ($p < 0,05$) mais tempo em dias (90) que os tratamentos PMC (80), PL (74), e PRO (84) para alcançarem o ponto de colheita. Os frutos do tratamento polinização livre (PL), foram os que precisaram de menos tempo (74 dias) para maturação, no entanto não diferiram do tratamento polinização manual cruzada (PMC). O tempo de maturação do tratamento polinização restrita com saco de organza (PRO), exigiu mais dias ($p < 0,05$) que os tratamentos PL e PMC, porém ainda foi inferior ao PRP.

O aumento no tamanho dos frutos vingados, é um dos principais resultados apresentados por um processo de polinização bem sucedida (KLEIN *et al.* 2020). Meyrelles (2013), relata quanto maior o tamanho do fruto, maior a carga de pólen depositada no ato da polinização, essencialmente para frutos com grande número de óvulos no ovário (MUNIZ *et al.*, 2019). Os resultados de frutos de maior massa (11,85%) apresentados pela polinização manual cruzada (PMC), superior aos demais tratamentos, corroboram com os resultados de Araújo (2018), que encontrou um incremento variando de 7,7% a 12,12% no peso dos frutos na polinização cruzada, variando também com o genótipo avaliado. Esse resultado se baseia no fato de que a origem do pólen saindo de variedade e até mesmo espécimes diferentes, contribui para o vigor híbrido, consequente para uma melhor produção dos frutos.

Figura 6 - Médias e erros padrões das características quantitativas, qualitativas e do tempo de amadurecimento dos frutos do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi submetidos a diferentes requerimentos de polinização, polinização livre (PL), polinização restrito com saco de papel (PRP), polinização restrito com saco de organza (PRO) e polinização manual cruzada (PMC): a. massa (g); b. sólidos solúveis totais (°Brix); c. acidez (pH); d. tempo de amadurecimento completo em dias.



Fonte: Gerado por *SigmaPlot 15.0*

Os sólidos solúveis totais (SST) e a acidez (pH) são importantes atributos na determinação do sabor do fruto (RANDUZ *et al.*, 2014). Os tratamentos aplicados neste experimento, deram origem a frutos com teores de SST semelhantes, variando de 11,49% °Brix para 11,87 °Brix, com exceção para os frutos no qual as flores estavam isoladas com mais restrição (PRP), este proporcionou frutos significativamente ($p > 0,05$) menos doce, 10,09 °Brix. Antunes *et al.* (2008) investigando cultivares diferentes também não obteve médias acima de 12,97 °Brix.

Em nosso estudo, os frutos que apresentaram menor acidez titulável total (3,79 pH), foram justamente os frutos de maior °Brix (11,87), tratamento PMC. Apesar disso, os outros tratamentos apresentaram pH bastante parecido, entre 3,35 e 3,39. Durante a maturação dos frutos, uma das principais modificações em suas características é o acúmulo de açúcares,

que ocorre simultaneamente com a redução da acidez (GOLDMEYER *et al.*, 2014). O pericarpo é resultante do desenvolvimento das paredes do ovário do fruto, e compõe-se de três camadas: epicarpo (camada mais externa), mesocarpo (camada intermediária) e endocarpo (camada mais interna). Em geral o mesocarpo é a parte do fruto que mais se desenvolve, sintetizando e acumulando substâncias nutritivas, principalmente açúcares (MEYRELLES, 2013; DELAPLANE, 2023). O mirtilo é classificado, de acordo com o pericarpo, como fruto carnoso, que são aqueles nos quais a parede do ovário aumenta em espessura após a polinização e subsequente fertilização, tipo baga, pois apresentam um pericarpo suculento que se origina de ovários multicarpelares com diversas sementes (ANTUNES *et al.*, 2013; CANTUARIAS-AVILÉS *et al.*, 2014).

O ponto ideal para colher o fruto do mirtilo é determinado por sua aparência externa, quando adquire coloração azulada e revestimento da serosidade (ANTUNES *et al.*, 2013; CANTUARIAS-AVILÉS *et al.*, 2014). Com relação ao tempo de maturação, frutos vingados da polinização livre (PL), apresentaram menor tempo médio para maturação completa, por volta dos 75 dias. Lima (2021), trabalhando com a mesma variedade deste estudo, em condições de cerrado brasileiro, sob polinização espontânea, observou que do vingamento até o ponto de colheita, espera-se aproximadamente 80 dias, e para o cacho inteiro atingir 75% de maturação, em média 137 dias. A polinização restrita com papel (PRP) foi a que levou em média mais tempo para amadurecer os frutos, 90 dias. A polinização manual cruzada (PMC) demorou em média 79 dias, sem diferir ($p > 0,05$) da PL e da polinização restrita com saco de organza (PRO) com 84 dias.

7 CONCLUSÕES

Uma flor do mirtilheiro da variedade Biloxi, nas condições trabalhada neste estudo, permanece quatro dias em antese.

A receptividade do estigma é baixa no início da antese, aumentando progressivamente até atingir seu pico no segundo dia e declinando a partir do terceiro dia até a senescência da corola no quarto dia, quando não é mais receptivo.

A viabilidade polínica também é baixa no início da antese, aumentando gradativamente até atingir seu pico (92%) no terceiro quando começa a regeidir, mas ainda mantendo alta viabilidade no quarto dia.

A variedade Biloxi é autopolinizável e autofértil para produzir frutos, e fatores abióticos como a ação da gravidade sozinha (61%) ou associada ao vento (79%) promovem taxas de vingamento abaixo do potencial da cultura.

Os fatores abióticos em conjunto com a ação de polinizadores bióticos são capazes de elevar as taxas de vingamento ao potencial produtivo da cultura, especialmente quando favorecerem a polinização cruzada (96%).

Os diferentes tipos de polinização, impactam também na massa do fruto em gramas, acidez, sólidos solúveis totais e tempo de maturação, sendo aqueles resultantes da polinização biótica e cruzada aqueles com melhores resultados.

A variedade Biloxi é promissora para cultivo em ambiente protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro, além do mais se os mecanismos de polinização cruzada forem desenvolvidos adequadamente.

Adaptação, forrageamento e eficiência de polinização de abelhas nativas em cultivo protegido do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*) em condições tropicais do nordeste brasileiro

RESUMO

O cultivo de espécies vegetais em ambiente protegido exige a identificação de polinizadores manejáveis que se adaptem bem às condições de confinamento em casas de vegetação e estufas, e sejam eficientes na polinização das flores. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de cinco espécies de abelhas nativas brasileiras que ocorrem naturalmente na região nordeste: *Melipona flavolineata*, *Scaptotrigona depilis*, *Plebeia flavocincta*, *Frieseomelitta* sp. e *Xylocopa frontalis*, como polinizadoras do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*) sob cultivo protegido. A viabilidade do uso dessas abelhas foi avaliada tendo como base seu comportamento de adaptação e forrageamento, e eficiência de polinização em cultivo protegido. A abelha *S. depilis* não mostrou interesse pela cultura diante das condições experimentais, e *Frieseomelitta* sp. não realizou visitas constantes e efetivas às flores. Por outro lado, as espécies *M. flavolineata*, *P. flavocincta* e *X. frontalis* se adaptaram bem ao confinamento, coletando recursos florais e apresentando comportamento de polinizadores efetivos. As três espécies visitaram as flores em horários diferentes do dia, apresentando comportamento de complementaridade, mas apenas *X. frontalis* vibrava as flores e *M. flavolineata* não se mostrou eficiente na polinização do mirtilheiro em apenas uma visita a cada flor. Como consequência, a quantidade e qualidade dos frutos resultantes da polinização realizada isoladamente por cada espécie abelha diferiu significativamente ($p < 0,05$) expressando uma diferença na eficiência de polinização ($M. flavolineata < P. flavocincta < Xylocopa frontalis$), mas os melhores resultados foram obtidos quando as três espécies puderam forragear as flores simultaneamente. Concluiu-se que *S. depilis* e *Frieseomelitta* sp. não são recomendadas para polinizar essa cultura, mas as espécies *M. flavolineata*, *P. flavocincta* e *Xylocopa frontalis* se mostraram capazes de adaptação ao ambiente protegido e eficientes polinizadores, sendo recomendadas para a polinização comercial do mirtilheiro sob cultivo protegido na região tropical do nordeste brasileiro.

Palavras-chave: cultivo protegido, *Vaccinium corymbosum*, meliponíneos, qualidade de frutos, *Xylocopa frontalis*.

Adaptation, foraging and pollination efficiency of native bees in protected cultivation of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) in tropical conditions of northeastern Brazil

ABSTRACT

The cultivation of plant species in protected environments requires the identification of manageable pollinators that adapt well to the conditions of confinement in greenhouses and are efficient in pollinating the flowers. Thus, the objective of this study was to evaluate the use of five species of native Brazilian bees that occur naturally in the northeast region of Brazil: *Melipona flavolineata*, *Scaptotrigona depilis*, *Plebeia flavocincta*, *Frieseomelitta* sp. and *Xylocopa frontalis* as pollinators of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) under protected cultivation. The feasibility of using these bees was evaluated based on their adaptation and foraging behavior, and pollination efficiency in protected cultivation. The bee *S. depilis* showed no interest in the crop under the experimental conditions, and *Frieseomelitta* sp. did not make constant and effective visits to the flowers. On the other hand, the species *M. flavolineata*, *P. flavocincta* and *X. frontalis* adapted well to confinement, collecting floral resources and showing effective pollinator behavior. The three species visited the flowers at different times of the day, showing complementary behavior, but only *X. frontalis* vibrated the flowers and *M. flavolineata* was not efficient in pollinating the blueberries in only one visit to each flower. As a consequence, the quantity and quality of the fruits resulting from the pollination performed separately by each bee species differed significantly ($p < 0.05$), expressing a difference in pollination efficiency ($M. flavolineata < P. flavocincta < Xylocopa frontalis$), but the best results were obtained when the three species were able to forage the flowers simultaneously. It is concluded that *S. depilis* and *Frieseomelitta* sp. are not recommended for pollinating this crop, but the species *M. flavolineata*, *P. flavocincta* and *Xylocopa frontalis* have shown to be capable of adapting to the protected environment and efficient pollinators, being recommended for the commercial pollination of blueberries under protected cultivation in the tropical region of northeastern Brazil.

Keywords: protected cultivation, *Vaccinium corymbosum*, meliponines, fruit quality, *Xylocopa frontalis*

8 INTRODUÇÃO

Os múltiplos desafios encontrados na agricultura nos dias atuais, tem aumentado o interesse em cultivar plantas alimentares em ambientes protegido. A área plantada em cultivo protegido a nível mundial encontra-se em torno dos 9 milhões de hectares, com projeção de crescimento médio de 5,6% ao ano (FAO, 2022). Porém essa condição de confinamento impõe uma barreira física que impede o acesso natural dos polinizadores agrícolas (FREITAS; BEZERRA, 2024; PIRES, *et al.*, 2024).

O uso da polinização manual nas flores em ambiente protegido, assim como a aplicação de hormônios para produção de frutos, é bastante trabalhoso, onera os custos da atividade e não é possível de ser realizada para muitas culturas (SILVA *et al.*, 2014; RAMOS, 2022). Nesse sentido, uma alternativa bem mais viável economicamente seria a introdução de polinizadores manejáveis adequados as particularidades locais, bem como capazes de se adaptar as condições de cultivo protegido e atender os requerimentos de polinização das culturas sob essas condições (MEYRELES, 2013; BEZERRA, 2014; ARAÚJO, 2018; PIRES *et al.*, 2023; FREITAS; BEZERRA, 2024).

No Brasil são descritas aproximadamente 1.576 espécies, mas se acredita que esse número seja subestimado e se possa atingir cerca de 3.000 táxons (SILVEIRA *et al.*, 2002). Essa biodiversidade com aspectos físicos e comportamentais particulares, torna possível a seleção das espécies com atributos mais adequados para determinadas espécies vegetais e sistemas de cultivos, tendo em vista que a eficiência dessas abelhas como polinizadores depende de seus parâmetros biológicas em relação à cultura agrícola e ao ambiente protegido em que elas são introduzidas (KLEIN *et al.*, 2020; PIRES *et al.*, 2023; FREITAS; BEZERRA, 2024)

Nos cultivos brasileiros, a solução parece ser os meliponíneos, conhecidos popularmente como abelhas nativas sem ferrão, pois ocorrem de maneira natural em todo o território brasileiro, não possuem capacidade de ferroar devido a atrofia deste aparelho de defesa, o que possibilita o convívio seguro destes indivíduos com trabalhadores em áreas fechadas.(BONFIM, 2013; KLEIN *et al.*, 2020; MENEZES *et al.*, 2023;) Esses insetos também constituem colônias perenes, normalmente ativas o ano inteiro, e que podem ser manejadas em pequenas caixas que são facilmente transportadas para os pomares (VENTURIERI *et al.*, 2012). Além do mais, a criação das abelhas para conservação e polinização promove uma agricultura sustentável, cada vez mais buscada pelos consumidores (GARIBALDI *et al.*, 2016; DAINESE *et al.*, 2019). Já existem diversos trabalhos com algumas

espécies de meliponíneos na polinização de importantes culturas agrícolas, nos quais atestaram sucesso (ROSELINO *et al.*, 2010; WITTER *et al.*, 2012; BONFIM, 2013; MEYRELES, 2013; BEZERRA, 2014; ARAÚJO, 2018; RAMOS, 2022). No entanto, não há informações ainda sobre essas e outras abelhas na polinização de espécies vegetais que apenas recentemente começaram a ser cultivadas no Brasil, como é o caso do mirtilheiro.

Mirtilheiro (*Vaccinium* spp.) é a denominação popular de um grupo de espécies próximas pertencentes ao gênero *Vaccinium* cujos frutos apresentam grande interesse econômico. Por isso, o seu cultivo vem aumentando no Brasil, tendo tido seus primeiros plantios na região sul, com novos grupos genéticos, e agora tendendo a expandir para outras regiões do país (LIMA, 2021). O mirtilheiro dispõe de muitas variedades comerciais, com tamanhos de frutos que variam de 1cm a 2,5 cm e sabores especiais, sendo um alimento nutritivo, tanto para consumo *in natura* como derivados de geléias, tortas, sucos, dentre outros. Uma das grandes vantagens dessa cultura no Brasil, é a possibilidade do pico de produção ser na estressa do principais produtores globais, EUA, Canadá e Europa (ANTUNES *et al.*, 2008a; CANTUARIAS-AVILÉS, 2014b; ANTUNES; BACCAN, 2023)

Apesar do mirtilheiro possuir variedades parcialmente autoférteis, como O'Nel, Star, Jewel, Bluebele, que podem ser plantadas na ausência de uma cultivar polinizadora, a produtividade nesses casos é baixa. Visando alcançar bons rendimentos produtivos, recomenda-se o plantio de no mínimo duas variedades distintas para as variedades do grupo Southern Highbush, demonstrando que mesmo nos casos de variedades autoférteis a polinização cruzada desempenha papel importante. Sendo assim, agentes polinizadores capazes de promover essa polinização também são necessários, haja vista que a flor do mirtilheiro possui ovário ínfero com 100 ou mais óvulos, precisando de uma grande quantidade de grãos de pólen para uma fertilização adequada, conseqüentemente a formação de frutos com excelentes padrões comerciais (ANTUNES *et al.*, 2013b; CANTUARIAS-AVILÉS, 2014b).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de abelhas eussociais sem ferrão, *Melipona flavolineata*, *Scaptotrigona depilis*, *Plebeia flavocincta*, *Frieseomelitta* sp. e uma espécie nativa parassocial, *Xylocopa frontalis*, como polinizadoras no cultivo do mirtilo sob condições de cultivo protegido no ambiente tropical do nordeste brasileiro.

9 MATERIAL E MÉTODOS

9.1 Local de estudo e cuidados culturais

A pesquisa foi realizada de março a setembro de 2023 no município de Ubajara-CE. O clima característico do município é o tropical quente sub-úmido (KÖPPEN, 1918), com temperatura anual relativa do ar de 24°C a 26°C e pluviosidade média anual de 1.483,5 mm (IPECE, 2017).

O experimento foi conduzido em um cultivo protegido de 750 m² (15m de largura x 50m de comprimento x 4m de altura), com sistema de irrigação com calibragem automatizado e ativação manual, situada no Sítio Ouro Azul, na localidade Cachoeira do Boito Morto (3°52'32,97" S e 41°00'53,50" O, 771 m acima do nível do mar). Essa área protegida era totalmente revestida por telado tipo sombrite 50% com malha de aproximadamente 1cm². Durante todo o cultivo, as plantas foram fertirrigadas por irrigação localizada, sendo fornecida a quantidade de água e nutrientes adequados para cada fase de desenvolvimento das plantas (LIMA, 2021).

As mudas do mirtileiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, foram adquiridas pelo proprietário do sítio com pouco menos de 6 meses de idade, posteriormente foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de sete litros, previamente preenchidos com a fibra de casca de arroz esterilizada. Os vasos foram dispostos em espaçamento de 0,8 m entre filas e 0,4 entre plantas. O cultivo continha 1.000 plantas e os estudos começaram apenas no segundo ano de produção, quando as mudas estavam com dois anos de idade.

9.2 Manejos das colônias de abelhas para introdução no cultivo

Duas colônias de cada uma das seguintes espécies de abelhas nativas sem ferrão foram usadas para os estudos: *Melipona flavolineata*, *Scaptotrigona depilis*, *Plebeia flavocincta* e *Frieseomelitta* sp., e quatro ninhos racionais, modelos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa com Abelhas (GPA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), da mamangava da espécie *Xylocopa frontalis*. As colônias de *M. flavolineata*, *S. depilis*, *P. flavocincta* e os ninhos de *X. frontalis* foram selecionadas e previamente preparadas no meliponário e xylocopário do Setor de Abelhas da Universidade Federal do Ceará (UFC). Inspeções quanto a sanidade,

estoque de alimentos, grau de desenvolvimento da população e atividade de postura da rainha foram feitas, bem como atividade e procriação das abelhas fundadoras da espécie *X. frontalis*. Em seguida, as abelhas foram levadas para um sítio próximo (5,0 km) do local do experimento, para primeiro se adaptarem as condições da região e uniformização quanto a quantidade de adultos, discos de crias e recursos alimentares.

As colônias foram então introduzidas a partir do dia que as plantas atingiram 10% do florescimento, mas em momentos diferentes para cada espécie, com intervalos de cinco dias uma da outra. O objetivo foi observar para cada espécie os primeiros comportamentos de adaptação ao ambiente, bem como o tempo para realizarem as primeiras visitas. Optou-se por posicioná-las o mais no centro do cultivo possível, colaborando para que as operárias campeiras percebessem de imediato as plantas em florescimento ali próximas e com visão abrangente do cultivo (Figura 7).

Figura 7 - Colônias de diferentes espécies de abelhas posicionadas no interior do cultivo protegido de mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi: a. colônias de *Melipona flavolineata*, *Scaptotrigona depilis*, *Plebeia flavocincta*, *Frieseomelitta* sp. suporte centrais; b. caixa racional com ninhos de *Xylocopa frontalis*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

9.3 Adaptação ao ambiente protegido e forrageio nas flores do mirtilo

O fluxo e horário de saída das campeiras das colmeias/ninho de cada espécie durante o tempo em que as flores se encontravam abertas foi acompanhado durante todo o experimento. Observou-se também que tipo de atividade as campeiras realizavam após deixarem seus ninhos, além do número de dias, após sua introdução no interior do telado, que cada espécie levou para iniciar o forrageamento nas flores do mirtilo. Adicionalmente, a cada hora foram coletados dados internos da casa de vegetação sobre temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), por meio de um *datalogger*.

A fim de monitorar as condições internas das colônias ao longo do período em que foram utilizadas para os serviços de polinização, revisões periódicas foram realizadas observando a postura da rainha, considerando-a ativa ou não, como também o número de discos de cria novos e com crias emergentes, e a quantidade de potes de alimento armazenados no interior das colônias e possíveis ataques de parasitas.

O comportamento geral de forrageamento desses indivíduos foi estudado para determinar que tipo de recursos eles coletavam nas flores do mirtilo, e se quando coletavam entravam em contato com as anteras e estigma. Também foi observado como essas abelhas abordavam as flores e que parte do seu corpo entrava em contato com as anteras ou o estigma, de acordo com o tipo de abordagem a flor. Por último, entre os horários de 06:00h e 18:00h, durante sete dias não consecutivos, registrou-se a frequência de visitação às flores, medida pelo número de visitas recebidas por uma flor durante cada 10 minutos permutando nas linhas do cultivo, assim como o tempo cronometrado que essas abelhas permaneciam em cada flor.

9.4 Eficiência de polinização das abelhas

A eficiência de polinização de cada espécie de abelha se deu por meio do cálculo do percentual de vingamento de frutos em flores que receberam uma só visita de determinada espécie de abelha ao longo de todo seu período de antese: Polinização por *Melipona flavolineata* (Mf), *Plebeia flavocincta* (Pf), *Xylocopa frontalis* (Xf), *Scaptotrigona depilis* (Sd) e *Frieseomelitta* sp. Estes dados foram então comparados ao tratamento de requerimento de polinização livre (PL), com relação ao vingamento dos frutos, antes da introdução das abelhas, polinização livre após a introdução de todas as espécies de abelhas (LCA) e a polinização manual cruzada (PMC). Dessa forma os tratamentos foram:

- Polinização por *Melipona flavolineata* (Mf), *Plebeia flavocincta* (Pf), *Xylocopa frontalis* (Xf), *Scaptotrigona depilis* (Sd) e *Frieseomelitta* sp.: Os botões florais, que se encontravam na fase de pré-antese, foram protegidos com saco de organza. Na manhã seguinte, as flores foram desensacadas assim que se abriam e deixadas livre para que ocorresse uma visita por parte de uma das espécies de abelhas. Após a visita, a flor era marcada amarrando-se delicadamente no pedúnculo uma linha de costura de cor diferente para cada espécie de abelha. Então, para prevenir que a flor recebesse outras visitas, ela era reensacada e permanecia assim até a senescência das pétalas.

- Polinização livre sem as abelhas (PL), polinização livre após a introdução de todas as espécies de abelhas (LCA) e a polinização manual cruzada (PMC) foram feitos conforme descrito no capítulo 2.

Taxas de vingamento (%) foram registradas em função do reconhecimento visual da ampliação do tamanho do ovário pós senescência das pétalas. Os parâmetros qualitativos entre os frutos resultantes dos diversos tratamentos também foram registrados. Para tais comparações, as seguintes variáveis foram analisadas: massa (g), sólidos solúveis totais (°Brix), acidez titulável total (pH), tempo de maturação em dias e número de sementes por fruto. Todos os frutos foram colhidos após a sua maturação completa, estando estes com a tonalidade da cor azulada adequada e resvestido por serosidade. Em seguida, foram analisados no Laboratório de Físico-Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), campus Ubajara-CE. Para aferir o peso, foi usado balança digital analítica 0,0001 g – 220g; para °Brix o refratômetro digital de bancada, faixa 0-30% e precisão 0,01; e PHmetro microprocessado de bancada, faixa 0-14 e precisão 0,01.

9.5 Análise dos dados

Os dados referentes à eficiência de polinização com base no vingamento dos frutos, por possuírem um caráter binomial (vingou = 1 e não vingou = 0), foram submetidos diretamente ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e os resultados comparados por meio do teste de Mann-Whitney a 5% de significância. Para realização dessa análise foi utilizado o programa estatístico SigmaPlot 15.0.

Todos os dados das variáveis referentes à qualidade dos frutos foram submetidos a testes de normalidade e transformações de dados. Aquelas variáveis que apresentaram distribuição normal foram então submetidas à análise de variância utilizando-se Minitab Statistical Software 22, por meio da rotina PROC GLM (Modelos Lineares Generalizados), e

suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a de 5% de significância. Entretanto, quando não houve distribuição normal, mesmo após as transformações de dados, optou-se por testes não paramétricos para realização das análises estatísticas e comparação de médias.

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

10.1 Adaptação ao ambiente protegido e forrageio nas flores do mirtilo

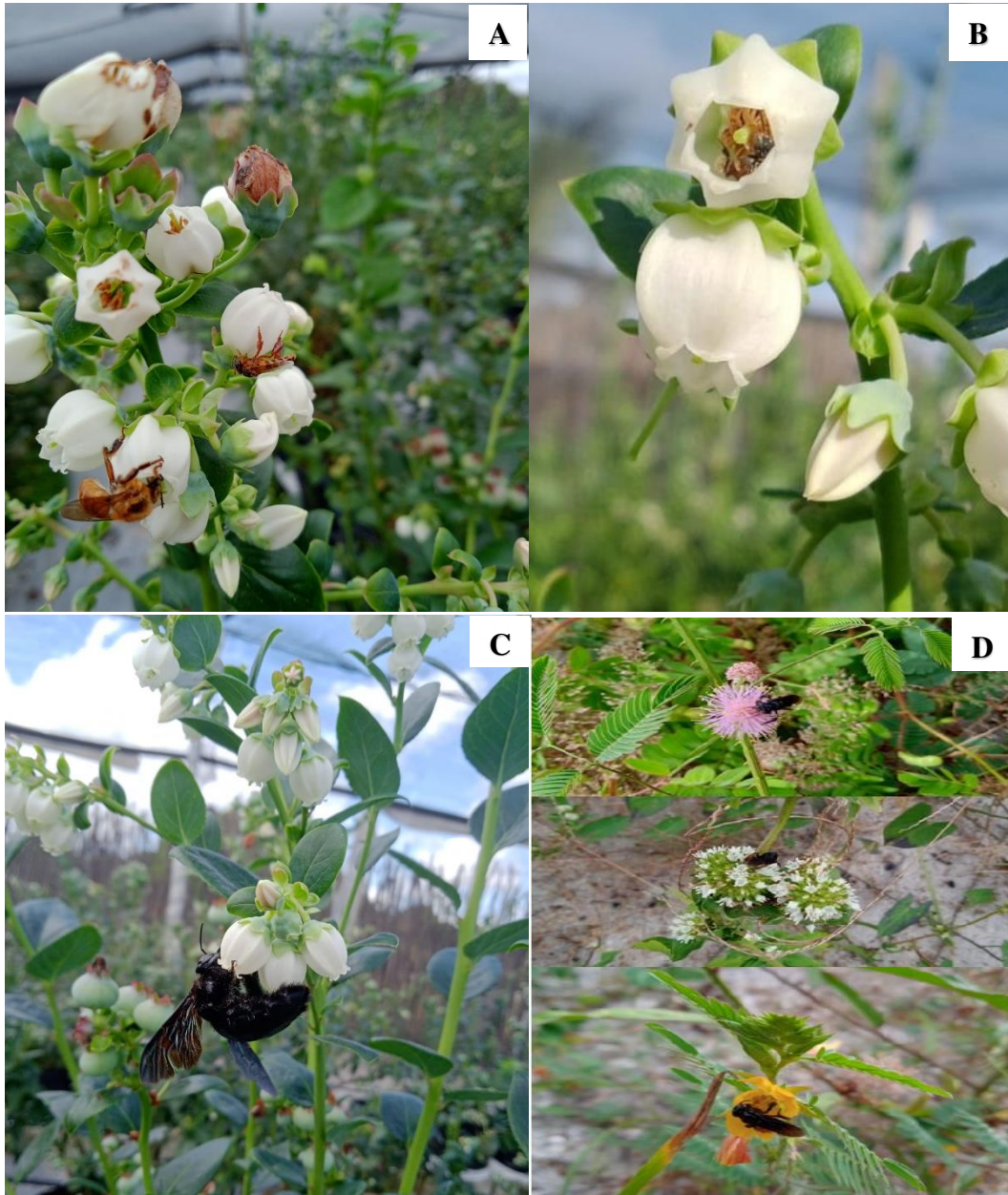
Durante o primeiro dia de adaptação ao ambiente protegido, todas as espécies de abelhas apresentaram um comportamento bastante similar. Muitas de suas campeiras saíram de suas colmeias em voo, tão logo houve o surgimento do sol, incidindo no interior do telado de proteção. Porém, ao invés dessas campeiras se direcionarem às flores, elas apresentaram comportamento de fuga, se chocavam incessantemente contra o teto, laterais e cantos superior da tela. Algumas dessas abelhas também buscaram frestas na tentativa de alguma forma ultrapassar essa barreira física que limitava seus voos. A maioria das campeiras quando iniciavam esse comportamento, ficavam desorientadas, não conseguiam mais retornar à colmeia, e permaneciam a colidir contra a estrutura de revestimento até morrer por exaustão. Vez ou outra surgiam rasgos no telado, devido algumas rajadas de vento mais forte, dessa forma algumas saíam, mas logo essas aberturas eram fechadas pelo proprietário. Essas poucas que saíam para o ambiente externo não conseguiam retornar.

Os primeiros dias em um novo ambiente, em cultivos protegidos, é o período mais crítico para as abelhas (Ramos, 2022; Pires *et al.*, 2024). Pelo visto, é normal que nos primeiros dias após a introdução em um ambiente protegido as campeiras apresentem um comportamento de desorientação, tentativa de fuga e colidam contra a estrutura de cultivos protegidos. Esse padrão de comportamento também foi registrado por Bomfim (2013) trabalhando com *Melipona subnitida* e *Scaptotrigona* sp em casas de vegetação, assim como também observado por Bezerra (2014), com *Scaptotrigona* sp. Aparentemente, esse comportamento resulta na morte, principalmente, das abelhas mais experientes da colônia, pois estavam condicionadas a linhas de voos mais longos, o que é impedido dentro de um ambiente reduzido. Com o avançar dos dias em confinamento, depois da morte de várias campeiras e alguns dias de aclimação, percebeu-se uma grande diminuição do comportamento de fuga, choque e desorientação, de maneira semelhante ao descrito por Cruz *et al.* (2004), Bomfim (2013), Bezerra (2014) e Ramos (2022).

As espécies de abelhas trabalhadas neste estudo apresentaram padrões de visitas florais diversos. Operárias de *M. flavolineata* iniciaram as primeiras visitas no oitavo dia após a introdução, enquanto *P. flavocincta* o fizeram a partir do quarto dia, *X. frontalis* no segundo dia, depois de realizar voos de orientações no primeiro dia. *Frieseomelitta* sp. procurou as flores entre o nono e o décimo após enclausuradas, no entanto não realizavam visitas efetivas, buscando sempre coletar nectar na base externa das flores. Elas sempre procuravam aquelas flores em início de antese, tendo em vista um espaço oportuno entre a base da corola e as sépalas. As campeiras de *S. depilis* não se interessaram em nenhum momento pelas flores do mirtilo, devido a proporção do seu tamanho, passavam com certa dificuldade pela malha da tela e visitavam plantas nativas em florescimento na área externa do cultivo. As chances dessas abelhas serem as das colônias usadas no experimento são altas, pois foi observado a passagem das operárias pela tela e detectados novos estoques de alimento, especialmente de mel durante todo o confinamento (Figura 8).

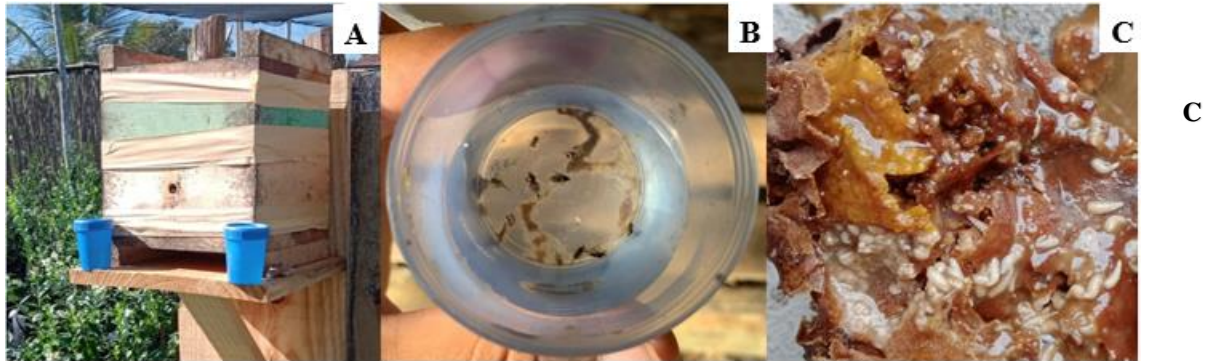
Após 15 dias de confinamento, durante as revisões periódicas, foi detectado infestação de forídeo (*Pseudohypocera* sp e/ou *Megaselia* sp) nas duas colônias de *Melipona flavolineata*. Em uma das colônias o nível de infestação se encontrava bastante avançado, sendo preciso remover alguns potes de pólen onde se encontravam bastante larvas do díptero. Para controle dos indivíduos adultos, foram instaladas armadilhas no lado de externo da colmeia, perto da entrada, e dentro da caixa, próximos às reservas de alimento. As armadilhas para forídeo, são pequenos potes com furos nas tampas, suficiente apenas para entrada do forídeo, que contém vinagre com atrativo para essa praga (Figura 9).

Figura 8 - Visitas iniciais das espécies de abelhas introduzidas no cultivo protegido de mirtilo: a. *Melipona flavolineata* visitando a flor do mirtilo mais abaixo e *Frieseomelitta* sp. na flor mais ao centro; b. *Plebeia flavocincta* visitando a flor do mirtilo; c. *Xylocopa frontalis* visitando a flor do mirtilo; d. *Scaptotrigona depilis* visitando flores de plantas nativas no exterior do cultivo.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 9 - Infestação e controle de cleptoparasitas em colônias de abelhas sem ferrão introduzidas em cultivos protegidos de mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, nas condições tropicais do Nordeste brasileiro: a. colmeia de *Melipona flavolineata*, vedada com fita colante e armadilhas para cleptoparasitas na entrada; b. armadilhas com alguns indivíduos adultos de cleptoparasitas; c. pote de pólen aberto com incidência de várias larvas de cleptoparasitas.



Fonte: Elaborado pelo autor

Na colônia de maior infestação, também foram observados ovos do cleptoparasita nas células recém-formadas. Esses ovos iriam eclodir, competir pelo alimento com a larva da abelha, por dispor de ciclo mais rápido, e consumir todo o alimento, culminando na morte dos indivíduos jovens da abelha. Toda esse parasitismo, causa desequilíbrio na população da colônia da abelha, e pode levá-la a definhando até a morte. Para reforçar a proteção, fitas colantes foram passadas vedando as frestas e interseções características no modelo de colmeia usada (INPA). Não foram identificadas infestações dessas nas outras espécies, mas por precaução, armadilhas também foram instaladas e feito isolamento com fitas.

Algumas campeiras da *Frieseomelitta* sp. realizavam visitas que não era adequadas para a polinização da flor do mirtilo, pois não tocavam nas partes reprodutivas, muito menos coletavam pólen. Outras campeiras conseguiam sair por alguns pontos do material do telado já que seu tamanho reduzido, comparado às demais espécies, contribuiu para esse comportamento.

As flores do mirtilheiro certamente não se mostraram atrativas para a espécie *S. depilis*, uma vez que *P. flavocincta* apesar de ser bem menor que *S. depilis* e ter maiores condições de escapar pela tela ou qualquer abertura do telado, procurou as flores da cultura alvo e manteve uma frequência considerável de visitas. *Scaptotrigona depilis*, por outro lado, concentrou todos os seus esforços para forragear fora do ambiente protegido, inclusive saindo e voltando deste ao passar pela malha do telado, sem jamais visitar as flores do mirtilheiro.

Embora os meliponíneos de uma forma geral aceitem bem a vida em ambientes

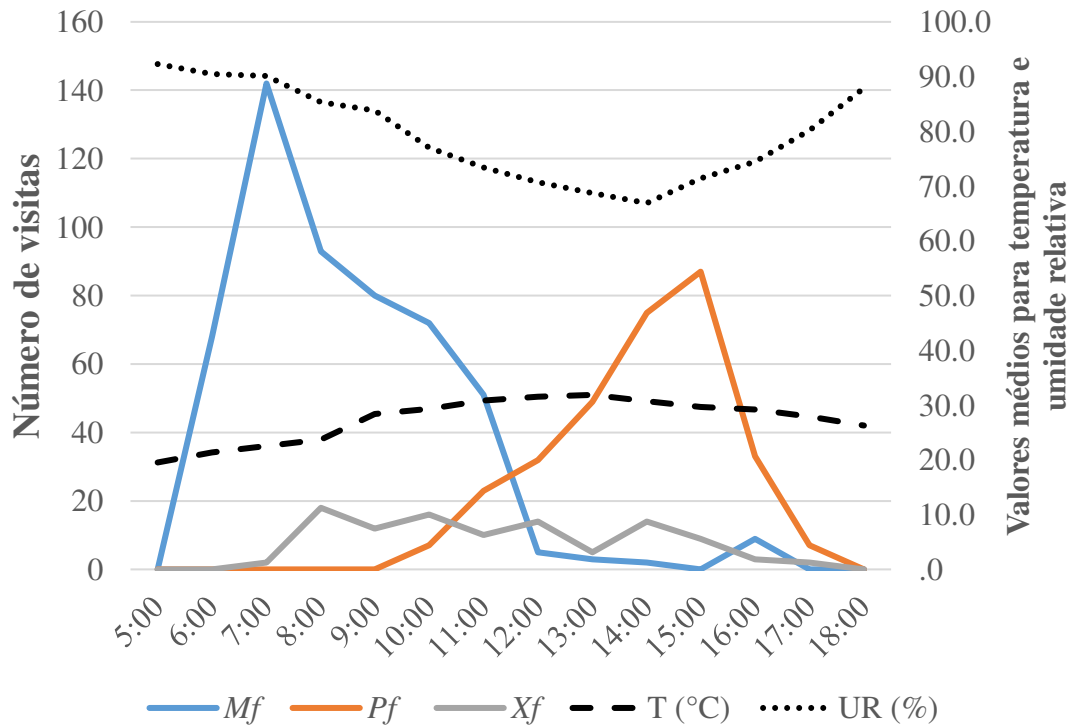
fechados, algumas espécies podem não se adaptar às condições impostas por determinado tipo de casa de vegetação ou mesmo pela espécie vegetal. Bomfim (2013) trabalhando com *Melipona subnitida* e Malagodi-Braga (2002) com as espécies *Schwarziana quadripunctata* e *Scaptotrigona bipunctata*, constataram a não visitação às flores das culturas alvos, estando sob cultivo protegido, possivelmente por ausência de atratividade e interesse em seus recursos florais, ou por não serem capazes de se adaptar às condições impostas pelo ambiente fechado. Ao contrário do encontrado neste experimento, Bezerra (2014) obteve sucesso na utilização de colônias de *Scaptotrigona depilis* para polinização em cultivo protegido com a cultura do melão amarelo (*Cucumis melo* L.). No entanto, o tamanho da casa de vegetação e material que a revestia eram diferentes, em filme transparente de 150 micras e abaixo da cobertura existia uma tela Aluminet® 50%, características que dificultavam a passagem dos raios para a boa visão das abelhas.

10.1.1 Frequência de visitas

As abelhas que visitaram de forma efetiva as flores do mirtilo, apresentaram frequência de horários, tempo e recursos coletados, variando entre espécies. As campeiras de *M. flavolineata*, começaram as visitas cedo da manhã, a partir das 6:00h, de preferência nas flores de plantas mais próximo da colmeia, mas à medida que as horas avançavam, essa frequência aumentava com visitas nas plantas mais distantes. Por fim, com o avançar da temperatura, o raio de ação diminuía e o forrageio cessava a partir das 12:00h. No período da tarde, as operárias da *M. flavolineata* faziam voos curtos, saindo com lixo, fazendo a limpeza da colônia. Poucas campeiras voltaram a serem vistas visitando as flores a partir das 16:00h, quando a temperatura começava a cair levemente.

Em oposição à *M. flavolineata*, forrageiras da *P. flavocincta* fizeram as primeiras visitas do dia entre 10:00h e 11:00h, aumentando a frequência conforme o avanço do horário, aumento da temperatura e queda da umidade do ar. O pico de frequência nas flores foi atingido entre as 14:00h e 15:00h, já no turno da tarde. *Xylocopa frontalis*, por sua vez, iniciava seus voos de forrageamento a partir das 8:00h, quando o ambiente atingia por volta dos 25°C, com intervalos de retornos ao ninho, mantendo esse comportamento até as 16:00h (Figura 10).

Figura 10 - Temperatura (°C), umidade relativa (%) média dos horários e frequência de visitas efetivas de diferentes espécies de abelhas nativas nas flores do mirtilheiro (*Vaccinum corymbosum*), variedade Biloxi, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro: Mf – *Melipona flavolineata*, Pf – *Plebeia favocincta*, Xf – *Xylocopa frontalis*.



Fonte: Elaborado pelo autor

A distância percorrida pelas operárias durante suas atividades de forrageamento depende de fatores, como densidade, sazonalidade da fonte de alimento, tamanho do corpo da abelha, bem como condições da colônia e fatores climáticos, principalmente a temperatura (DORNHAUS *et al.*, 2006, MAIA-SILVA *et al.*, 2021). Para lidar com as condições adversas possíveis de serem encontradas, as abelhas eussociais desenvolveram mecanismos sofisticados de comunicação entre elas, os quais permitem o recrutamento de outras abelhas para um local com abundância de alimentos (MENEZES *et al.*, 2023).

Conforme visto neste experimento, *M. flavolineata*, preferiu coletar recursos nas flores em horários em que a temperatura se encontrava amena, geralmente pela manhã, com mudanças no raio do forrageio, influenciado pelo avançar do horário, começando mais próximo da colmeia (06:00h), e se distanciando gradativamente (08:00h – 10:00h) até mais tarde (11:00h), voltando para perto na colmeia novamente. Oliveira *et al.* (2012), demonstraram que operárias de *Melipona subnitida*, apresentavam maior atividade de voo no início da manhã entre 05:00h e 07:00h, quando a temperatura era de aproximadamente 20 °C e a umidade relativa do ar de 90%, enquanto que *Melipona eburnea*, em temperaturas acima de 30 °C e

umidade relativa inferior a 80%, reduzia as atividades de voo (CORREIA *et al.*, 2017).

Pierrot e Schindwein (2003), evidenciaram que abelhas do gênero *Melipona* apresentam padrão de forrageamento com pico de coleta de pólen no início da manhã e, de néctar, no fim da manhã e início da tarde. Além do mais, este grupo de abelhas possui capacidade de adequar seu comportamento de forrageio de acordo com as condições edafoclimáticas, às quais estão expostas. Comportamento semelhante também foi observado em outras espécies do gênero *Melipona* (*Melipona bicolor*; *Melipona scutellaris*, *Melipona mandacaia* e *Melipona eburnea*) (ARAÚJO, *et al.*, 2004; KUHN-NETO, *et al.*, 2009; CORREIA *et al.*, 2017).

O forrageio da *P. flavocincta* nos horários mais quente para esta região, também corroboram com as observações feitas por Araújo (2018), com visitas feitas por *Plebeia droryana* na cultura do mirtilheiro entre as 10:00h e 13:00h, horário com temperaturas mais elevadas para a região sul do Brasil. Nas faixas mais quentes do dia, a umidade relativa é inversamente proporcional à temperatura. A umidade do ar é a quantidade de vapor d'água em suspensão na atmosfera em um local. Hilário *et al.* (2007) constataram em seu trabalho que precipitações, por mais leves que fossem, em média de 1,0 mm com duração de até uma hora, prejudicaram a atividade de voo de *Plebeia remota*. As ações de voos têm forte relação também com o tamanho do indivíduo, abelhas de grande porte, como as do gênero *Melipona*, conseguem iniciar suas atividades de voo a partir de 12°C de temperatura ambiente, já abelhas de pequeno porte, como *Plebeia*, saem à campo em temperaturas maiores que 20°C (NANZER, 2017; SILVA; MENESES; FREITAS, 2019). Um fato importante de ser observado neste estudo é que, as espécies *M. flavolineata* e *P. flavocincta*, se complementaram na visitação às flores do mirtilo, pois uma supriu a ausência da outra nos diferentes horários de forrageio (Gráfico 3).

A maioria das espécies de *Xylocopa* é generalista, concentrando-se, porém, em algumas fontes de alimento mais produtivos (SILVA *et al.*, 2014). Demonstram constância floral associada à abundância de certas espécies vegetais em uma dada hora do dia, período do ano ou local (GERLING; VELTHUIS; HEFETZ, 1989). O número de saída das abelhas *X. frontalis* neste estudo foi maior nos horários amenos do dia. As raras saídas próximas das horas mais quentes, tiveram duração rápida, possivelmente o modelo de sombrite da cobertura do cultivo reduzia em parte a incidência do calor. Farias-Silva e Freitas (2021) mostraram que *X. frontalis* prefere forragear em horários com temperatura mais amena, iniciando com o aquecimento pré-voo no ninho, em seguida forrageando. Em contraste, nos horários mais quentes, elas tendem a permanecer nos ninhos, seja repousando ou desidratando néctar. Observações de preferência de forrageamento cedo da manhã, também foram registradas por

Harano e Hrnčir (2023).

A abelha *Frieseomelitta* sp. não realizou visitas efetivas como polinizador. Semelhante a isso, Araújo (2018) trabalhando com uma espécie do mesmo gênero, *Frieseomelitta varia*, classificou seu acesso à flor como parcial, pois essas abelhas não entravam totalmente na flor. Algumas abelhas são oportunistas e buscam coletar o nectar, fazendo furos com as mandíbulas na base da corola, causando injúrias até mesmo no ovário, podendo impossibilitar a reprodução da planta. Essa prática, apresentada principalmente por *Trigona spinipes*, é tida como de praga por alguns agricultores (SILVEIRA *et al.*, 2010; CANTUARIAS-AVILES, 2010). O período de adaptação ao cultivo protegido e o interesse pela cultura alvo, pode variar bastante, tanto entre espécies quanto entre colônias da mesma espécie de abelhas sem ferrão. Algumas espécies como, por exemplo, *Nannotrigona perilampoides*, apresentou colônias que variaram de cinco dias a até oito semanas para iniciar a visitação constante às flores do tomate (*Lycopersicon esculentum*) cultivado em casa de vegetação, outra como *Trigona hyalinata* não permaneceu na cultura do mirtilo após sua introdução (MACIAS *et al.*, 2001; CAUICH *et al.*, 2004; ARAÚJO, 2018).

10.1.2 Tempo de visita e recurso coletado

As espécies de abelhas avaliadas coletaram os principais recursos ofertados pelas flores, néctar e pólen. O tempo (segundos) de duração média das visitas diferiu significativamente ($p < 0,05$) entre as três espécies. *Plebeia flavocincta* foi a espécie que passou mais tempo (70,96s) por visita única, e coletava os dois recursos na mesma flor. *Melipona flavolineata* foi a segunda espécie em tempo gasto por visita (13,17s). Elas também coletavam néctar e pólen, mas algumas vezes apenas néctar, e visitavam em torno de seis flores por viagem antes de alçar voo em direção a colmeia, provavelmente com carga máxima adquirida. Finalmente, *Xylocopa frontalis* apresentou o menor tempo de visita (4,01s) às flores. Nos primeiros dias, elas coletaram apenas néctar, mas posteriormente iniciaram o comportamento de abraçar a flor e posicionar o corpo bloqueando a abertura da corola com o tórax e vibrar a flor, adquirindo grande quantidade de pólen (Tabela 3).

Tabela 3 - Duração da visita (s), número de observações (n) e recursos coletados por diferentes espécies de abelhas nativas na flor do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, sob cultivo protegido nas condições tropicais da região nordeste do Brasil.

Abelha	n	Duração (s)	Visita	Tocam partes reprodutivas	Recurso coletado	
					Néctar	Pólen
<i>Plebeia flavocincta</i>	184	70,96±36,87a	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Melipona flavolineata</i>	258	13,17±4,71b	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Xylocopa frontalis</i>	92	4,01±0,75c	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Scaptotrigona depilis</i>	-	-	Não	Não	Não	Não
<i>Frieseomelitta</i> sp.	44	11,4±2,45b	Sim	Não	Sim	Não

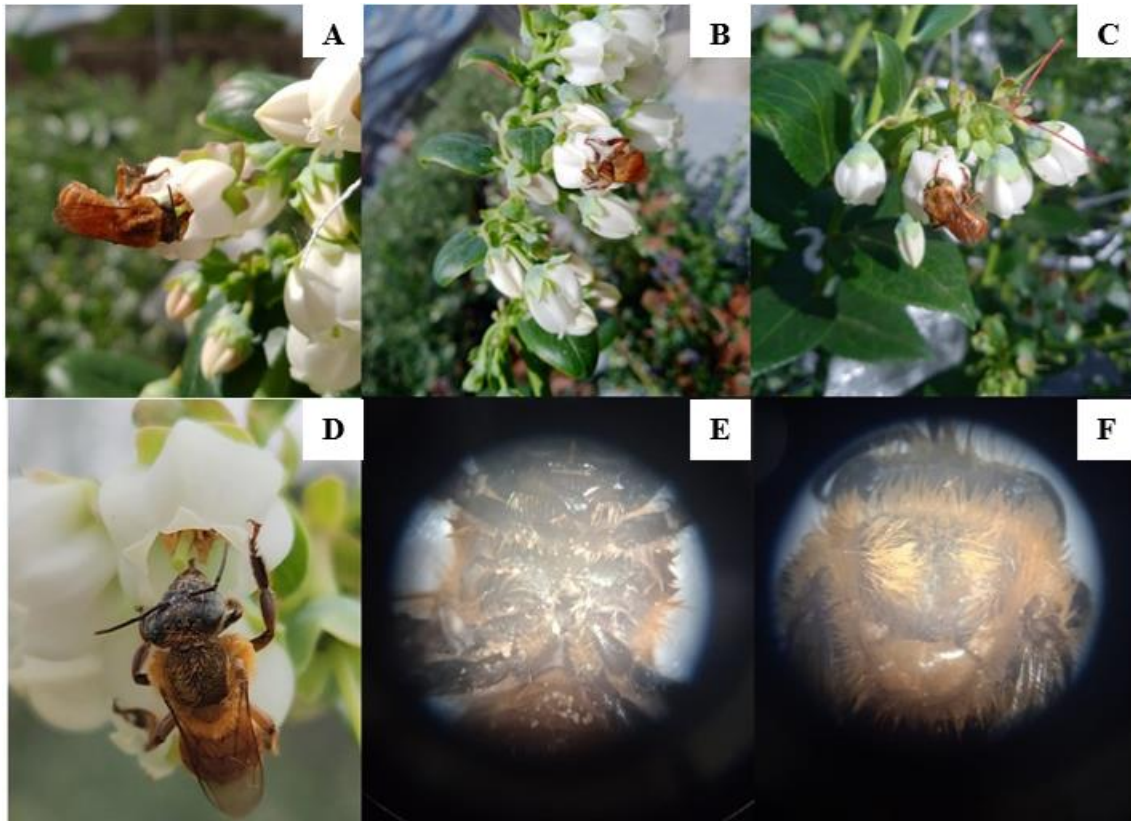
Fonte: Elaborado pelo autor

As características comportamentais para a busca de alimentos variam nas diversas espécies de abelhas, sendo influenciadas por fatores bióticos e abióticos, como o tamanho do corpo do indivíduo, clima, qualidade e quantidade dos recursos explorados (OLIVEIRA *et al.*, 2012; OYEN; DILON, 2018). Observações conduzidas por Araújo (2018), registram uma média de 113 segundos no tempo de duração das visitas de *Plebeia droryana* nas flores do mirtilo, porém coletando apenas néctar. Nos resultados aqui obtidos com *Plebeia flavocincta*, o tempo de visita na flor do mirtilo também foi acima de 1 minuto, mas néctar e pólen foram coletados. As operárias desta espécie foram vistas com movimentos repetitivos perpassando as anteras, o que causava maior liberação do pólen, e parte dele aderiu ao corpo do inseto, enquanto outra parte percorria pelo pistilo até o estigma. Os grãos de pólen aderidos ao seu corpo eram levados até as corbículas, não contente, algumas abelhas ainda iam até o nectário e sugavam néctar. Nas entradas e saída das flores, as campeiras tocavam o estigma, com praticamente toda a porção ventral e dorsal de seu corpo (tórax, abdome e pernas), onde ainda continham grãos de pólen. Raguse-Quadros *et al.* (2023) observou que o tamanho diminuto das espécies do gênero *Plebeia* contribuiu para que adenterem por completo nas flores do mirtilo e passem bastante tempo explorando seus recursos, quando comparado com outras abelhas.

Apesar do gênero *Melipona* possuir espécies de grande porte comparada com outras abelhas sem ferrão e com potencial de polinização por vibração (NUNES-SILVA *et al.*, 2010), a espécie *Melipona flavolineata*, não utilizou este mecanismo nas visitas ao mirtilheiro. Estas abelhas basicamente procuraram néctar, porém em visitas às flores elas acabavam se contaminando com bastante pólen. Uma parte desses grãos de pólen espalhados pelo corpo era transferida para as corbículas e posteriormente levado ao ninho. Ainda assim uma grande quantidade de grãos de pólen permanecia espalhada principalmente na região frontal da cabeça, pernas, parte ventral e dorsal do tórax e do abdome, que eram os grãos de pólen que apresentavam o potencial para serem transferidos aos estigmas em visitas posteriores às flores (Figura 11).

Após as campeiras deixarem uma flor, sempre se dirigiam em seguida à flor mais próxima do mesmo cacho, as quais normalmente eram as flores dentro da mesma planta ou em uma mesma linha, uma vez que o próprio sistema de condução vertical das hastes das plantas e o pequeno espaçamento (40 cm) entre essas favoreciam a proximidade das flores da mesma planta na mesma linha. Algumas vezes, observaram-se campeiras realizando movimentações entre linhas e visitando três flores por planta antes de se dirigirem para a próxima. Geralmente as abelhas buscam flores mais próximas, pois assim elas maximizam o forrageamento em determinadas áreas e economizam energia com as saídas ao campo (WALTERS; SCHULTHEIS, 2009). A duração de cada visita depende da quantidade de recursos ofertados e da facilidade na coleta, mas tempos mais curtos, como o apresentado pela *Melipona flavolineata* (13,17 segundos), podem propiciar um maior número de flores visitadas e até mesmo promover uma melhora na qualidade dos frutos devido a aumento da polinização cruzada (SILVA; MENESES; FREITAS, 2019; PIMENTEL *et al.*, 2020; DINIZ *et al.*, 2021).

Figura 11 - Comportamento de visita às flores do mirtilero (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, realizada pela abelha nativa sem ferrão *Melipona flavolineata*, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro: a. estigma tocando a cabeça a cabeça da abelha; b. estigma tocando as parte ventrais; c. estigma tocando a região dorsal do tórax; d. imagem aumentada da frente da cabeça com alguns grãos de pólen; e. imagem aumentada da região ventral com grãos de pólen; f. imagem aumentada da regiões dorsal do tórax com pólen.



Fonte: Elaborado pelo autor

Xylocopa frontalis, com visitas ainda mais rápida (4,01s) conseguia frequentar mais flores por cacho, em torno de quatro, em seguida partia para outro cacho da mesma planta ou de plantas diferente na mesma fila e em plantas de filas diferentes (Figura 12). Apresentava quase que um padrão, alternando entre filas. Paiva (2023), trabalhando com a mesma espécie na polinização do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) e maracujá da caatinga (*Passiflora cincinnata*), relatou a duração das visitas se alterando entre 4,3 e 25,7 s. No mesmo estudo, a autora afirma que o número e o tempo de visita desta abelha, pode se modificar de acordo com o genótipo da cultura agrícola e com a estação do ano. A flor do mirtilero biloxi, é pequena comparada as do maracujazeiro, planta esta na qual *X. frontalis* é especializada na polinização. Além disso, a corola da flor do mirtilo forma uma redução na entrada principal da flor. Mesmo com essa morfologia floral, *X. frontalis* conseguiu coletar néctar, muito por conta do tamanho de sua probóscis que alcança o nectário sem a necessidade de adentrar parcialmente ou por completo, conforme observados com as outras espécies de abelhas deste experimento. Ao

abordarem as flores para a coleta de néctar, a região da frente da cabeça de *X. frontalis* se contaminava também de pólen, já que o néctário da flor se encontra entre a base do conjunto de anteras e a base do pistilo (Figura 12 – B). Por diversos momentos, era possível visualizar o comportamento de vibração, característico desta espécie para plantas com anteras tubulares (Figura 12 – C). Em pomares este comportamento pode resultar em uma contribuição muito maior e mais eficaz para a polinização, uma vez que esta espécie visitou diversos cachos de diferentes plantas durante a coleta.

Uma das maneiras de compreender a eficiência de um polinizador é por meio das aferições indiretas de sua eficiência, através dos registros das formas de abordagem às flores, do tipo de recurso coletado, da duração da visita e da frequência de visitação às flores. Quanto mais informação desse tipo for coletada, maior a probabilidade de acreditar ou não como polinizador um visitante floral (ZAMBON, 2015; MALERBO-SOUZA *et al.*, 2019; NUNES-SILVA *et al.*, 2023). Esses resultados demonstram que as abelhas *Melipona flavolineata*, *Plebeia flavocincta* e *Xylocopa frontalis* demonstram comportamentos adequados para a polinização da cultura do mirtilo, pois suas campeiras visitaram múltiplas flores, tocando partes reprodutivas, com consequente transferência de grãos de pólen das flores do corpo dessas abelhas ao estigma das flores.

Figura 12 - Comportamento de visita às flores do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, realizada pela abelha nativa *Xylocopa frontalis*, sob cultivo protegido nas condições tropicais do Nordeste brasileiro: a. detalhe da abelha extendendo a probóscis para a coleta de néctar; b. espécime de *X. frontalis* coletando néctar; c. *X. frontalis* realizando vibração na flor do mirtilheiro; d. *X. frontalis* visitando flor de mirtilo carregando pólen nas pernas traseiras.



Fonte: Elaborado pelo autor

10.2 Eficiência de polinização das espécies de abelhas

A polinização realizada livremente com todas as abelhas (LCA) e apenas uma visita de *Xylocopa frontalis* durante todo o período de antese, resultou em 100% de vingamento de frutos, para ambos e diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos. Em seguida, a polinização manual cruzada (PMC) e uma visita de *Plebeia flavocincta* não diferiram ($p > 0,05$) entre si, mas produziram vingamentos significativamente ($p < 0,05$) maiores que os tratamentos com uma visita de *Melipona flavolineata* e a polinização livre antes da introdução das abelhas (PL). Essas, por sua vez, não diferiram entre si ($p > 0,05$) (Tabela 4).

No que diz respeito à massa dos frutos, a polinização livre com a presença de todas as abelhas (LCA) produziu os frutos significativamente ($p < 0,05$) mais pesados do que todos os demais tratamentos. Em seguida, vieram os frutos originados de uma única visita de *X. frontalis* que também diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos outros tratamentos. Semelhante ao observado para o vingamento, o peso dos frutos da polinização manual cruzada (PMC) e uma visita de *Plebeia flavocincta* não diferiram ($p > 0,05$) entre si, mas foram significativamente ($p < 0,05$) mais pesados que os tratamentos com uma visita de *Melipona flavolineata* e a polinização livre antes da introdução das abelhas (PL). Mais uma vez, esses tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$).

Em relação ao número de sementes, a polinização livre com a presença de todas as abelhas (LCA) e o tratamento de uma visita de *X. frontalis* produziram a maior quantidade de sementes por fruto, e apesar de não diferirem entre si ($p > 0,05$) foram significativamente ($p < 0,05$) distintos de todos os demais tratamentos. Em seguida, uma visita de *P. flavocincta* gerou significativamente ($p < 0,05$) mais sementes que os tratamentos polinização manual cruzada (PMC), polinização livre sem abelhas (PL) e uma visita de *M. flavolineata*, que não diferiram entre si ($p > 0,05$).

Considerando o °Brix a situação se apresentou bem diferente, com a polinização manual cruzada (PMC) e a polinização livre sem abelhas (PL) apresentando valores semelhantes entre si ($p > 0,05$), mas significativamente ($p < 0,05$) diferente dos outros tratamentos. Em seguida, os frutos originados de uma visita de *M. flavolineata* também apresentaram °Brix significativamente ($p < 0,05$) superior aos tratamentos com uma visita de *X. frontalis*, *P. flavocincta* e polinização livre com abelhas (LCA), que por sua vez não diferiram ($p > 0,05$) entre si.

A acidez dos frutos, representada pelo pH, mostrou que os frutos originados da polinização livre com abelhas (LCA) e polinização manual cruzada (PMC) foram

significativamente ($p < 0,05$) menos ácidos que todos os demais tratamentos. Estes outros tratamentos apresentaram acidez semelhante e não diferiram ($p > 0,05$) entre si.

Finalmente, os frutos resultantes da polinização por uma visita de *P. flavocincta*, *X. frontalis* e livre com as abelhas (LCA) apresentaram os tempos de maturação semelhantes e significativamente ($p < 0,05$) menores que uma visita por *M. flavolineata* e a polinização livre (PL), e esses também maturaram significativamente ($p < 0,05$) mais rápido que os frutos oriundos da polinização manual cruzada (PMC) (Tabela 4).

Tabela 4 - Eficiência de polinização de diferentes espécies de abelhas na cultura do mirtilheiro (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, sob cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro: Polinização livre com abelhas (LCA); Polinização manual cruzada (PMC); Polinização livre sem abelhas (PL).

Tratamentos	n	Vingamento (%)	Massa (g)	Nº Sementes	°Brix	pH	Maturação (dias)
LCA	104	100	2,13±0,35a	127±25a	10,92±1,75c	3,50±0,08a	66±6c
PMC	109	96b	1,33±0,22c	86±18c	11,88±1,40a	3,46±0,12a	79±8a
PL	112	92c	1,22±0,13d	83±23c	11,65±1,59a	3,39±0,04b	74±5b
<i>Melipona flavolineata</i>	100	88c	1,17±0,11d	79±19c	11,01±0,58b	3,36±0,04b	72±2b
<i>Plebeia flavocincta</i>	104	96b	1,38±0,35c	96±21b	10,57±1,22c	3,36±0,06b	62±4c
<i>Xylocopa frontalis</i>	91	100a	1,78±0,29b	109±23a	10,25±0,65c	3,34±0,09b	66±5c

Fonte: Elaborado pelo autor

O baixo índice de vingamento (88%) e massa do fruto (1,1761g) resultante da visitação de *Melipona flavolineata* sugere que a maior parte do pólen aderido ao seu corpo durante as visitas era quase sempre escovado para as corbículas, nos intervalos de deslocamento entre flores e/ou cachos, o que pode ter diminuído a quantidade de pólen cruzado depositado. Essa dedução ganha força quando observarmos que a massa do fruto (1,2195g) na polinização livre (PL), não diferiu significativamente ($p > 0,05$) da massa do fruto do tratamento com *M. flavolineata*. Vale ressaltar que foram analisados apenas uma visita de cada espécie, o que sustenta uma possível diferença nos resultados para um número maior de visitas, devido também as diferentes abordagens que essas espécies podem fazer nas flores.

Por outro lado, *P. flavocincta* e *X. frontalis*, promoveram incrementos de 11,64% e 31,74% na massa do fruto, respectivamente, quando comparamos com a massa dos frutos antes da introdução das abelhas, no tratamento polinização livre sem abelhas (PL). A diferença de eficiência fomentada pelas duas espécies (*P. flavocincta* e *X. frontalis*) pode estar ligada ao comportamento de cada uma na flor. *Plebeia flavocincta*, embora não vibre, conseguem passar bastante tempo, mais de um minuto, movimentando e estimulando as estruturas reprodutivas da flor, com voos entre plantas. Já *X. frontalis*, com o menor tempo de visita, alcançou o melhor índice no calibre dos frutos, pois consegue visitar um maior número de flores por minuto e pela frequente ativação do seu mecanismo de vibração. Campbell *et al.* (2017) avaliaram o desempenho da abelha *Bombus impatiens*, que também vibra (“buzz pollination”), em variedade de mirtilo lowbush na Flórida e constataram aumento de 8% na formação de frutos comerciais. Mesmo espécies que não apresentam comportamento de vibração, a exemplo de *Apis mellifera*, podem gerar incrementos variando de 40 até 153% na massa dos frutos de diversas cultivares de mirtilo, no entanto com a livre visitação, possibilitando assim inúmeras visitas na mesma flor (MARTIN *et al.*, 2021; NUNES-SILVA *et al.*, 2023).

A polinização livre com abelhas (LCA), conferiu o maior incremento na massa do fruto (42,73%), em comparação ao tratamento de polinização livre sem abelhas, possivelmente em virtude da disponibilidade de polinizadores numa área restrita, com comportamentos e horários complementares de forrageamento na cultura alvo. Este incremento produtivo ocasionado com a saturação de visitantes florais, em função da introdução de polinizadores tecnicamente manejáveis, pode ser respaldado por Araújo (2018), pois trabalhando com diferentes espécies de abelhas nativas nos pomares de várias cultivares de mirtilo, no sul do Brasil, obteve aumento de 25% na produtividade dos frutos. Campbell *et al.*, (2017), também discute que, mesmo em campos abertos, o mitileiro em suas regiões de origem, para atingir rendimento produtivo economicamente viável, necessita da presença de abelhas de grande e médio porte para sua polinização.

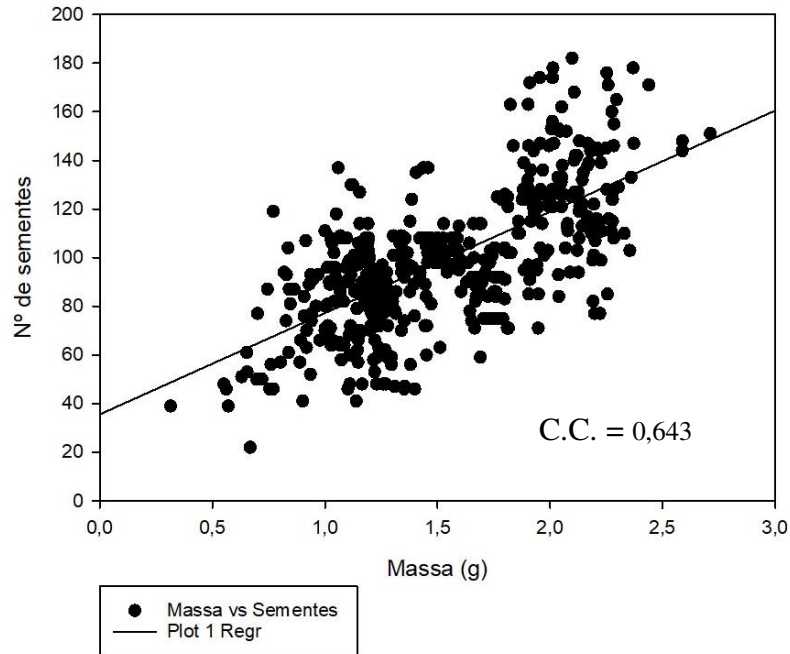
No tocante às características relacionadas ao sabor do fruto, sólidos solúveis totais e acidez, os resultados para polinização livre sem abelhas (PL) e para a *Melipona flavolineata*, apresentaram mais doçura, embora com frutos menores. Acontece que nesses tipos de frutos, os níveis de açúcares totais geralmente aumentam e os orgânicos totais diminuem, tornando as bagas mais doces no final do período de crescimento (ZORENC *et al.*, 2016). Possivelmente, como o fruto não tinha mais potencial de crescimento, a produção de açúcares pode ter sido maior para os processos metabólicos visando o enchimento da baga, o que pode ter ocasionado maior acúmulo (ZAHRA; CHOSA; TOJO, 2021). Sabe-se que os frutos cultivados sob

cobertura sofrem pequenas alterações fisiológica, modificando principalmente acidez e sólidos solúveis. Neste contexto, deve-se considerar que os critérios gerais de seleção de sabor para frutas são uma combinação de alta doçura e acidez moderada (ORDÓÑEZ-DÍAZ, et al., 2020), o que encontramos nos resultados deste trabalho para todos os tratamentos.

O tempo de maturação completa caracteriza o momento ideal para colher o fruto e colocá-lo no mercado. As frutas com menor massa, oriundas dos tratamentos com polinização livre sem abelhas (PL) e com *Melipona flavolineata* foram as que levaram mais tempo de maturação, 74 e 72 dias, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre ambas. Porém foram significativamente mais tardias em comparação a polinização com *Plebeia flavocincta*, *Xylocopa frontalis* e polinização livre com abelhas (LCA), 62, 66 e 66 dias respectivamente, nas quais não difeririam entre si. As culturas agrícolas quando bem polinizadas, no momento adequado, podem antecipar e uniformizar o período da colheita, pois as plantas interrompem o deslocamento de nutrientes para produção de mais flores e os concentram em desenvolver os frutos. Esse fato, pode também beneficiar substancialmente o produtor, pois evita maiores gastos com fertilizantes, o que aconteceria em ciclos maiores da cultura específica (SOUSA, 2003, MILFONT *et al.*, 2013).

Percebeu-se também variações no número médio de sementes, conforme a massa dos frutos de cada tratamento. Houve correlação significativa ($p < 0,05$) entre o número de sementes e a massa do fruto, com tendência de aumentarem em conjunto (Figura 13).

Figura 13 - Número de sementes em função da massa total em gramas dos frutos do mirtilo (*Vaccinium corymbosum*), variedade Biloxi, polinizado por diferentes espécies de abelhas nativas, em cultivo protegido nas condições tropicais do nordeste brasileiro.



Fonte: Extraído do SigmaPlot 15.0

Plantas agroalimentares com múltiplos óvulos, requerem uma quantidade mínima de sementes para vingar o fruto e uma quantidade ainda maior para aquele fruto se desenvolver no tamanho e formato comercialmente aceito (FREITAS *et al.*, 2021). Como podemos ver no número de sementes, o mirtilo é uma cultura com mais 100 óvulos por fruto, onde cada um deve estar potencialmente pronto para ser fertilizado, formar embrião, e são estes embriões que irão liberar os hormônios que estimulam a expansão da parede do ovário. Os frutos vingados neste experimento não apresentaram mal formação, apenas tamanhos reduzidos para determinados tratamentos e alguns índices de abortamento. O que podemos ver é que os frutos de maior massa, receberam um número de grãos de pólen maior, confiavelmente em função do trabalho de visitas das abelhas nas flores.

11 CONCLUSÕES

Scaptotrigona depilis não se interessa pelas flores do mirtilheiro, variedade Biloxi, nessas condições de cultivo, não sendo, portanto, uma espécie recomendada para a polinização desta cultura.

Frieseomelitta sp., apesar de visitar as flores do mirtilheiro, variedade Biloxi, não se mostra apta para polinizar esta cultura, pois não demonstrou constância floral e realizou visitas ilegítimas (sem tocar os órgãos reprodutivos) na maioria das visitas.

Melipona flavolineata, apesar de realizar visitas legítimas, não se mostrou um polinizador eficiente com apenas uma visita às flores.

Xylocopa frontalis se mostrou a abelha mais eficiente para a polinização do mirtilheiro nas condições de cultivo protegido aqui testado, seguida por *Plebeia flavocincta*. Ambas as espécies podem ser utilizadas na polinização do mirtilheiro.

A associação entre as espécies *Melipona flavolineata*, *Plebeia flavocincta*, e *Xylocopa frontalis* na polinização da cultura do mirtilheiro, sob cultivo protegido, aumentou significativamente a massa dos frutos e reduziu o tempo de colheita provavelmente devido ao efeito complementar da polinização e se apresenta como a melhor estratégia para polinização desta cultura nas condições estudadas.

REFERÊNCIAS

- AL-ATTAL, Y.Z.; KASRAWI, M.A.; NAZER, I.K. Influence of pollination technique on greenhouse tomato production. **Agricultural and Marine Sciences**, v. 8, n. 1, p. 21- 26, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242279384_Influence_of_Pollination_Technique_o_n_Greenhouse_Tomato_Production Acesso em: 20 de março de 2024.
- ALVES-DOS-SANTOS, Isabel; SILVA, Claudia Inês; PINHEIRO, Mardiore; KLEINERT, Aristid de Matos Peixoto. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.67, n.2: p.295-307, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326723574_Quando_um_visitante_floral_e_um_polinizador Acesso em 22 de março de 2024.
- ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa; BACCAN Rodrigo. Cultivares de Mirtilos para Produção em Vasos. **Circular Técnica 236**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152387/1/CIRCULAR-CPACT-236.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2024.
- ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa; GONÇALVES, Emerson Dias; RISTOW, Nara Cristina; CARPENEDO, Silvia; TREVISAN, Renato. Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 8, p.1011-1015, 2008.
- ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa; RASEIRA, Maria do Carmo Bassols; VIZZOTTO, Márcia; PAGOT Eduardo. **Acultura do mirtilheiro**. In: Série Fruticultura – Pequenas Frutas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas - RS, p.15-51. 2013b.
- ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa; RASEIRA, Maria do Carmo Bassols; VIZZOTTO, Márcia; PAGOT Eduardo. **Acultura do mirtilheiro**. In: **Série Fruticultura** – Pequenas Frutas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas - RS, p.15-51. 2013.
- ARAUJO, Diogo Feliciano Dias. **A polinização de mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L. var. *Southern Highbush*), uma cultura de clima temperado introduzida em ambiente tropical**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2018.
- ARAUJO, Edilson D.; COSTA, M.; CLAUD-NETTO, J.; FLOWER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3b, p. 563-568, 2004.
- BARBOSA, Francis Régis Gonçalves Mendes; NORONHA, Maria de Oliveira; PIACENTI, Carlos Alberto. Valoração econômica do serviço de polinização na agricultura no centro-oeste brasileiro. **Geosul**, Florianópolis, v. 36, n. 78, p. 310-325, jan./abr. 2021.
- BARTELLI, Bruno Ferreira; SANTOS, Alexandre Oliveira Resende; NOGUEIRA-FERREIRA, Fernanda Helena. Colony performance of *Melipona*

quadrifasciata (Hymenoptera, Meliponina) in a Green-house of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). **Sociobiology**, v. 61, n.1, p.60-67. 2014.

BEZERRA, Antonio Diego Melo. **Uso da abelha canudo (*Scaptotrigona* sp. Nov.) na polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) em ambiente protegido**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 95 p., 2014.

BIZOTTO, Lucas de Almeida; SANTOS, Régis Sívori Silva dos; BOFF, Mari Inês Carissimi. Effects of Thidiazuron and Pollinator visits on Fruit Set and Quality of ‘Maxigala’ Apple Trees. *Comunicata Scientiae*, v.15: ex3742. 2024.

BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão. **Uso de abelhas sem ferrão (meliponinae: apidae) em casa de vegetação para polinização e produção de frutos de minimelancia [*Citrullus lanatus* (thunb.) matsum. & nakai] com e sem semente**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 141 p., 2013.

BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão; BEZERRA, Antônio Diego de Melo Bezerra; NUNES, Alexandre Campos Nunes; FREITAS, Breno Magalhães Freitas; ARAGÃO, Fernando Antonio Souza de. Adaptive and Foraging Behavior of Two Stingless Bee Species in Greenhouse Mini Watermelon Pollination. **Sociobiology**, 61(4), 502–509. 2015.

BUSHMANN, Sara L.; DRUMMOND, Francis A. Analysis of Pollination Services Provided by Wild and Managed Bees (Apoidea) in Wild Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton) Production in Maine, USA, with a Literature Review. **Agronomy**. 10(9), 1413. 2020.

CAMPBELL, A. J.; WILBY, A.; SUTTON, P.; WACKERS, F. L. Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop? A case study UK cider apple orchards. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.239, p.20-29, 2017.

CAMPBELL, Joshua W.; O'BRIEN, Joseph O.; IRVIN, J. Hennelly; KIMMEL, C. B.; DANIELS, J. C.; ELLIS, J. D. Managed bumble bees (*Bombus impatiens*) (Hymenoptera: Apidae) caged with blueberry bushes at high density did not increase fruit set or fruit weight compared to open pollination. **Environmental Entomology**, v.46, n.2, p.237–242, 2017.

CANTUARIAS-AVILES, Tatiana. **Cultivo do Mirtileiro**. Divisão de biblioteca e documentação – Universidade de São Paulo. Série Produtor Rural, 48, 38p., 2010a.

CANTUARIAS-AVILÉS, Tatiana; SILVA, Simone Rodrigues; MEDINA, Ricardo Bordignon; MORAES, Ana Flávia Garcia; ALBERTI, Maria Freire. Cultivo do mirtilo: atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36(1), 139-147. 2014.

CANTUARIAS-AVILÉS, Tatiana; SILVA, Simone Rodrigues; MEDINA, Ricardo Bordignon; MORAES, Ana Flávia Garcia; ALBERTI, Maria Freire. Cultivo do mirtilo: atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36(1), 139-147. 2014.

CAVALCANTE, Marcelo Casemiro; OLIVEIRA, Favízia Freitas; MAUÉS, Márcia Motta; FREITAS, Breno Magalhães. Pollination requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) trees in central Amazon rainforest. **Psyche: A Journal of Entomology**, Cambridge, v. 9, p.1-9, 2012.

CHAIKA, V.; LISOVYY, M.; MINIAILO, N. V. Ecological and Economic Assessment of Ecosystem Services on the Example of Pollinating Insects. **Journal Biological Systems: Theory and Innovation**, v.2, n.12, 2021.

COBAPLA - COMITÊ BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE PLÁSTICOS NA AGRICULTURA. Desafios da Plasticultura no Brasil. 2022. Disponível em: <http://cobapla.com.br/wp-content/uploads/2022/06/1-Plasticultura-no-Brasil-tecnologia-de-monitoramento-2022.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2024.

COMISIÓN INTERAMERICANA DE AGRICULTURA ORGÁNICA (CIAO). Report of the inter-american commission for organic agriculture. San José, Costa Rica. 2023.

COOLEY, Hazel; VALLEJO-MARÍN, Mário. Buzz-Pollinated Crops: A Global Review and Meta-analysis of the Effects of Supplemental Bee Pollination in Tomato. **Journal of Economic Entomology**, Volume 114, Issue 2, P. 505–519. 2021.

CORREIA, Francisco Cildomar da Silva; PERUQUETTI, Rui Carlos; SILVA, Andresa Ribeiro da; GOMES, Fábio Augusto. Influência da temperatura e umidade nas atividades de vôo de operárias de *Melipona eburnea* (Apidae, Meliponina). **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, Umuarama, v. 20, n. 2, p. 65-70, 2017.

CORTI, Camila; ARCERITO, Facundo R. Meroi; LANDA, Gregorio Fernandez de; MAZZEI, Mariana Paola; LANDA, Mateo Fernandez de; MAGGI, Matias; GALETTO, Leonardo. Tomato production under greenhouse conditions: Bumblebees or hormones? **Scientia Horticulturae**.V. 326, 112747. 2024.

CRUZ, Darci de Oliveira. **Biologia flora e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* L. (CAMPO ABERTO) e *Melipona quadrifasciata* Lep. (AMBIENTE PROTEGIDO) na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) em Minas Gerais, Brasil**. Tese (Doutorado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 83 pp., 2009.

CRUZ, Darci de Oliveira; CAMPOS, Lucio Antonio de Oliveira. Polinização por abelhas em cultivos protegidos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v 15, n. 1-4, p. 5-10, 2009.

CRUZ, Darci de Oliveira; FREITAS, Breno Magalhães; SILVA, Luis Antônio; SILVA, Eva Mônica Sarmento; BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão. Adaptação e comportamento de pastejo da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 293-298, 2004.

CRUZ, Darci de Oliveira; FREITAS, Breno Mahalhães; SILVA, Luis Antônio; SILVA, Eva Mônica Sarmento; BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão. Pollination efficiency of the

stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweetpepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1197-1201, 2005.

DAFNI, Amots; KEVAN, Peter G.; HUSBAND, Brian C. **Practical Pollination Biology**. Enviroquest, 590p, 2005.

DAINESE, Matteo; MARTIN, Emily A.; AIZEN, Marcelo A.; ALBRECHT, Matthias; BARTOMEUS, Ignasi BARTOMEUS; Ricardo; CARVALHEIRO, Luisa G.; CHAPLIN-KRAMER, Rebecca; GAGIC, Vesna; GARIBALDI, Lucas A.; GHAZOUL, Jaboury; AGARRAR, Heather; JONSSON, Mattias; KARP, Daniel S.; KENNEDY, Cristina M.; KLEIJN, David; KREMEN, Claire; LANDIS, Douglas A.; LETOURNEAU, Débora K.; MARINI, Lorenzo; POVEDA, Katja; RADER, Romina; SMITH, Henrik G.; TSCHARNTKE, Teja; ANDERSSON, Georg K. S.; BADENHAUSSER, Isabelle; BAENSCH, Svenja; BEZERRA, Antonio Diego M.; BIANCHI, Félix J. J. A.; BOREUX, Virgem; BRETAGNOLLE, Vicente; CABALLERO-LÓPEZ, Berta; CAVIGLIASSO, Pablo; CETKOVIĆ Aleksandar; CHACOFF, Natacha P.; CLASSEN, Alice; CUSSER, Sarah; SILVA E SILVA, Felipe D. da; GROOT, G. Arjen de; DUDENHÖFFER, Jan H.; EKROOS, Johan; FIJEN, Este; FRANCK, Pedro; FREITAS, Breno M.; GARRATT, Michael P. D.; GRATTON, Cláudio; HIPÓLITO, Juliana; HOLZSCHUH, Andrea; CAÇA, Lauren; IVERSON, Aaron L.; JHA, Shalene; KEASAR, Tamar; KIM, Tânia N.; KISHINEVSKY, Miriam; KLATT, Björn K.; KLEIN, Alexandra-Maria; KREWENKA, Kristin M.; KRISHNAN, Smitha; LARSEN, Ashley E.; LAVIGNE, Claire; LIERE, Heidi; MAAS, Bea; MALLINGER, Rachel E.; PACHON, Eliana Martínez; MARTÍNEZ-SALINAS, Alejandra; MEEHAN, Timothy D.; MITCHELL, Matthew G. E.; MOLINA, Gonzalo A. R.; NESPER, Maïke; NILSSON, Lovisa; O'ROURKE, Megan E.; PET, Marcel K.; PLEČAŠ, Milão; POTTS, Simon G.; RAMOS, Davi de L.; ROSENHEIM, Jay A.; RUNDLÖF, Major; RUSCH, Adrien; SÁEZ, Agustín; SCHEPER, Jeroen; SCHLEUNING, Matias; SCHMACK, Júlia M.; SCILIGO, Âmbar R.; SEYMOUR, Colleen; STANLEY, Dara A.; STEWART, Rebeca; STOUT, Jane C.; SUTTER, Louis; TAKADA, Mayura B.; TAKI, Hisatomo; TAMBURINI, Giovanni; TSCHUMI, Matias; VIANA, Blandina F.; WESTPHAL, Catrin; WILLCOX, Bryony K.; WRATTEN, Stephen D.; YOSHIOKA, Akira; ZARAGOZA-TRELLO, Carlos; ZHANG, Wei; ZOU, Yi; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. **Science Advances**, v. 5, p.1-13. 2019. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aax0121> Acesso em: 23 de abril de 2024.

DELAPLANE, K. S. *et al.* Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. **Journal of Apicultural Research**, v. 52, n. 4, p. 1-28, 2013.

DELAPLANE, Kelth-S. *Croop pollination by bees, volume 2 individual crops and their bees*. 2 ed. Boston: CABI. 291p. 2023.

DINIZ, Maira Rodrigues; SILVA, Albeane Guimarães; CARREIRA, Léa Maria Medeiros; ALMEIDA, Eduardo Bezerra de; RÊGO, Márcia Maria Corrêa. Pollen Spectrum of Honey from the Bee *Melipona subnitida* Ducke (1910) in Restinga in Maranhão State. **Floresta e Ambiente** 2021; 28(2): e20200068. 2021.

DORNHAUS, Anna; KLÜGL, Franziska; OECHSLEIN, Cristoph; BONECA, Frank; CHITTKA, Lars. Benefits of recruitment in honey bees: effects of ecology and colony size in an individual based model. **Behavioral Ecology Journal**, v. 17, n. 3, p. 336-344, 2006.

FACHINELLO, José Carlos; PASA, Mateus da Silva; SCHMTIZ, Juliano Dutra; BETEMPS, Débora Leitzeke. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33(1), 109-120. 2011.

FALL CREEK – FARM; NURSERY. Disponível em: <https://www.fallcreeknursery.com/commercial-fruit-growers/varieties/biloxi>. Acesso em abril de 2024.

FANG, Yang; NUNEZ, Gerardo; FISHER, Paul; MUNOZ, Patricio R. Effect of container size, substrate composition, and genotype on growth and fruit quality of young southern highbush blueberry in a container-based intensive production system. **Scientia Horticulturae**, v. 302, 111149, 2022.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Data. Crop database, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 18 de maio de 2024.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Data. Crop database – Blueberries Production, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 18 de maio de 2024.

FARIA JUNIOR, Max J.A., HORA, Rerison C. **Cultivo Protegido**. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, pp. 451-487. 2018. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-16.pdf>. Acesso em 8 de maio de 2024.

FARIAS-SILVA, Felipe Jackson; FREITAS, Breno Magalhães. Thermoregulation in the large carpenter bee *Xylocopa frontalis* in the face of climate change in the Neotropics. **Apidologie**, [s. l.], v. 52, n. 2, p. 341-357, 2021.

FELICOLI, A.; KRUNIC, M.; PINZAUTI, M. **Rearing and using Osmia bees for crop pollination: A help from a molecular approach**. In: FREITAS, B. M. & PEREIRA, J. O. P. (Ed.). 2004. Solitary Bees: Conservation, rearing and Management for Pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária, p. 161-174. 2004.

FERENCZI, Aliz-Feketéné; SZUCS, Isván; GÁTHY, Andrea-Bauerné. Evaluation of the Pollination Ecosystem Service of the Honey Bee (*Apis mellifera*) Based on a Beekeeping Model in Hungary. **Sustainability**. V.15, 9906. 2023.

FERNANDES, Gercy Soares; PINTO, Gercy Soares; ZOCOLO, Guilherme Julião; ARAGÃO, Fernando Antonio Souza de; FREITAS, Breno Magalhães. Apis mellifera discrimination between flowers of commercial types of melon and implications to crop pollination. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 2, e20196851. 2020.

FIDALGO, Adriana de Oliveira; CÉCEL Aline Testoni; MAZZI, Juliana Ferrari de Oliveira; BARBEDO, Claudio José. Pollination and quality of seeds and plantlets of *Eugenia uniflora* L. **Hoehnea** 46(1): e052018, 4 tab., 4 fig., 2019.

FONSEZA, Luís Lopes; OLIVEIRA, Pedro Brás. A planta do mirtilo: morfologia e fisiologia. **AGRO - Folhas de Divulgação**, V. 556, n2, 2007.

FREE, Jhon. B. Insect pollination of crops. 2a ed. London: Academic Press, p. 684, 1993.

FREIMUTH, Jonas; SCHEEPENS, Oliver Bossdorf J. F.; WILLEMS, Franziska M. Climate warming changes synchrony of plants and pollinators. **Proc. R. Soc. B** 289: 20212142. 2022.

FREITAS, Breno Magalhães. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. 1995. 197f. Tese (PhD em Apicultura e Polinização) - University of Wales, 1995.

FREITAS, Breno Magalhães; BEZERRA, Antônio Diego Melo. **Criação, multiplicação e manejo de abelhas nativas para a polinização agrícola no Brasil**. Fortaleza-CE: Laboratório de abelhas, Universidade Federal do Ceará, 2024.

FREITAS, Breno Magalhães; BONFIM, Isaac Gabriel Abraão. 2017. **Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <https://www.cgee.org.br>. Acesso em: 10 abril de 2024.

FREITAS, Breno Magalhães; Imperatriz-Fonseca, Vera Lúcia. A Importância Econômica da Polinização. **Mensagem Doce**, São Paulo, 80: 44-46. 2005.

FREITAS, Breno Magalhães; MUNIZ, João Paulo de Oliveira; BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão. Polinização complementar por abelhas para maximizar a produção e qualidade de frutos da pitaiá. In: **II Econtro nacional dos produtores de pitaiá**. LACERDA, Vander Rocha. Botucatur-SP, 184 p. 2021.

FREITAS, Breno Magalhães; NUNES-SILVA, Patrícia. **Polinização Agrícola e sua Importância no Brasil**. In: Imperatriz-Fonseca, V. L.; Canhos, D. A. L.; Alves, D. A.; Saraiva, A. M. Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para diversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. P. 104-128.

FREITAS, Breno Magalhães; OLIVEIRA-FILHO, José Hugo. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p.1135 – 1139, 2003.

FREITAS, Breno-Magalhães; OLIVEIRA-FILHO, José-Hugo de. Criação de abelhas mamangavas (*Xylocopa spp.*) para polinização do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*). **Mensagem Doce**, São Paulo, vol. 80, pág. 29-31, 2005.

FULLER, Zachary L.; NIÑO, Elina L.; PATCH, Harland M.; BEDOYA-REINA, Oscar C.; BAUMGARTEN, Tracey; MULI, Elliud; MUMOKI, Fiona; RATAN, Aakrosh; MCGRAW, John; FRAZIER, Maryann; MASIGA, Daniel; SCHUSTER, Stephen; GROZINGER, Christina M.; MILLER, Webb. Genome-wide analysis of signatures of selection in populations of African honey bees (*Apis mellifera*) using new web-based tools. **BMC Genomics**, v.16, n.518, p.1-18, 2015.

GANIE, Sajad A; HAIFA, Zul-Nuran; PARAY, M. A; BANO, Parveena; KHURSHID, Rizwana; REHMAN, Sheikh Aafreen. **Colony Collapse Disorder of Managed Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Populations**. In: Insect Diversity and Ecosystem Services. HAJAM, Younis Ahmad; PAREY, Sajad Hussain; BHAT, Rouf Ahmad. Apple Academic Press 1^a Edition, V. 2, pg. 18. 2024.

GARIBALDI, L.A., *et al.* Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, p.389-391. 2016.

GARIBALDI, Lucas A.; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf; WINFREE, Rachael; AIZEN, Marcelo A.; BOMMARCO, Riccardo; CUNNINGHAM, Saul A.; KREMEN, Claire; CARVALHEIRO, Luísa G.; HARDER, Lawrence D.; AFIK, Ohad; BARTOMEUS, Ignasi; BENJAMIM, Faye; BOREUX, Virginie; CARIVEAU, Daniel; CHACOFF, Natacha P.; DUDENHÖFFER, Jan H.; FREITAS, Breno M.; GHAZOUL, Jaboury; GREENLEAF, Sarah; HIPÓLITOJulinana; HUH, Andrea Holzsc; HOWLETT, Brad; ISAACS, Rufus; JAVOREK, Steven K.; KENNEDY, Cristina M.; KREWENKA, Kristin M.; KRISHNAN, Smitha; MANDELIK, Yael; MAYFIELD, Margaret M.; MOTZKE, Iris; MUNYULI, Theodoro; NAULT, Brian A.; OTIENO, Marcos; PETERSEN, Jéssica; PISANTY, Gideão; POTTS, Simon G.; RADER, Romina; RICKETTS, Taylor H.; RUNDLÖF, Maj; SEYMOUR, Colleen L.; SCHÜEPP, Christof; SZENTGYÖRGYI, Hajnalka; TAKI, Hisatomo; HARNTKE, Teja Tsc; VERGARA, Carlos H.; VIANA, Blandina F.; WANGER, Thomas C.; WESTPHAL, Catrin; KLEIN, Neal Williamse Alexandra M. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. **Science**. 339. 1608-16011. 2013. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1230200> Acesso em: 7 de março de 2024.

GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F.; AGUIAR, C. M. L.; DEL LAMA, M. A.; SANTOS, I. A. As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil. In: Vera Lúcia Imperatriz-Fonseca; Dora Ann Lange Canhos; Denise de Araújo Alves; Antonio Mauro Saraiva. (Org.). Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, cap. 9, p. 183-202. 2012.

GERLING, D; VELTHUIS, H. H. W.; HEFETZ, Abraão. Bionomics of the large carpenter bees of the genus *Xylocopa*. **Annual Review of Entomology**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 163-190, 1989.

GIANINI, T.C.; Cordeiro, G. D.; Freitas B, M.; Saraiva, A.M.; Imperatriz-Fonseca V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology* 108(3):1-9. 2015.

GIBBS, Jason; ELLE, Elizabeth; BOBIWASH, Keyla; HAAPALAINEN, Tiia; ISAACS, Rufo. Contrasting pollinators and pollination in native and non-native regions of highbush blueberry production. **Plos One**, v.11, n.7, 2016.

GIOVANNINI, Aannalisa; MACOVEI, Anca; CASER, Matteo; MANSUINO, Adrea; GHIONE, Gian Guido; SAVONA, Marco; CARBONERA, Daniela; SCARIOT, Valentina; ALMA, Balestrasi. Pollen grain preservation and fertility in valuable commercial rose cultivars. **Plants**, v.6, p.17, 2017.

GOLDMEYER, Bruna; PENNA, Neidi Garcia; MELO, Ângela; ROSA, Claudia Severo. Características físico-químicas e propriedades funcionais tecnológicas do bagaço de mirtilo fermentado e suas farinhas. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal - SP, v. 36, n. 4, p. 980-987, 2014.

GOOGLE. Google Earth website. 2022. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-3.87592468,41.01473781,770.22871866a,820.87927503d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA>. Acesso em: 9 de abril de 2024.

GRANT, Kennedy Judith; VETTER, Lisa De VETTER; MELATOPOULOS Andony. Honey bee (*Apis mellifera*) colony strength and its effects on pollination and yield in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*). **Peer J** 9:e11634. 2021.

GUARDADO; Giovanni Vonsowski; HATA, Fernando Teruhiko; ZANUTTO Carlos Alexandre; NUNES, William Mário de Carvalho. Challenges and opportunities in the adoption of entomological pollination of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by bumblebees in vertical farms: a comprehensive review. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.17, n.7, p. 01-22, 2024.

GUIMARÃES-BRASIL, Michele de Oliveira; BRASIL, Daniel de Freitas; PACHECO-FILHO, Alípio José de Souza; SILVA, Claudia Inês; FREITAS, Breno Magalhães. Occupation and Emergence of Solitary Bees in Different Types of Trap Nests. **Sociobiology**, V. 66(2). p. 316-326. 2019.

HARANO, Ken-Hichi; HRNCIR, Michael. Big in the tropics—Are there thermal advantages of large body size for carpenter bees in hot climates? **Ecological Entomology**, [s. l.], v. 48, n. 3, p. 358- 370, 2023.

HERRMANN, John-David; BEY, Henriette; LA BROISE, Christel de; HARTLEP, Hollyn; Diekotter, Tim. Positive effects of the pollinators *Osmia cornuta* (Megachilidae) and *Lucilia sericata* (Calliphoridae) on strawberry quality. **Arthropod-Plant Interactions**. v.13, p.71–77. 2019.

HIDALGO, Maria; ORUNA-CONCHA, M. José; KOLIDA, Sofia; WALTON, Gemma. E.; KALLITHRAKA, Stamatina; SPENCER, Jeremy P. E.; PASCUAL-TERESA, Sonia.

Metabolism of anthocyanins by human gut microflora and their influence on gut bacterial growth. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 60(15), 3882–3890, 2012.

HILÁRIO, Sérgio Dias; RIBEIRO, Márcia de Fátima; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia Impacto da precipitação pluviométrica sobre a atividade de vôo de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). **Biota Neotropica**, v.7, n.3, p. 135-144, 2007.

HUNG, K. L. J; KINGSTON, J. M.; ALBRECHT, M.; HOLWAY, D. A.; KOHN, JR. A importância mundial das abelhas melíferas como polinizadores em habitats naturais. **Processo. R.Soc. B** 285:20172140. 2018.

IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia; CANHOS, Dora Ann Lange; ALVES, Denise de Araújo; SARAIVA, Antonio Mauro. **A importância ecológica dos polinizadores**. In: Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (eds.), São Paulo: Edusp, cap. 10, p. 203-212, 2012.

INOUYE, David W. **Effects of climate change on alpine plants and their pollinators**. Annals of the New York Academy of Science. p. 1-12. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Municipal 2017. Ubajara**: IPECE, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Ubajara_2017.pdf Acesso em: 14 de abril de 2024.

IPBES (2019) Global assessment of biodiversity and ecosystem services, Brondizio E. S. Settele J. Díaz S. and Ngo H. T. (editors). IPBES Secretariat, Bonn, Germany

ISHIKAVA, S. M; FIGUEIREDO, G. Olerícolas para cultivos em ambiente protegido. Casa da Agricultura. V. 14, n. 2, p. 24-25, 2011.

KLEIN, Alexandra Maia; VAISSIÈRE, Bernard E.; CANE, James H.; STEFFAN DEWENTER, Ingolf; CUNNINGHAM, A. Saul; KREMEN, Claire; TSCHARNTKE, Teja. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences**, 274: 303-313, 2007.

KLEIN, Alexandra Maria; FREITAS, Breno Magalhães; BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão; BOREUX, Virginie; FORFNOFF, Felix; OLIVEIRA, Mikail Olinda. 2020. A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil: Um guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. 1ª Edição. Albert-Ludwigs University Freiburg, **Nature Conservation and Landscape Ecology**, Alemanha. 2020.

KLEIN, Alexandra-Maria; FREITAS, Breno Magalhães; BOMFIM, Isac Gabriel Aabrão; BOREUX, Virginie; FORFNOFF, Felix; OLIVEIRA, Mikail Olinda. 2020. **A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil: Um guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas**. 1ª Edição. Albert-Ludwigs University Freiburg, **Nature Conservation and Landscape Ecology**, Alemanha. 2020.

KÖPPEN, W. Klassifikation der klima nach temperatur, niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Hamburg, v. 64, p. 243-248, 1918.

KÖPPEN, W. Klassifikation der klima nach temperatur, niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Hamburg, v. 64, p. 243-248, 1918.

KOTI, Sailaja; REDDY, K. Raja; REDDY, V. R.; KAKANI, V. G.; ZHAO, Duli. Interactive effects of carbon dioxide, temperature, and ultraviolet-B radiation on soybean (*Glycine max L.*) flower and pollen morphology, pollen production, germination, and tube lengths. **Journal of Experimental Botany**, v.56, p.725-736, 2005.

KUHN-NETO, B. et al. Long distance foraging and recruitment by a stingless bee, *Melipona mandacaia*. **Apidologie**, v. 40, n. 4, p. 472-480, 2009.

LIMA, Firmino Nunes. **Cultivo do mirtilheiro ‘Biloxi’ em função de fertirrigação nitrogenada e substratos**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. 118 p. 2021.

LIMA, Firmino Nunes; MIRANDA, Gabriel Soares; YAMANISHI, Osvaldo Kiyoshi; PIRES, Márcio de Carvalho; SABA, Elias Divino; PEREIRA, Aline Rodrigues. Ecophysiology of the southern highbush blueberry cv. Biloxi in response to nitrogen fertigation. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, n. 1, v. 11, e3245, 2020.

MACCAGNANI, Bettina, BURGIO, Giovanni; STANISAVLJEVIC, Ljuban. Z.; MAIN, Stefano. *Osmia cornuta* management in pear orchards. **Bulletin of Insectology**, v. 60, n. 1, p. 77- 82. 2007.

MACIAS, Majo J. O.; QUEZADA-EUAN, José Javier G.c; PARRA-TABLA, Vivian. Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, Mexico, In: **II Seminario Mexicano Sobre Abejas sin aguijón, Memorias**. QUEZADA-EUÁN, José Javier G.; MEDINA-MEDINA, L.; MOO-VALLE, H. (eds.), Mérida:Universidad Autónoma de Yucatán – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, p.119-124, 2001.

MAGALHÃES, Celso B.; FREITAS, Breno Magalhães. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. **Apidologie**, Publish Online. Vv.44, p. 234–239. 2013.

MAIA-SILVA, Camila; PEREIRA, Jaciara da Silva; FREITAS, Breno Magalhães; HRNCIR, Michael Don't stay out too long! Thermal tolerance of the stingless bees *Melipona subnitida* decreases with increasing exposure time to elevated temperatures. **Apidologie**, [s. l.], v. 52, n. 1, p. 218-229, 2021.

MALAGODI-BRAGA, Kartia Sampaio. **Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria xananassa* Duch. – Rosaceae)**. Tese (Doutorado em Ecologia),

Universidade de São Paulo, São Paulo, 102pp., 2002.

MALAGODI-BRAGA, Katia Ssampaio; KLEINERT, A. M. P.; IMPERATRIZ-FONSECA, Vrea Lucia. Abelhas sem ferrão e polinização. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v.10, p.59-70, 2004.

MALERBO-SOUZA, Darcler Teresinha; ANDRADE, Milena Oliveira de; MEDEIROS, Núbia Maria Guedes; SILVA, Thulio Gustavo da; SIQUEIRA, Rodrigo Alves de. Biodiversity and forage behavior of bees in Italian pumpkin crop (Cucurbita pepo). **Colloquium Agrariae**, v. 15, n.4, p.11-21. 2019.

MARTARELLO, Natália-Sêneda; GRUCHOWSKI-WOITOWICZ, Franciéli-Cristiane; AGOSTINI, Kayna. Pollinator Efficacy in Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae). **Ecology, Behavior and Bionomics**. V. 50, p.49–357. 2021.

MARTIN, Keanu; ANDERSON, Bruce; MINNAAR, Corneile; de JAGER, M.L. Assessing the effectiveness of honey bee pollinators for cultivated blueberries in South Africa. **South African Journal of Botany**. V. 150, p. 113-119. 2022.

MASCENA, Valdenio Mendes. **ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE INTERESSE ZOOTÉCNICO DA ABELHA URUÇU DO CHÃO** (*Melipona quinquifasciata*). Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4585638. Acesso em: 10 de Abril de 2024.

MAURERA, Talison Roberto; TONELLOA, Carolina Zuanazzi; MACHADOA, Bianca Oliveira; TRENTINB, Thomas dos Santos; BERTOLC, Charise Dallazem BERTOLC de; LÂNGAROA, Nadia Canali; CHIOMENTO, José Luís Trevizan. Phytochemical potential of berries: An overview. **LADEE**, vol. 4 no. 1, pp. 11–28, 2023.

MEDINA, Ricardo Bordgnon; CANTUARIAS-AVILÉS, Tatiane Eugenia; ANGOLINI, Sérgio Figueiredo; SILVA, Simone Rodrigues. Performance of “Emerald” and “Jewel” blueberry cultivars under no-chill incidence. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 48: 147-152. 2018.

MENEZES, Cristiano; ALVES, Denise A.; LUCENA, Daercio A. A.; ALMEIDA, Eduardo A. B. **Abelhas sem ferrão relevantes para a meliponicultura no Brasil**. Associação A.B.E.L.H.A. [livro eletrônico], 1ª edição, São Paulo. 2023. Disponível em: <https://abelha.org.br/formulario-e-book-abelhas-sem-ferrao-relevantes-para-a-meliponicultura-no-brasil/> Acesso em: 15 de abril de 2024.

MENEZES, Thatiane Padilha; RAMOS; José Darlan; BRUZI, Adriano Teodoro; COSTA, Ana Cláudia. Artificial pollination and fruit quality in red pitaya: Polinização artificial e qualidade de fruto em pitaya vermelha. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, 2015.

MESQUITA-NETO, José N.; VIEIRA, Ana Luísa C.; SCHLINDWEIN, Clemens. Minimum

size threshold of visiting bees of a buzz-pollinated plant species: consequences for pollination efficiency. **American Journal of Botany**. 108(6): 1006–1015. 2021.

MEYRELLES, Bianca-Gonçalves. **Polinização do tomate cereja por abelhas nativas em cultivo protegido**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 46 p., 2013.

MILFONT, Marcelo Oliveira; ROCHA, Epfânia Emanuels de Macêso; LIMA, Afonso Odério; FREITAS, Breno Magalhães. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. *Environmental Chemistry Letters*. 11:335-341. 2013.

MORAIS, Michelli Manfrini; DE JONG, David; MESSAGE, Dejair; GONÇALVES, Lionel Segui. Perspectiva e Desafios para o Uso das Abelhas *Apis mellifera* como Polinizadores no Brasil. In: IMPERATRIZ- FONSECA, Vera Lúcia; CANHOS, Dora Ann Lange; ALVES, Denise de Araujo; SARAIVA, Antonio Mauro. **Polinizadores Do Brasil – Contribuição e Perspectivas para a Bioversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.2012.

MORENO, Alejandro Moreno; DURON, Juanita Aguilar; GONZÁLES, Armando Luévano. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. **Rev. Mex. Agron.** 29(1):763-774. 2011.

MORSE, André; KEVAN, Peter; Os SHIPP; KHOSLA, Shalin. The impact of greenhouse tomato (*Solanales: Solanaceae*) floral volatiles on bumblebee (*Hymenoptera: Apidae*) pollination. **Environmental Entomology**, v. 41, n.4, 2012, p.855-864. 2012.

MOURA, Catrine Regina Feitosa; MACHADO, Carolina de Arapujo; LÈDO, Anada da Silva. Germinação in vitro e viabilidade de grãos de pólen de acessos de coqueiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 2, pág. 421-427, 2015.

MÜLLER, Florian; XU, Jiemeng; KRISTENSEN, Como; WOLTERS-ARTS, Mieke; GROOT, Peter F. M.; JASMA, Stuart Y.; MARIANI, Celestina; PARK, Sunghun; RIEU, Ivo. High-temperature-induced defects in tomato (*Solanum lycopersicum*) anther and pollen development are associated with reduced expression of b-class floral patterning genes. **PLoS One**, v.11, p.e0167614, 2016.

MUNIZ, João Paulo de Oliveira; BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão; CORRÊA, Márcio Cleber de Medeiros; FREITAS, Breno Magalhães. Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 4, p. 640-649, 2019.

NANZER, Samanta Letícia Lopes. **Atividade de forrageamento das abelhas sem ferrão *Tetragonisca angustula* e *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Apidae)**. Trabalho (Conclusão deCurso) – Curso de Graduação em Ciências Biológicas, Piracicaba: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.

NICODEMO, D.; MALHEIROS, Euclides Braga ; DE JONG, David ; COUTO, Regina Helena . Improved pollination efficiency and reduced honey bee colony decline in greenhouses by allowing access to the outside during part of the day. **Sociobiology**, v. 65, n.4, p.714-721. 2018.

NICODEMO, Daniel; MALHEIROS, Euclides Braga; JONG, David de; COUTO, Regina Helena Nogueira. Enhanced Production of Parthenocarpic Cucumbers Pollinated With Stingless Bees and Africanized Honey Bees In Greenhouses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, p.3625-3634, 2013.

NUNES-JESUS, Onildo; ROSA, Raul Castro Carriello. Polinização do maracujazeiro. In: **Maracujá, do cultivo a comercialização**. JUNGAHNS, Tatiane Goés; JESUS, Onildo Nunes de. Embrapa, Brasília-DF. Cp. 9, p. 177-190. 2017.

NUNES-SILVA, Patrícia, HNRCIR, Michael; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia. A polinização por vibração. *Oecologia Australis*, 14 (1):140-151.2010.

NUNES-SILVA, Patrícia; CHACOFF, Natacha P.; CAVIGLIASSO, Pablo; VIELI, Lorena. **Polinização Manejada**. In: *Mirtilo: polinização e produção na américa do sul*. NUNES-SILVA, Patrícia. p. 34-39. São Leopoldo, RS. 2023.

NUNES-SILVA, Patrícia; CHACOFF, Natacha P.; CAVIGLIASSO, Pablo; VIELI, Lorena. Polinização Manejada. In: *Mirtilo: polinização e produção na américa do sul*. NUNES-SILVA, Patrícia. p. 34-39. São Leopoldo, RS. 2023.

NUNES-SILVA, Patrícia; CHACOFF, Natacha P.; CAVIGLIASSO, Pablo; VIELI, Lorena. **Polinização Manejada**. In: *Mirtilo: polinização e produção na américa do sul*. NUNES-SILVA, Patrícia. p. 34-39. São Leopoldo, RS. 2023.

NUNES-SILVA, Patrícia; CHACOFF, Natacha P.; CAVIGLIASSO, Pablo; VIELI, Lorena. Polinização Manejada. In: *Mirtilo: polinização e produção na américa do sul*. NUNES-SILVA, Patrícia. p. 34-39. São Leopoldo, RS. 2023.

NUNES-SILVA, Patrícia; HNRCIR, Michael; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, v.14, n.1, p. 140-151, 2010.

OLENSEN, Jens M.; DUPONT, Yoko L.; EHLERS, Bodil K.; HANSEN, Dennis M. The openness of a flower and its number of flower-visitors species. **Bratislava: Taxon**, v.56, p. 729 – 736, 2007.

OLIVEIRA, Anna Patrycia Martins de; VENTURIERI, Giorgio Cristino; CONTRERA; Felipe Andrés León. Body size variation, abundance and control techniques of *Pseudohyocera kerteszi*, a plague of stingless bee keeping. **Bulletin of Insectology** 66 (2): 203-208, 2013.

OLIVEIRA, Fabiano Luis; DIAS, Victor Hugo Pedraça; COSTA, Ewerton Marinho da; FILGUEIRA, Marcos Antonio; SOBRINHO, José Espínola. Influência das variações

climáticas na atividade de voo das abelhas jandairas *Melipona subnitida* Ducke (Meliponinae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 598-603, 2012.

OLIVEIRA, Ícaro Pedroso de; MARQUES, Léo Omar Duarte; BELARMINO, Luiz Clovis; MELLO-FARIAS, Paulo; CANEVER, Mario Duarte. Costs and financial viability of blueberry production in Pelotas. **Revista de Economia e Sociologia Rural** 60(2): e236746, 2022.

OLIVEIRA, Mikail Olinda; CAVALCANTE, Maercelo Casemiro; FREITAS, Breno Magalhães. **Introdução à apicultura**. FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ - FUNECE, Ceará, 83 p., jul. 2017.

OLIVEIRA, Mikail Olinda; CAVALCANTE, Marcelo Casmiro; FREITAS, Breno Magalhães. Nesting Behavior and Colony Description of the Neotropical Bombus (Thoracobombus) brevivillus in Northeastern Brazil. **Journal of Insect Behavior**. V. 28 (3). p. 297-302. 2015.

OLIVEIRA, Vanuze Costa; ANDRADE-MELO, Luan Danilo Ferreira; MELO-JÚNIOR, João Luciano de Andrade; MASSAHUD, Regla Toujaguez La Rosa; GRUGIKI, Marília Alves. Bioinputs and organic production in Brazil: a study based on the Embrapa's Bioinsumos application. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 53, e76326, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/WZ5FCmLQPcQPbfGzCPXgppQ>. Acesso em: 10 de maio de 2024.

OLIVEIRA-ROSA, Talita Angélica de; ESCLARSKI, Priscilla; COELHO, Kaoma Fernandes; BENITES, Alessandra F. G. Caracterização morfológica e visitantes florais de *Dichorisandra thyriflora* (COMMELINACEAE). **Revista UNISANTA Bioscience** Vol. 9 nº 5. 2020.

OLLERTON, Jeff; WINFREE, Rachael; TARRANT, Sam. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**. 120:321-326. 2011.

ORDÓÑEZ-DÍAZ; José L. ORDÓÑEZ-DÍAZ; PEREIRA-CARO Gema; Vanessa; MURIEL, José L.; MORENO-ROJAS, José M. Study of the Quality Attributes of Selected Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Varieties Grown under Different Irrigation Regimes and Cultivation Systems. **Appl. Sci**. V. 10, 8459. 2020.

OREGEL, Vicente Reyes; MEDINA-PERALTA, Salvador; PARRA-TABLA, Victor. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in Subtropical México. **Horticultural Entomology**, v.97, p. 475 – 481, 2004.

OYEN, K. Jannete; DILLON, Michael E. Critical thermal limits of bumble bees (*Bombus impatiens*) are marked by stereotypical behaviors and are unchanged by acclimation, age, or feeding status. **The Journal of Experimental Biology**, v. 221, n. 8, 2018.

PAIVA, Letícia Ferreira. **Como o Aumento de Temperatura Devido às Mudanças Climáticas pode Comprometer o Serviço De Polinização da Abelha Mamangava *Xylocopa Frontalis* na Cultura Do Maracujá (*Passiflora Spp.*)**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2023.

PASQUAL, Mpacir; PETRI, José Luiz; MATTOS, Cangusso Silveira. Polinização da macieira III: cultivares BR-1 e Mollies Delicious. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, p. 1477-1481, 1982.

PEREIRA, Laura-Chabes. **Avaliação do atrativo de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 Apis Bloom ® sobre a polinização do avocado ‘Hass’**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade De Ciências Departamento Ciências Biológicas. Bauru-SP, 2022.

PERUQUETTI, Rui Carlos; COSTA-SILVA, Yara; DRUMOND, Patrícia Maria. Forídeos Cleptoparasitas de Abelhas-semferrão: Sazonalidade, Distribuição Espacial e Atratividade de Iscas de Vinagre. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 47. Embrapa Acre Rio Branco, AC. 2012.

PETTIS, Jeffery S.; LICHTENBERG, Elinor M.; ANDREE, Michael; STITZINGER, Jennie; ROSE, Robyn; VANENGELSDORP, Dennis. 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.

PHILLIPS, Doug A.; WILLIAMSON, Jeffrey G.; MUNOZ, Patrício R. **Evergreen production system for southern highbush blueberries in Florida**. Gainesville: Department of Horticultural Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, p. 3, 2020.

PIERROT, Leonardo Monteiro; SCHLINDWEIN, Clemens. Variation in daily flight activity and foraging patterns in colonies of urucu – *Melipona scutellaris* Latreille (Apidae, Meliponini). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 4, p. 565-571, 2003.

PIMENTEL, Alyne Daniele Alves; ABSY, Maria Lucia; RECH, André Rodrigo; ABREU, Vanessa Holanda Righetti de. Pollen sources used by *Frieseomelitta Ihering* 1912 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) bees along the course of the Rio Negro, Amazonas, Brazil. **Acta Botanica Brasilica** - 34(2): 371-383. 2020.

PIRES, Carmen Silva Soares; RAMOS, Davi de Lacerda; MENEZES, Crintiano; CAMPOS, Lúcio Antonio de Oliveira; FONTES, Eliana Maria Gouveia. **Plano de manejo da abelha-nativa-sem-ferrão mandacaia (*Melipona quadrifasciata*), para polinização de tomateiros em casas de vegetação**. Embrapa – Recursos Genéticos e Biotecnologia, Circular Técnica n 98, Brasília-DF, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1163604/plano-de-manejo-da-abelha-nativa-sem-ferrao-mandacaia-melipona-quadrifasciata-para-polinizacao-de-tomateiros-em-casas-de-vegetacao>. Acesso em: 20 de maio de 2024.

PIRES, Carmen Silva Soares; RAMOS, Davi de Lacerda; MENEZES, Cristiano; SOUSA Victor C. FONTES, Eliana Maria Gouveia. **Aclimação de abelhas-sem-ferrão aos ambientes protegidos e desenvolvimento de método de produção massal de ninhos para uso na polinização em culturas nas casas de vegetação.** In: Ciência das Abelhas. Pesquisas e desenvolvimento sobre polinizadores e polinização. ASSAD, Ana Lúcia Delgado; ALEIXO, Kátia Paulo. Associação A.B.E.L.H.A. São Paulo. 2023.

Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos [BPBES]. 2019. Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. BPBES/REBIPP, Brasil. Disponível em: <https://www.bpb.es.net.br>. Acesso em: 13 Abril. 2024.

POTTS, Simon G.; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia; NGO, Hien T.; AIZEN, Marcelo A.; BIESMEIJER, Jacobus C.; BREEZE, Thomas D.; DICKS, Lynn. V.; GARIBALDI, Lucas A.; HILL, Rosemary; SETTELE, Josef; VANBERGEN, Adam J. Safeguarding pollinators and their values to human wellbeing. **Nature**, [s. l.], v. 540, n. 7632, p. 220-229, 2016.

PYKE, Graham H. Plant-pollinator co-evolution: It's time to reconnect with optimal foraging theory and evolutionarily stable strategies. **Perspectives in plant ecology, evolution and systematics**, 19, p.70-76, 2016.

RADÜNZ, A. L. et al. Caracterização do hábito de frutificação do mirtilheiro cultivado na região de Pelotas/RS, Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v.115, p.83-90, 2016.370. 2016.

RADÜNZ, André Luiz; ACUNHA, Tanize dos Santos, GIOVANAZ, Marcos Antônio; HERTER, Flavio Gilberto, CHAVES, Fábio Clasen. Intensidade de poda na produção e na qualidade dos frutos de mirtilheiro. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal - SP, v. 36, n. 1, p. 186-191, 2014.

RAGUSE-QUADROS, Mateus; RAMÍREZ-MEJÍA, Andrés F.; VIELI, Lorena; IBARRA Maureen Murúa; Patrícia NUNES-SILVA. **Visitantes florais e polinizadores do mirtilo.** In: Mirtilo: polinização e produção na América do Sul. NUNES-SILVA, Patrícia. São Leopoldo, RS. 2023.

RAGUSE-QUADROS, Mateus; RAMÍREZ-MEJÍA, Andrés F.; VIELI, Lorena; IBARRA Maureen Murúa; Patrícia NUNES-SILVA. Visitantes florais e polinizadores do mirtilo. In: **Mirtilo: polinização e produção na América do Sul.** NUNES-SILVA, Patrícia. São Leopoldo, RS. 2023.

RAMOS, Davi de Lacerda. **O uso de abelhas sem ferrão para a polinização de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* mill.) Em sistemas de cultivo orgânico protegidos: fatores ambientais, produtividade e valoração econômica.** Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de Brasília, Brasília-DF, 187 p., 2022.

RASEIRA, Maria do Carmo Bassols; ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa. A cultura do mirtilo. **Documentos**, Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. 121, 69 p. 2004.

RETAMALES, Jorge; HANCOCK, James. **Blueberries. Cambridge, Massachusetts: Center for Agricultural Bioscience International, 323 p. 2012.**

ROCHA, Franklin H. Rocha; PERAZA, Daniel N.; MEDINA, Salvador; QUEZADA-EUÁN, José Javier G. Pollination service provided by honey bees to buzz-pollinated crops in the Neotropics. **PLoS One** 18(1): e0280875. 2023.

RODRIGUES, Beatriz de Jesus; SABBAG, Omar-Jorge; POLYCARPO, Gustavo do Valle; DE JONG, David; NICODEMO, Daniel. An easy-to-manage two-entrance honey bee hive system for greenhouse pollination that improves fruit production. **Research, Society and Development**, v. 10, n.11, e 589101120029, 2021.

ROSA, A. S.; FERNANDES, M. Z.; FERREIRA, D. L.; BLOCHTEIN, B.; PIRES, Carmen Silvia Soares; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. Quantification of larval food and its pollen content in the diet of stingless bees – subsidies for toxicity bioassays studies. **Braz. J. Biol.**, vol. 75, no. 3, p. 771-772, 2015.

ROSELINO, Ana Carolina. **Polinização em culturas de pimentão – *Capsicum annuum* por *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona scutellaris* e de morango – *Fragaria xananassa* por *Scaptotrigona aff. depilis* e *Nannotrigona testaceicornis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini).** Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 95pp., 2005.

ROSELINO, Ana Carolina; BISPO DOS SANTOS, Solange Aparecida; BEGO, Luci Rolandi. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, p. 154-158, 2010.

ROUBIK, David W. Stingless Bee (Apidae: Apinae: Meliponini) Ecology. **Annual Review of Entomology**. 68:231–56. 2022.

ROUBIK, David Ward. et al. The pollination of cultivated plants – A compendium for practitioners. **Food and agriculture Organization of The United Nations**, Rome, v. 2, 2018.

RUIZ, Lino Meraz. Custo-benefício de um sistema de cultivo protegido de tomate em San Quintín. **Rev. Ciência. Agríc** vol.14 no.5. 2023.

SANTANNA, Manoela Lencino; NUNES-SILVA, Patrícia. Aspectos botânicos e mecanismos de polinização. In: Mirtilo: polinização e produção na América do Sul. NUNES-SILVA, Patrícia. São Leopoldo, RS. 2023.

SCHUCH, Marcia Wulff; TOMAZ, Zeni Fonseca Pinto. Advances in the spread of vegetative blueberry. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.41, e-041, 2019.

SILVA E SILVA, Felipe Deodato; CARVALHEIRO Luísa G.; MERTENS, Frédéric. A

valoração econômica da polinização agrícola como forma de orientar estratégias de proteção aos polinizadores. **Revista Panorâmica**, Edição Especial, p. 159-182. 2021.

SILVA, Claudia Inês da; MARCHI, Paola; ALEIXO, Kátia Paula; NUNES-SILVA; Bruno; FREITAS, Breno Magalhães; GARÓFALO, Carlos Alberto; IMPERATRIZ-FONSECA Vera Lucia; OLIVEIRA, Paulo Eugênio Alves Macedo de; ALVES-DOS-SANTOS, Isabel. **Manejo dos polinizadores e polinização de flores do maracujazeiro**. Instituto de Estudos Avançados, 1ª Edição, São Paulo. 2014.

SILVA, Daniel Paiva; MOISAN-DE-SERRES, Joseph; SOUZA, Darcet R.; HILGERT-MOREIRA, Suzane B; FERNANDES, Mariana Z.; KEVAN, Peter G; FREITAS, Breno Magalhães. Efficiency in pollen foraging by honey bees: time, motion, and pollen depletion on flowers of *Sisyrinchium palmifolium* Linnaeus (Asparagales: Iridaceae). **Journal of Pollination Ecology**, Cambridge, v. 11, n. 4, p.27-32, 2013.

SILVA, Jameson Guedes da; MENESES, Hiara Marques; FREITAS, Breno Magalhães. Foraging behavior of the small-sized stingless bee *Plebeia* aff. *Flavocincta*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 3, p. 484-492, 2019.

SILVA, M. N. de. **Fisiologia de mirtilheiros de baixa exigência em frio, cultivados em região subtropical**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 51 p. 2018.

SILVA, Marília Araújo; OLIVEIRA, Francisco de Aassis; HRNCIR, Michael. Efeito de diferentes tratamentos de polinização em berinjela em casa de vegetação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p.30-36. 2016.

SILVA-NETO, Carlos de Melo; RIBEIRO, Anna Clara Chaves; FRANCESCHINELLI, Edivani Villarón; LIMA, Flaviana Gomes. SILVEIRA, Fernando Amaral; MELO, Gabriel A. R.; ALMEIDA, Eduardo. A.(Ed). **Abelhas Brasileiras: sistemática e Identificação**. Belo Horizonte: Fundação Araucária, 2002.

SILVEIRA, Tiago Madruga Telesca; RASEIRA, Maria do Carmo Bassols; NAVA, Dori Edosn; COUTO, Marcelo. Influência do dano da abelha-irapuá em flores de mirtilheiro sobre a frutificação efetiva e as frutas produzidas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.32, n.1, p. 303-307, 2010.

SLAA, E.J.; SÁNCHEZ CHAVES, L.A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDE, SOUSA, Reginaldo-Martins de; CUNHA, Mayara Brito da; RIBEIRO, Dayanne Coelho Fernandes; SILVA, Naiane Cristina Braga da; RIBEIRO, Fagner Machado. Polinização do Meloeiro (*Cucumis Melo*). **Nutri Time**. V. 13, Nº 05. 2016.

SOUSA, Raimundo Marciel. **Polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) por abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.): requerimentos da cultura e manejo das colônias**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 95 p., 2003.

STUEPP, Carlos André; AMARAL, Bruna Aparecida do, AYUB, Ricardo Antonio;

FRAGOSO, Rosimeri de Oliveira FRAGOSO. Pruning management of mini-stumps for mass propagation of blueberry. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.56, e02486, 2021.

SILVA-NETO, Carlos de Melo ; RIBEIRO, Anna Clara Chaves ; GOMES, Flaviana Lima ; CAMPOS-MELO, Aniela Pilar ; OLIVEIRA, Guilherme Murilo de ; FRANQUINELLO, Patrícia ; FRANCESCHINELLI, Edivani Villarón ; NASCIMENTO, Abadia dos Reis . The stingless bee manducaia (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier) increases the quality of greenhouse tomatoes. **Journal of Apicultural Research**, v. 58, p.1-6. 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2018.1494913> Acesso em: 13 de maio de 2024.

TIETZ, Allison L.; MOUGA, Denise M. D. S. Polinizadores apícolas (Hymenoptera, Apoidea) do mirtilo (*Vaccinium ashei* Read variedade Climax, Flórida e Bluegem) no norte de Santa Catarina, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, v9(1):97-119. 2022.

VAN DER BLOM, J. Applied entomology in Spanish greenhouse horticulture. 729 **Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting**, v. 21, p.9-17. 2010.

VASILIEV, Denis; GREENWOOD, Sarah. The role of climate change in pollinator decline across the Northern Hemisphere is underestimated. **Science of The Total Environment**. V. 775, 145788. 2021.

VELTHUIS, Hayo H.W.; VAN DOORN, N. Adrian. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. **Apidologie**, v. 37, p. 421-451, 2006.

VENTURIERI, Giorgio Cristino; ALVES, Denise Araujo; VILLAS-BÔAS, Jerônimo Khan, CARVALHO, Carlos Alfredo Lopes; MENEZES, Cristinao; VOLLET-NETO, Ayrton, CONTRERA, Felipe Andrés Leon; CORTOPASSI-LAURINO, Marilda, NOGUEI-RANETO, Paulo; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para uso na polinização agrícola. In: IMPERATRIZFONSECA, Vera Lucia; CANHOS, Dora Ann Lange; ALVES, Denise de Araujo; SARAIVA, Antonio Mauro. Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. Editora da Universidade de São Paulo, 488p. 2012. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002304979> Acesso em: 15 de fevereiro de 2024.

VIANA, Blandina F. 2016. **Agricultura e Polinizadores: Parceria que dá muito mais do que frutos**. In: Anais dos Encontros sobre os Benefícios das Abelhas na Agricultura, Nossa Senhora da Glória, Sergipe, Brasil. Anais. p. 17-27.2016.

WALTERS, S. Alan; SCHULTHEIS, Jonathan R. Directionality of pollinator movements in watermelon plantings. **HortScience**, v. 44, n. 1, p. 49-52, 2009.

WITTER, Sidia; RADIN, Bernardete; LISBOA, Brino Brito; TEIXEIRA, Julina Stephane Galaschi; BLOCHTEIN, Betina; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Licia.

Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.1, p.58-65, 2012.

WITTWER, S. H.; CASTILLA, N. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. *Hort. Technol.* 5(1):6-23. 1995.

WU, Shuo; LIU, Jizhan; LEI, Xiaojie; ZHAO, Shengyi; LU, Jiajun; JIANG, Yingxing; XIE, Bin Bin; WANG, Ming. Research Progress on Efficient Pollination Technology of Crops. **Agronomy**, v.12, n.11, p.2872, 2022.

YANG, Wejuan; YUXI, Guo; MENG, Liu; XUEFENG, Chen; XUYANG, Xiao; SHENGNAN Wang; PIN, Gong; YANGMIN, Ma; FUXIN, Chen Structure and function of blueberry anthocyanins: A review of recent advances. **Journal of Functional Foods** **88**, p.104864, 2022.

YI, Weiguan; LAW, S.E.; MACCOY, Dnnis; WETZSTTEIN, Hazel Y. Stigma development and receptivity in almond (*Prunus dulcis*). **Annals of Botany**, v.97, n.1, p.57- 63, 2006.

ZAHRA, Aryanis Mutia; CHOSA, Tadashi; TOJO, Seishu. Blueberris quality evaluation during maturation using image processing. **Indonesian Food and Nutrition Progress**. Vol. 18, N. 2, 2021.

ZAMBON, Vivian. **Biologia da polinização e eficácia dos polinizadores *Solanum melogena* L. (Solonaceae)**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Meio Ambiente). Universidade Federal de São Carlos, Araras, p. 82. 2015.

ZANG, Zang, CHOU, Shurui, TIAN, Jinlong; LANG, Yuxi; SHEN, Yxiao; RAN, Xulong; LI, Bin. Effect of whey protein isolate on the stability and antioxidant capacity of blueberry anthocyanins: A mechanistic and in vitro simulation study. **Food Chemistry**, 336, 127700–127709, 2021.

ZORENC, Zala; VEBERIC, Roberto; STAMPAR, Franci; KORON, Darinka; MIKULIC-PETKOVSEK, Maja. Changes in berry quality of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during the harvest season. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Vol. 40, 2016.