



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

FELIPE JACKSON DE FARIAS SILVA

**CRIAÇÃO E MANEJO DE *Xylocopa frontalis* E SUA UTILIZAÇÃO COMPARATIVA
NA POLINIZAÇÃO DO URUCUZEIRO (*Bixa orellana*)**

FORTALEZA

2026

FELIPE JACKSON DE FARIAS SILVA

CRIAÇÃO E MANEJO DE *Xylocopa frontalis* E SUA UTILIZAÇÃO COMPARATIVA NA
POLINIZAÇÃO DO URUCUZEIRO (*Bixa orellana*)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em Rede UFC – UFPB, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção de Não Ruminantes.

Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas

FORTALEZA

2026

FELIPE JACKSON DE FARIAS SILVA

CRIAÇÃO E MANEJO DE *Xylocopa frontalis* E SUA UTILIZAÇÃO COMPARATIVA NA
POLINIZAÇÃO DO URUCUZEIRO (*Bixa orellana*).

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em Rede UFC – UFPB, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção de Não Ruminantes.

Aprovada em: 20/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. André Rodrigo Rech
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Prof. Dr. David Silva Nogueira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

Prof^a. Dr^a. Eva Mônica Sarmiento da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Guaraci Duran Cordeiro
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Aos meus pais, Valdinete Batista de Farias e
José Edmilson da Silva.

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo o amor, cuidado e apoio durante todo este processo.

Ao meu orientador, Prof. Breno Magalhães Freitas, por sua paciência, sua confiança e seu empenho durante todo meu Doutorado.

Aos membros da banca avaliadora, pelas valorosas contribuições para o enriquecimento deste trabalho.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos, que permitiu a dedicação exclusiva à Pós-Graduação.

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em Rede UFC-UFPB, pela oportunidade de cursar o Doutorado em Zootecnia.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Prof. Arlindo Moura, e à secretária do Programa, Francisca Bezerra, por todo apoio e prontidão sempre que necessário.

A todos os funcionários do Setor de Abelhas da UFC, cuja ajuda foi imprescindível para a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos, os de longa data, os da Pós-Graduação, do Setor de Abelhas, e todos os demais. Não os cito nominalmente aqui, pois seria uma tarefa hercúlea. Vocês me salvaram várias vezes, e sabem disso.

À Arianne Moreira, Epifânia de Macedo, Hiara Menezes e Paloma Eleutério. Vocês foram uma equipe incrível e este trabalho não teria acontecido sem vocês.

A Julio Cesar Galdino e Romário Marciel da Silva pelas revisões de Língua Portuguesa/Inglesa deste trabalho.

Ao Sr. Francisco Ximenes Braga (*in memoriam*) por todo o apoio, incentivo e humanidade durante todos esses anos de parceria. Seus preciosos ensinamentos estarão comigo por toda minha vida.

Por último, e definitivamente não menos importante, às abelhas, sem as quais absolutamente nada disso teria sido possível.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

“Comovo-me em excesso, por natureza e por ofício, acho medonho alguém viver sem paixões.”

Graciliano Ramos

RESUMO

Neste estudo, objetivou-se propor melhorias em um modelo de ninho racional para a criação de abelhas do gênero *Xylocopa*, especialmente *X. frontalis*, bem como técnicas para a criação, multiplicação e manejo desta espécie, além de avaliar sua eficiência enquanto polinizadora do urucuzeiro (*Bixa orellana*), comparativamente com outras três espécies de abelhas nativas (*Augochloropsis* sp., *Melipona fasciculata* e *Melipona flavolineata*). Os ninhos racionais foram instalados em campo para que ocorresse a colonização natural, com os primeiros ninhos colonizados observados poucos meses após sua instalação na área de estudo. O número de galerias escavadas por ninho variou de uma a seis ($3,82 \pm 1,4$), com comprimento médio total de 104,19 ($\pm 43,41$) cm e volume escavado de 327,15 ($\pm 136,29$) cm³. Ninhos ativos foram observados durante todo o período de estudo e foram transportados e realocados sem abandono por parte das abelhas. No que diz respeito à polinização, o pico de visitas às flores foi observado entre 7h e 8h da manhã, com *X. frontalis* forrageando mais cedo que as outras abelhas e realizando visitas mais curtas. Não foram detectadas diferenças estatísticas em relação a todos os parâmetros avaliados dos frutos formados entre os tratamentos. O tratamento com polinização livre apresentou a maior taxa de frutificação (37,5%), seguido por uma única visita de *M. flavolineata* (25%), embora nenhuma diferença estatística tenha sido observada para este parâmetro. Concluímos que nosso dispositivo de nidificação racional é uma alternativa adequada para a criação e o manejo de *Xylocopa frontalis* e, presumivelmente, de outras espécies do gênero para polinização de culturas ou fins de pesquisa, atendendo satisfatoriamente os requisitos da biologia de nidificação dessas abelhas. Neste contexto, *Xylocopa frontalis* se mostrou polinizadora eficiente do urucuzeiro.

Palavras-chave: criação de polinizadores; polinizadores manejados; abelhas nativas.

ABSTRACT

We aimed to propose improvements to a rational nest model for bees of the genus *Xylocopa*, especially *X. frontalis*, as well as techniques for the rearing, multiplication, and management of this species, and its efficiency as a pollinator of the annatto tree (*Bixa orellana*), compared to three other native bee species (*Augochloropsis* sp., *Melipona fasciculata*, and *Melipona flavolineata*). The first colonized nests appeared few months after their installation in the study area. The number of galleries built per nest ranged from one to six (3.82 ± 1.4). The galleries had a total average length of 104.19 (± 43.41) cm and an excavated volume of 327.15 (± 136.29) cm³. Active nests were observed throughout the study period and were transported and relocated without abandonment. Regarding pollination, peak flower visits occurred between 7:00 and 8:00 AM, with *X. frontalis* foraging earlier than other bees and making shorter flower visits. No statistically significant differences were detected in any fruit parameters between treatments. The treatment with free pollination showed the highest fruit set rate (37.5%), followed by a visit from *M. flavolineata* (25%), although no statistically significant difference was observed. We conclude that our rational nesting device is a suitable alternative for the rearing and management of *Xylocopa frontalis* and, presumably, other species of the genus for crop pollination or research purposes, without evidence of negative interference in the nesting biology of these bees. *Xylocopa frontalis* proved to be an efficient pollinator of *Bixa orellana*.

Keywords: rearing pollinators; manageable pollinators; native bees.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Caracterização por data de publicação (a), bioma (b) e tipo (c) dos trabalhos científicos publicados reportando visitação por abelhas solitárias em culturas agrícolas no Brasil.....	17
Figura 2 -	Número de espécies de abelhas solitárias reportadas na literatura científica como visitantes florais de culturas agrícolas no Brasil.....	18
Figura 3 -	Gêneros de abelhas solitárias associados a culturas agrícolas no Brasil com destaque para o gênero <i>Xylocopa</i> . Faixas mais largas indicam maior número de publicações científicas reportando visitação das flores da cultura por espécies do gênero.....	21
Figura 4 -	Principais interações entre culturas agrícolas e abelhas solitárias visitantes florais no Brasil, destacando <i>Xylocopa frontalis</i> . Faixas mais largas indicam maior número de trabalhos científicos reportando a interação abelha-cultura.....	22
Figura 5 -	Área de ocorrência da abelha mamangava de grande porte <i>Xylocopa frontalis</i>	40
Figura 6 -	Representação esquemática dos principais modelos de ninhos racionais para abelhas do gênero <i>Xylocopa</i> : Mardan (1994) (a); Freitas & Oliveira-Filho (2003) (b); Marchi & Melo (2010) (c).....	41
Figura 7 -	Mapa da área de estudo, evidenciando o estado do Ceará (a), o município de Aquiraz (b), a localização geográfica (c) e a visualização de satélite (d) da área de estudo.....	42
Figura 8 -	Representação esquemática do ninho racional e do aparato de nidificação para <i>Xylocopa frontalis</i>	43
Figura 9 -	Ninhos racionais para <i>Xylocopa frontalis</i> instalados em abrigo na área de estudo.....	44
Figura 10 -	Ninhos racionais ocupados por <i>Xylocopa frontalis</i> em diferentes estágios de colonização, alocados em área rural do município de Aquiraz, Ceará..	46
Figura 11 -	Evolução de status de ninhos racionais para <i>Xylocopa frontalis</i> alocados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022.....	47

Figura 12 - Matriz de probabilidade de transição entre status de ninhos racionais para <i>Xylocopa frontalis</i> alocados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022.....	48
Figura 13 - Curva de Kaplan-Meier sobre a permanência de <i>Xylocopa frontalis</i> em ninhos racionais locados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022.....	49
Figura 14 - Estágios de desenvolvimento de <i>Xylocopa frontalis</i> em ninhos racionais: célula sendo provisionada pela fêmea adulta, com massa de pólen visível no final da célula (a), ovo depositado sobre a massa de alimento (b); larva no último instar (c) e pupa não pigmentada (d).....	50
Figura 15 - Flutuação populacional de <i>Xylocopa frontalis</i> em ninhos racionais locados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022, com destaque para as estações chuvosas.....	51
Figura 16 - Análise de agrupamento baseada no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis comparando os padrões populacionais de <i>Xylocopa frontalis</i> entre meses em ninhos racionais locados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022.....	51
Figura 17 - Produção de sementes de urucum (<i>Bixa orellana</i>), em toneladas, por estado brasileiro em 2024.....	62
Figura 18 - Mapa da área de estudo, evidenciando o estado do Ceará (a), o município de Aquiraz (b), a localização geográfica (c) e a visualização de satélite (d) da área de estudo.....	64
Figura 19 - Abelhas nativas brasileiras testadas quanto à eficiência de polinização do urucum (<i>Bixa orellana</i>): <i>Augochloropsis</i> sp. (a), <i>Melipona flavolineata</i> (b), <i>Melipona fasciculata</i> (c) e <i>Xylocopa frontalis</i> (d).....	65
Figura 20 - Botão floral ensacado (a) e flor marcada com fita de cetim (b) do urucum (<i>Bixa orellana</i>).....	66
Figura 21 - Número de quatro espécies de abelhas nativas forrageando por hora (a) e índice de sobreposição temporal (b) de espécies forrageando em flores de urucum (<i>Bixa orellana</i>) na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil.....	67
Figura 22 - Média e erro padrão do tempo de forrageamento de quatro espécies de abelhas nativas em flores de urucum (<i>Bixa orellana</i>) na área rural de	68

	Aquiraz, Ceará, Brasil, de junho de 2022 a abril de 2023.....	
Figura 23 -	Visitantes florais ocasionais de flores de urucum (<i>Bixa orellana</i>) na zona rural de Aquiraz, Ceará, Brasil no período de junho de 2022 a abril de 2023: <i>Ceratina</i> sp. (a), <i>Euglossa cordata</i> (b), <i>Frieseomellita varia</i> (c), <i>Scaptotrigona</i> sp. (d), <i>Trigona spinipes</i> (e), <i>Monomorium</i> sp. (f), <i>Camponotus</i> sp. (g), <i>Palpada vinetorum</i> (h), <i>Polybia</i> sp. (i).....	69
Figura 24 -	Comparação da taxa de frutificação de flores de urucum (<i>Bixa orellana</i>) por tratamento na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil. As barras azuis representam o intervalo de confiança calculado por um Modelo Linear Generalizado Binomial. Setas vermelhas sobrepostas indicam ausência de significância estatística. Gráficos de setores mostram os percentuais de frutos vingados (azul) por tratamento.....	70
Figura 25 -	Boxplots sobre parâmetros dos frutos de urucum (<i>Bixa orellana</i>) por tratamento de polinização na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil, de junho de 2022 a abril de 2023.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados relativos à eficiência de abelhas solitárias como polinizadores de culturas agrícolas no Brasil.....	19
Tabela 2 -	Número de galerias construídas, comprimento total e volume escavado de ninhos racionais de <i>Xylocopa frontalis</i> localizados na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil, de novembro de 2019 a outubro de 2022.....	52
Tabela 3 -	Taxa de vingamento e parâmetros dos frutos do urucum (<i>Bixa orellana</i>) por tratamento de polinização na zona rural de Aquiraz, Ceará, Brasil, de junho de 2022 a abril de 2023.....	74

SUMÁRIO

1	REFERENCIAL TEÓRICO	14
1.1	Abelhas solitárias e a polinização agrícola no Brasil.....	14
2	MONITORAMENTO DE LONGO PRAZO E BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO DA ABELHA MAMANGAVA DE GRANDE PORTE <i>Xylocopa frontalis</i> EM UM MODELO DE NINHO RACIONAL PARA UTILIZAÇÃO NA POLINIZAÇÃO AGRÍCOLA DIRIGIDA.....	37
2.1	Introdução.....	39
2.2	Material e Métodos.....	42
2.2.1	<i>Área de estudo.....</i>	42
2.2.2	<i>Ninhos racionais para <i>Xylocopa frontalis</i>.....</i>	43
2.2.3	<i>Colonização, arquitetura dos ninhos e população de abelhas.....</i>	44
2.2.4	<i>Análises estatísticas.....</i>	44
2.3	Resultados.....	45
2.4	Discussão/Conclusão.....	52
	Referências.....	56
3	EFICIÊNCIA DE POLINIZAÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES DE ABELHAS NATIVAS NO URUCUZEIRO (<i>Bixa orellana</i>) SOB CONDIÇÕES TROPICAIS NO NORDESTE DO BRASIL.....	59
3.1	Introdução.....	61
3.2	Material e Métodos.....	63
3.2.1	<i>Área de estudo.....</i>	63
3.2.2	<i>Comportamento de forrageio.....</i>	63
3.2.3	<i>Eficiência de polinização.....</i>	64
3.2.4	<i>Análises estatísticas.....</i>	66
3.3	Resultados.....	66
3.4	Discussão/Conclusão.....	70
	Referências.....	77
	APÊNDICE A – Abelhas solitárias visitantes florais e polinizadoras das	79

principais culturas agrícolas no Brasil.....	
APÊNDICE B – Fluxo de ninhos racionais de <i>Xylocopa frontalis</i> entre status	94
APÊNDICE C – Esquemas de ninhos racionais e abrigos para <i>Xylocopa frontalis</i>.....	95
APÊNDICE D – Ninho racional colonizado por vespa do gênero <i>Trypoxylon</i>.....	96
APÊNDICE E – Medição de equador maior (a) e distância polar (b) em fruto de urucum (<i>Bixa orellana</i>).....	97
APÊNDICE F – Índice de correlação de Spearman entre parâmetros de frutos de urucum (<i>Bixa orellana</i>).....	97
APÊNDICE G – “Nuvem” de pólen liberada durante forrageamento nas flores do urucuzeiro.....	98

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Abelhas solitárias e a polinização agrícola

A polinização é considerada um dos mais importantes serviços ecossistêmicos, tendo papel fundamental na produção de alimentos e, conseqüentemente, na segurança alimentar (Breeze et al., 2016; IPBES, 2016; BPBES, 2019, Porto et al. 2021). Cerca de 75% das culturas agrícolas se beneficiam, em algum nível, da polinização biótica (Klein et al., 2007; 2020). Apenas no Brasil, é estimado que os serviços de polinização alcancem o valor de aproximadamente US \$43 bilhões (Gianinni et al., 2015). Dentre as espécies de polinizadores, as abelhas, sejam manejadas, sejam silvestres, são consideradas os agentes mais importantes, tanto do ponto de vista econômico e produtivo quanto ecológico.

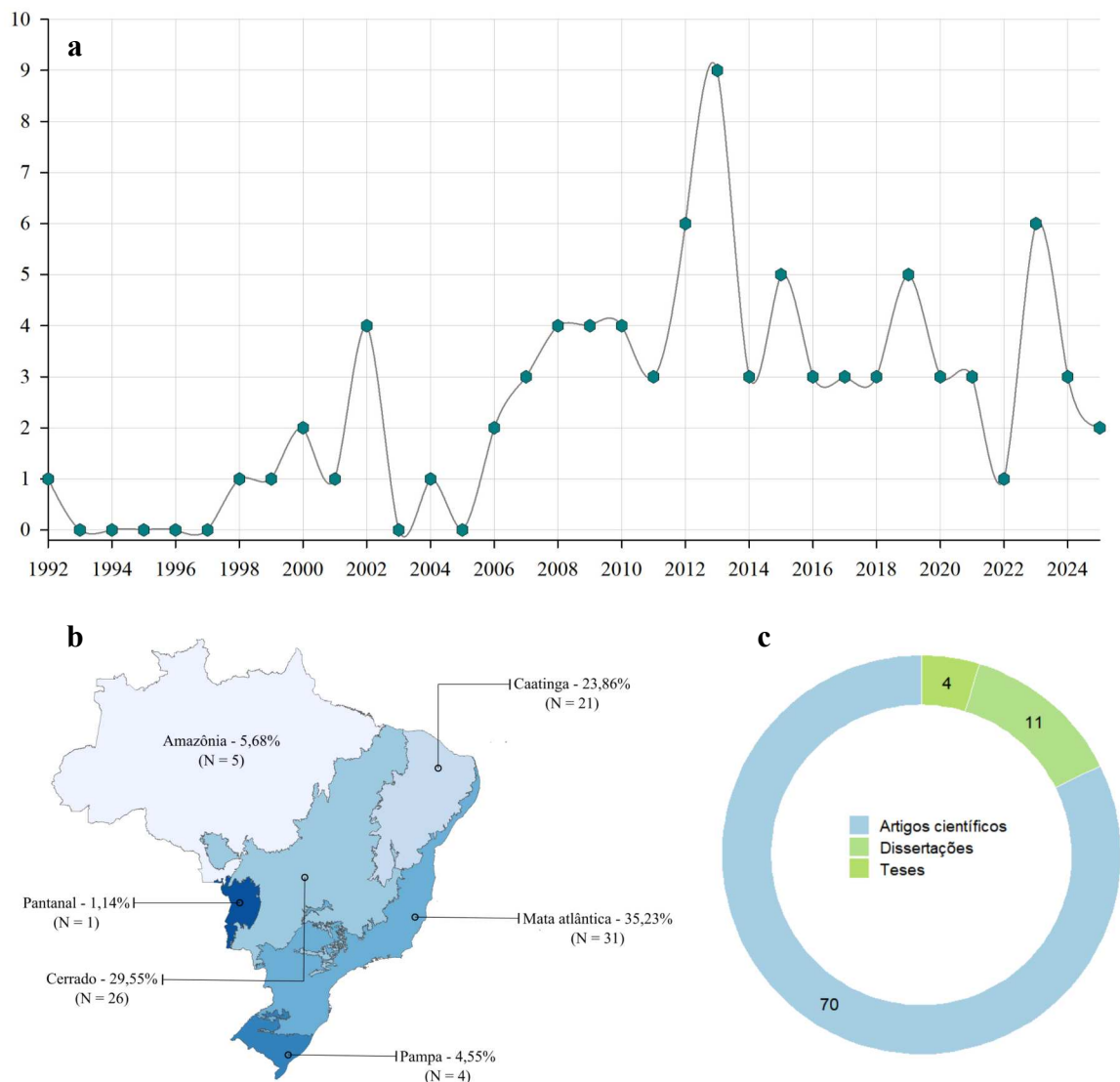
Historicamente, *Apis mellifera* tem sido a espécie mais utilizada para a polinização em cultivos agrícolas (Potts et al., 2016) por ser uma espécie introduzida e adaptada às condições ambientais das mais diversas regiões do planeta, possuindo colônias com dezenas de milhares de indivíduos, hábito alimentar generalista e técnicas de manejo bem estabelecidas e amplamente conhecidas. No entanto, fatores, como a perda expressiva de colônias desta espécie em determinadas áreas (Gray et al, 2023) e a eficiência relativamente mais baixa como polinizadora em certos cultivos agrícolas, dentre outros, têm levado à busca por espécies que possam substituir ou complementar a utilização da abelha melífera na polinização agrícola. Neste aspecto, os polinizadores nativos são um grupo que tem despertado, cada vez mais, interesse de pesquisadores e têm se mostrado de expressiva importância para a produção de diversos cultivos (Garibaldi et al., 2013; Kleijn et al., 2015, Klein et al., 2020).

No Brasil, são descritas aproximadamente 2.000 espécies de abelhas, das quais cerca de 85% são consideradas solitárias (Moure et al., 2022, Asher & Pickering, 2025; Oliveira et al., 2026). No entanto, a perda e a fragmentação de habitats, as mudanças no uso da terra, a introdução de espécies exóticas e as mudanças climáticas têm oferecido riscos significativos à sobrevivência destas espécies, não apenas no país, mas em diversas regiões do planeta (Potts et al., 2010; Giannini et al., 2017; Dicks et al., 2021). De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC 2023), em um cenário em que as emissões de gases do efeito estufa permanecem em patamares muito elevados, um aumento da temperatura global da magnitude de até 4,4°C (variando de acordo com as estimativas entre 3,3 e 5,7°C) pode ser esperado, causando danos importantes a sistemas naturais e humanos. Neste cenário, um dos fatores que

pode auxiliar na construção de sistemas agrícolas resilientes é a prospecção e a posterior utilização de polinizadores nativos nas áreas de cultivo, diminuindo o uso de espécies introduzidas para este fim.

No que diz respeito às abelhas solitárias brasileiras, estudos avaliando sua real contribuição para a polinização agrícola no país ainda são incipientes. A literatura científica conta com 85 trabalhos científicos reportando visitação de abelhas solitárias a flores de 26 culturas agrícolas de interesse, publicados entre 1992 e 2025, sendo, em sua maioria, artigos científicos (70). No entanto, a maioria destes não avalia ganhos concretos em produtividade, relatando apenas a interação abelha-cultivo. Historicamente, o bioma no qual foi conduzido o maior número de pesquisas foi a Mata Atlântica (31), seguida pelo Cerrado (26) (Figura 1).

Figura 1 Caracterização por data de publicação (a), bioma (b) e tipo (c) dos trabalhos científicos publicados reportando visitação por abelhas solitárias em culturas agrícolas no Brasil.



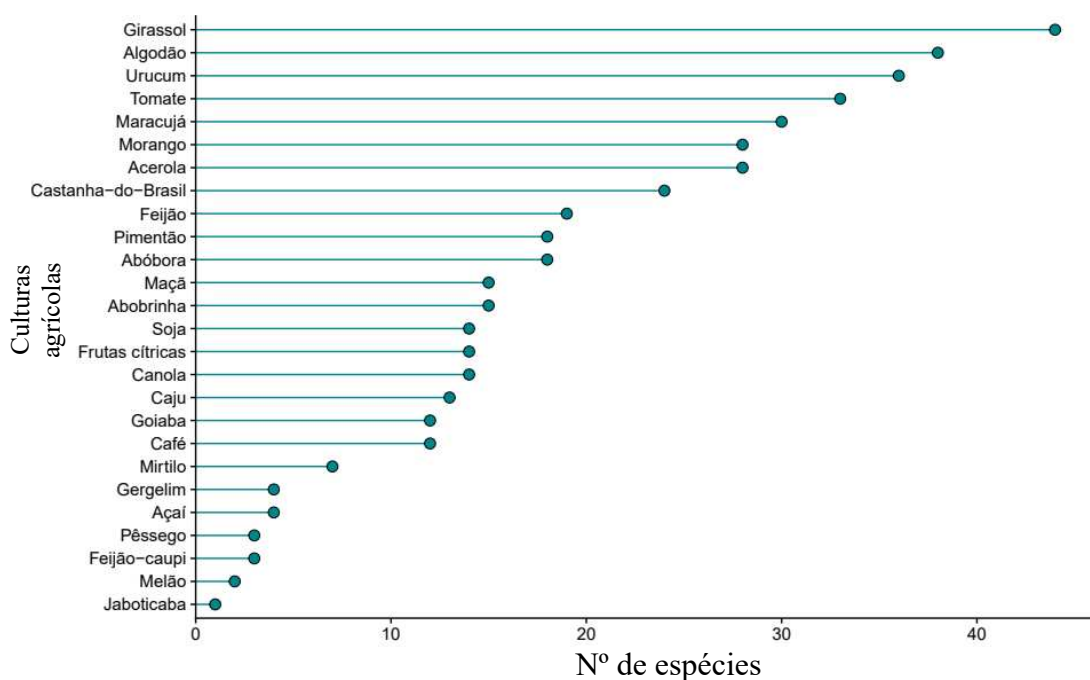
Fonte: elaborada pelo autor

São relatadas 163 espécies de abelhas solitárias nativas, pertencentes a 54 gêneros, reportadas como visitantes de culturas agrícolas (Apêndice A). Numericamente, sobressaem-se os gêneros *Centris* e *Xylocopa*, com 119 e 97 interações, respectivamente. A maioria dos gêneros observados é associada a uma quantidade limitada de cultivos agrícolas (Figura 3). A espécie vegetal que apresentou o maior número de visitantes florais reportados foi o girassol (*Heliathus annuus*) (44), seguido pelo algodão (*Gossypium hirsutum*) (38) e pelo urucum (*Bixa orellana*) (36) (Figura 2).

As interações mais fortes entre visitante floral e cultivo, aqui consideradas como a quantidade de estudos reportando a interação abelha-cultura, deram-se entre *Xylocopa frontalis* (13), *X. grisescens* (5) e *Eulaema nigrita* (5) e espécies cultivadas de maracujás, especialmente *Passiflora edulis*, e *Exomalopsis analis* (6) e *E. nigrita* (5) e o tomateiro (*Solanum lycopersicum*).

Apesar da quantidade expressiva de trabalhos que avaliaram a visitação de abelhas às flores de culturas agrícolas, apenas 19 destes mensuraram, de alguma forma, a eficiência da polinização realizada por espécies de abelhas solitárias neste contexto. As culturas avaliadas nestes trabalhos foram a acerola, o caju, a goiaba, os maracujás, o mirtilo, o morango, o tomate e o urucum. Os resultados encontrados para este parâmetro estão sintetizados na Tabela 1.

Figura 2 Número de espécies de abelhas solitárias reportadas na literatura científica como visitantes florais de culturas agrícolas no Brasil.



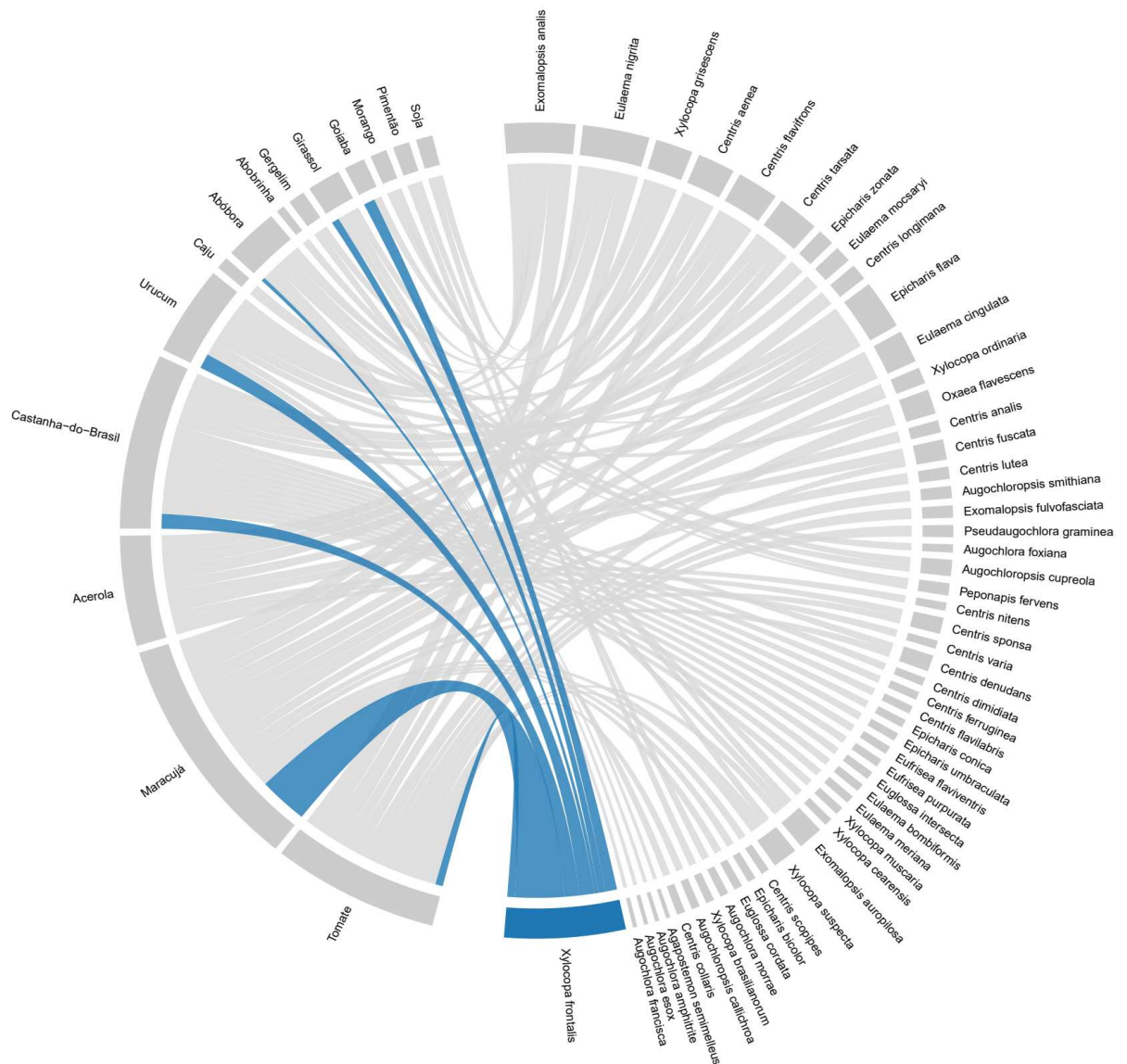
Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 1 Resultados relativos à eficiência de abelhas solitárias como polinizadores de culturas agrícolas no Brasil.

Cultura	Resultados
Acerola	A introdução de ninhos habitados de <i>Centris analis</i> em pomares de aceroleira aumentou a produção de frutos por planta, com algumas variedades se sobressaindo (Magalhães e Freitas, 2013).
	Número de frutos vingados por flores com uma única visita de <i>Centris tarsata</i> foi muito baixo (Freitas et al., 1999).
	Abelhas do gênero <i>Centris</i> parecem ter sido as únicas polinizadoras eficientes (Oliveira et al., 2015).
	Não houve diferença significativa na produção de frutos entre uma única visita de <i>Centris aenea</i> e a polinização livre (Oliveira et al., 2013).
Caju	Mais pólen depositado nos estigmas por <i>Centris tarsata</i> do que por <i>Apis mellifera</i> ; mais frutos vingados e maior índice de Spears para <i>Centris tarsata</i> , mas sem diferença estatística (Freitas e Paxton, 1998).
Goiaba	Flores visitadas por <i>Xylocopa frontalis</i> vingaram menos frutos que aquelas por <i>Apis mellifera</i> , porém, a primeira aparenta ser um polinizador eficiente (Alves e Freitas, 2006).
Maracujás	A taxa de frutificação foi positivamente correlacionada com a frequência de <i>Xylocopa</i> spp. na área de cultivo, mas não com a de <i>Apis mellifera</i> (Benevides et al., 2009).
	A introdução e o manejo de ninhos-armadilha habitados por <i>Xylocopa frontalis</i> e <i>Xylocopa grisescens</i> aumentou a taxa de visitação destas espécies, ao mesmo tempo que diminuiu a taxa de visitação de pilhadores. Houve também incremento no peso do fruto, peso da polpa, número de sementes e sólidos solúveis/acidez titulável (Junqueira e Augusto, 2017).
	Houve incremento na taxa de visitação por <i>Xylocopa frontalis</i> e <i>Xylocopa grisescens</i> em áreas de cultivo com a introdução de ninhos armadilha previamente ocupados, ao mesmo tempo que a taxa de visitação de pilhadores diminuiu (Junqueira et al., 2013).
	Não houve diferença significativa para o número de sementes produzidas entre flores visitadas por <i>Xylocopa frontalis</i> e polinizadas manualmente, porém, o número de frutos vingados foi maior para a polinização manual (Martarello et al., 2021).
O aumento de temperatura diante das mudanças climáticas parece	

	<p>comprometer a eficiência de polinização em <i>Passiflora edulis</i> e <i>Passiflora cincinnata</i> por <i>Xylocopa frontalis</i> em condições tropicais (Paiva, 2023).</p> <p>Não houve vingamento de frutos nas flores sem visitas de <i>Xylocopa</i> spp. (Silveira et al., 2012).</p>
Mirtilo	<p><i>Xylocopa frontalis</i> foi o polinizador mais eficiente em cultivo protegido, com todos os parâmetros morfométricos de frutos sendo superiores às demais espécies avaliadas e semelhantes à polinização livre (Farias, 2024).</p>
Morango	<p>Apesar do tempo de visitação mais longo por <i>Dialictus</i> sp., as flores visitadas por estas abelhas produziram apenas frutos deformados (Malagodi-Braga et al., 2007).</p> <p>Flores visitadas por <i>Dialictus</i> spp. apresentaram menos aquênios fecundados com uma única visita quando comparada à <i>Apis mellifera</i> e <i>Plebeia</i> spp., tendo apresentado menor peso médio dos frutos. Entre os três tratamentos, apresentou o maior percentual de frutos deformados, porém obteve os melhores resultados em relação aos frutos “de mesa” (Scheid et al., 2020).</p>
Tomate	<p>Flores visitadas por <i>Exomalopsis analis</i> produziram mais frutos e frutos com mais sementes quando comparadas ao tratamento de autopolinização (Santos et al., 2014).</p> <p>Flores visitadas por abelhas solitárias tiveram mais grãos de pólen depositados no estigma e desenvolveram mais frutos, frutos maiores, mais pesados e com mais sementes quando comparadas a flores não visitadas (Franceschinelli et al., 2013).</p>
Urucum	<p><i>Centris sponsa</i>, <i>Epicharis flava</i>, <i>Oxaea flavescens</i> e <i>Xylocopa frontalis</i> foram as espécies mais eficientes no que diz respeito ao número de sementes produzidas, enquanto espécies de menor porte tiveram menor eficiência (Arteman et al., 2025).</p> <p>A visitação por <i>Xylocopa frontalis</i> vingou mais frutos do que as demais espécies estudadas, porém, uma única visita de <i>Eulaema nigrita</i> e <i>Augochloropsis</i> sp. também vingou quantidade relevante de frutos, diferente de <i>Melipona subnitida</i>, cujas flores visitadas não resultaram em formação de frutos (Mesquita, 2008).</p>

Figura 4 Principais interações entre culturas agrícolas e abelhas solitárias visitantes florais no Brasil, destacando *Xylocopa frontalis*. Faixas mais largas indicam maior número de trabalhos científicos reportando a interação abelha-cultura.



Fonte: elaborada pelo autor

Dentre os gêneros de abelhas solitárias que se sobressaem como visitantes de cultivos agrícolas, *Xylocopa* e *Centris* são aqueles que mais pesquisas têm suscitado no que diz respeito à sua criação racional e ao manejo para a polinização na agricultura, com diversos estudos propondo e aperfeiçoando técnicas para esta finalidade. Este fato pode ser explicado, em partes,

pelos hábitos de nidificação comuns a espécies destes gêneros. *Xylocopa* constroem seus ninhos escavando galerias em madeira morta, e inúmeros trabalhos demonstram a aceitação dessas abelhas tanto por ninhos-armadilha simples (Pereira & Garófalo, 2010; Junqueira et al., 2012; Bezerra, 2019) quanto por modelos de ninhos racionais mais elaborados e que permitem que o manejo adequado seja realizado (Freitas & Oliveira-Filho, 2003; Oliveira-Filho & Freitas 2003; Marchi & Melo, 2010; Farias-Silva et al., 2024). Da mesma forma, várias espécies de *Centris* nidificam em cavidades pré-existentes, aceitando diversos modelos de ninhos simples e de baixo custo (Freitas et al., 1999; Aguiar & Martins, 2002; Alonso et al., 2012; Araújo et al., 2016; Lourenço et al., 2019; Drummond et al., 2023).

Inúmeras espécies de relevância para a polinização agrícola, por outro lado, esbarram em seus hábitos de nidificação como fator complicador para sua criação racional. Grande número de espécies da família Halictidae e dos gêneros *Centris*, *Epicharis* e *Exomalopsis*, por exemplo, escavam seus ninhos no solo; *Eulaema* e algumas espécies de *Centris* nidificam em cavidades pré-existentes, porém, necessitam de materiais muito específicos para elaboração de seus ninhos, como determinadas resinas ou óleos provenientes de plantas específicas, o que pode dificultar sua manutenção nas áreas de cultivo ou em seu entorno.

Abelhas dos gêneros *Centris* e *Epicharis*, conhecidas pelo hábito de coletarem óleos florais para utilização na dieta de seus imaturos e como material para construção de seus ninhos (Alves-dos-Santos et al., 2007), são bastante associadas a espécies vegetais cujas flores secretam tais óleos, dentre estas a aceroleira (Freitas et al., 1999; Oliveira & Schlindwein, 2009; Vilhena et al., 2012; Magalhães & Freitas, 2013). Tal fato explica a forte associação entre estas abelhas e a cultura vista nesta revisão e posiciona estes gêneros como seus principais polinizadores, uma vez que suas flores são pouco frequentemente visitadas por outras abelhas, estas sendo muitas vezes apenas visitantes florais, não colaborando para a polinização destas espécies, ou mesmo pilhadores, tendo efeito negativo sobre a produtividade (Oliveira et al., 2015).

Dentre as razões pelas quais *A. mellifera* é considerada um polinizador ineficiente (ou menos eficiente) de determinadas culturas agrícolas, destacam-se seu tamanho corporal (Cavalcante et al., 2012) e seu comportamento ao abordar as flores (Eeraerts et al., 2019) que, especialmente em espécies vegetais que apresentam flores grandes, acabam por não satisfazer os critérios para a polinização adequada, fazendo desta espécie muitas vezes um pilhador de recursos florais (Benevides et al., 2009, Cavalcante et al., 2018).

Espécies do gênero *Passiflora*, especialmente aquelas cultivadas comercialmente, apresentam flores grandes e com morfologia complexa. Além disso, as plantas são autoincompatíveis e apresentam inúmeros mecanismos dificultadores da autopolinização, incluindo o abortamento ou a má-formação dos frutos dela oriundos (Bruckner et al., 1993; Ribeiro et al., 2024), evidenciando a importância da polinização cruzada realizada por agentes que atendam a suas especificidades. De fato, o maracujazeiro é um dos cultivos agrícolas nos quais a polinização realizada por *Apis mellifera* não é eficiente, dependendo de abelhas de grande porte, como algumas espécies dos gêneros *Xylocopa*, *Centris* e *Eulaema*, cuja morfologia e/ou cujo comportamento são compatíveis com os requerimentos de polinização desta cultura. Quando não há disponibilidade destas abelhas nas áreas de cultivos, a alternativa mais utilizada é a polinização manual, que dificulta e onera a produção (Silveira et al., 2012).

Para culturas como o morangueiro, o comportamento da abelha na flor durante a visita é fator preponderante para a formação de frutos conformados, pois a quantidade de aquênios bem desenvolvidos, além da distribuição destes, está diretamente relacionada à conformação final do fruto, sendo necessária a deposição uniforme de pólen (Malagodi-Braga et al., 2007). Abelhas da família Halictidae, principalmente do gênero *Dialictus*, são bastante associadas a esta cultura (Piovesan et al., 2019), porém há evidências de que, ainda que o tempo de visita destas abelhas possa ser maior em comparação a outras espécies, o percentual de frutos deformados oriundos de flores por elas visitadas tende a ser maior, ressaltando que possivelmente boa parte dos aquênios não são fecundados durante este processo. Contraditoriamente, a polinização realizada por *Dialictus* também foi responsável pelo maior número de frutos perfeitamente formados, no padrão para consumo *in natura* (Scheid et al., 2020), evidenciando a complexidade das interações entre planta e polinizador para a polinização eficiente, do ponto de vista produtivo.

Muitas vezes, o efeito de complementariedade de polinização é consideravelmente relevante, uma vez que visitas subsequentes de diferentes agentes polinizadores (ou mesmo de um único agente repetidas vezes) podem suprir de maneira satisfatória os requerimentos de polinização de dada cultura agrícola. Este fato evidencia a importância das assembleias de polinizadores nativos para a produção agrícola (Garibaldi et al., 2013).

No que diz respeito à polinização agrícola, o recurso floral disponibilizado pela cultura é crucial para a manutenção de seus agentes polinizadores. Cultivos como o urucuzeiro fornecem unicamente pólen como recompensa, produzindo apenas néctar extrafloral (Miranda

et al., 2017), que aparenta ser de baixa relevância para atração dos seus polinizadores efetivos (Bentley, 1977; Arteman et al., 2025). No caso do maracujazeiro, ainda que tanto pólen quanto néctar sejam produzidos em grande quantidade, seus polinizadores, especialmente *Xylocopa*, usualmente não utilizam o pólen desta espécie em sua dieta (Hoffman et al., 2000; Costa et al., 2024). Nestes casos, a fim de propiciar a manutenção das abelhas nas áreas de cultivo ou em seu entorno, o consorciamento entre culturas, a limpeza seletiva de plantas invasoras com a finalidade de manter nas áreas de cultivo espécies que possam fornecer recursos ao polinizadores sem oferecer competição à cultura e a proximidade das áreas de cultivo à fragmentos de vegetação nativa são alternativas a serem exploradas.

Apesar da quantidade significativa de trabalhos científicos dedicados a descrever a comunidade de visitantes florais associados a inúmeras culturas agrícolas de interesse no Brasil, há ainda uma expressiva lacuna no que diz respeito à avaliação de seus polinizadores efetivos. Gêneros já consideravelmente estudados sob esta ótica, como o caso de *Xylocopa*, apresentam considerável potencial de exploração para utilização na polinização agrícola, com ganhos de sua utilização já constatados, porém, é fundamental o aperfeiçoamento contínuo de técnicas de manejo e de criação com esta finalidade, bem como de ninhos racionais que se mantenham eficientes ao mesmo tempo que se tornam cada vez mais acessíveis. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo apresentar um modelo de ninho racional para criação de *Xylocopa frontalis* e avaliar sua eficiência de polinização comparativamente com outras espécies de abelhas nativas no urucuzeiro (*Bixa orellana*) em contexto agrícola.

REFERÊNCIAS/LITERATURA CONSULTADA

ADEGAS, José Estênio Batista; NOGUEIRA COUTO, Regina Helena. Entomophilous pollination in rape (*Brassica napus* L var oleifera) in Brazil. **Apidologie**, v. 23, n. 3, p. 203-209, 1992.

AGUIAR, Antonio José Camillo; MARTINS, Celso Feitosa. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. suppl 1, p. 101-116, 2002.

ALONSO, Juliana; SILVA, Janaina; GARÓFALO, Carlos Alberto. The effects of cavity length on nest size, sex ratio and mortality of *Centris (Heterocentris) analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Apidologie**, v. 43, n. 4, p. 436-448, 2012.

ALVES, José Everton; FREITAS, Breno Magalhães. Comportamento de pastejo e eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas em flores de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 2, p. 216-220, 2006.

ALVES-DOS-SANTOS, Isabel; MACHADO, Isabel Cristina; GAGLIANONE, Maria Cristina. História natural das abelhas coletoras de óleo. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 544-557, 2007.

ANDRADE, Patricia Barreto de. **Potenciais polinizadores e requerimentos de polinização do gergelim (*Sesamum indicum*)**. 2009. 74 f. : Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza-CE, 2009.

ARAÚJO, Priscila.; LOURENÇO, Anete Pedro; RAW, Anthony. Trap-Nesting Bees in Montane Grassland (Campo Rupestre) and Cerrado in Brazil: Collecting Generalist or Specialist Nesters. **Neotropical Entomology**, v. 45, n. 5, p. 482-489, 2016.

ARTEMAN, Kamila dos Santos et al. Pollination efficiency by bee guilds (Hymenoptera: Apoidea) to annatto flowers, *Bixa orellana* L. 1753 (Bixaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 85, p. e292494, 2025.

ASCHER, John; PICKERING John. Discover Life: bee species guide and world checklist. Disponível em: <<https://www.discoverlife.org/>> Acesso em: 22 fev. 2026.

BARBOSA, Marilene Vieira; SOUSA, Evelise Márcia Locatelli. Biologia floral, ecologia da polinização e eficiência na produção de sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. em sistemas agrícolas. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 4, p. 272-283, 2016.

BARTELLI, Bruno Ferreira et al. Mixed-species system and native vegetation cover shape bee community in tomato crops. **Landscape Ecology**, v. 38, n. 12, p. 4403-4417, 2023.

BENEVIDES, Cristine Rodrigues; EVANS, Darren; GAGLIANONE, Maria Cristina. Comparing the structure and robustness of Passifloraceae-Floral visitor and true pollinator

networks in a lowland Atlantic forest. **Sociobiology**, v. 60, n. 3, p. 295-305, 2013.

BENEVIDES, Cristine Rodrigues; GAGLIANONE, Maria Cristina; HOFFMANN, Magali. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, p. 415-421, 2009.

BENTLEY, Barbara. The protective function of ants visiting the extrafloral nectaries of *Bixa orellana* (Bixaceae). **The Journal of Ecology**, p. 27-38, 1977.

BEZERRA, Leilane Ávila; CAMPBELL, Alistair John; BRITO, Thaline de Freitas; MENEZES, Cristiano; MAUÉS, Márcia Motta. Pollen loads of flower visitors to açai palm (*Euterpe oleracea*) and implications for management of pollination services. **Neotropical Entomology**, v. 49, n. 4, p. 482-490, 2020.

BEZERRA, Antônio Diego de Melo. Impactos das mudanças climáticas na relação polinizador-cultura agrícola e alternativas para mitigar seus efeitos: O caso das abelhas *Xylocopa* spp. e o maracujá amarelo (*Passiflora edulis*). Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza-CE, 2018.

BORGES, Gabriel et al. Riqueza de abelhas na cultura do tomate e os efeitos das plantas de bordadura como atrativo para estes insetos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

BRAGA, Katia Sampaio Malagodi. Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne - Rosaceae). Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, 2002.

BREEZE, Tom . et al. Economic measures of pollination services: shortcomings and future directions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 31, n. 12, p. 927-939, 2016.

BRUCKNER, Claudio Horst et al. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). In **International Symposium on Tropical Fruits**, n. 370, p. 45-58, 1993.

CAVALCANTE, Marcelo Casimiro. et al. Nectar production dynamics and daily pattern of pollinator visits in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) plantations in Central Amazon: implications for fruit production. **Apidologie**, v. 49, n. 4, p. 505-516, 2018.

CAVALCANTE, Marcelo Casimiro et al. 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**, v. 2012, n. 1, p. 978019, 2012.

COBRA, Simone Santos de Oliveira et al. Características florais e polinizadores na qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 54-62, 2015.

COSTA, Augusto Jorge Cavalcante; GUIMARÃES-DIAS, Fábila; PÉREZ-MALUF, Raquel.

Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores de urucum em Vitória da Conquista, BA. **Ciência Rural**, v. 38, p. 534-537, 2008.

COSTA, Jociara Silva et al. Diet of *Xylocopa grisescens* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae) in a semiarid area cultivated with passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Sociobiology**, v. 71, n. 4, p. e11178-e11178, 2024.

CRUZ, Darci de Oliveira; FREITAS, Breno Magalhães. Diversidade de abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores de culturas oleaginosas no Nordeste do Brasil. **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 411-418, 2013.

DE SOUZA PAULINO, Cristiane et al. Neutral influence of animal pollination in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae) production and seed germination. **Scientia Horticulturae**, v. 318, p. 112096, 2023.

DRUMOND, Patrícia Maria; MORATO, Elder Ferreira; AZEVEDO, Gisele Garcia. Uso de ninhos-armadilhas no manejo e conservação de abelhas *Centris* Fabricius, 1804 (Apidae, Centridini) In: RESENDE, Helder Canto.; WERNECK, Hugo Azevedo. (eds) **Estudos sobre abelhas e vespas brasileiras**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. p. 77-78, 2023.

EERAERTS, Maxime; SMAGGHE, Guy; MEEUS, Ivan. Pollinator diversity, floral resources and semi-natural habitat, instead of honey bees and intensive agriculture, enhance pollination service to sweet cherry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 284, p. 106586, 2019.

FARIA JÚNIOR, Luiz Roberto Ribeiro; BENDINI, Juliana do Nascimento; BARRETO, Lídia Maria Ruv Carelli. Eficiência polinizadora de *Apis mellifera* L. e polinização entomófila em pimentão 'Cascadura Ikeda'. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 261-266, 2008.

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. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza-CE, 2024.

FARIAS-SILVA, Felipe Jackson et al. Criação racional e manejo das abelhas mamangavas de grande por *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* para polinização em cultivos agrícolas. In: FREITAS, Breno Magalhães; BEZERRA, Antônio Diego de Melo. (eds). **Criação, multiplicação e manejo de abelhas nativas para a polinização agrícola no Brasil**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 161-203, 2024.

FRANCESCHINELLI, Edivani Villaron et al. Native bee fauna of tomato crops: a comparison of active sampling and pan trapping methods. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 109, p. e2019030, 2019.

FRANCESCHINELLI, Edivani Villaron et al. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v. 11, p. 41-45, 2013.

FREITAS, B. M. et al. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. **The Journal of Agricultural Science**, v. 133, n. 3, p. 303-311, 1999.

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

FREITAS, Breno Magalhães et al. Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, p. 22-30, 2014.

FREITAS, Breno Magalhães.; PAXTON, Robert. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 1, p. 109-121, 1998.

FUZARO, Leandro et al. Visitantes florais em híbridos de canola (*Brassica napus* L.) na região do Cerrado Mineiro, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, p. e1312018, 2019.

GAGLIANONE, Maria Cristina et al. Importância de Centridini (Apidae) na polinização de plantas de interesse agrícola: o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região sudeste do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 152-164, 2010.

GARIBALDI, Lucas Alejandro et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.

GIANNINI, Tereza C. et al. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.

GRAY, Darcy et al. Effective pest management approaches can mitigate honey bee (*Apis mellifera*) colony winter loss across a range of weather conditions in small-scale, stationary apiaries. **Journal of Insect Science**, v. 24, n. 3, p. 15, 2024.

GU, Zuguang et al. "Circlize" implements and enhances circular visualization in R. **Bioinformatics**. v. 30, n. 19, p. 2811-2812, 2014.

GUIMARÃES, Rosemeire Alves; PÉREZ-MALUF, Raquel; CASTELLANI, Maria Aparecida. Abelhas (Hymenoptera: apoidea) visitantes das flores de goiaba em pomar comercial in Salinas, MG. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 23-27, 2009.

HIPÓLITO, Juliana; BOSCOLO, Danilo; VIANA, Blandina Felipe. Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 256, p. 218-225, 2018.

HOFFMANN, Magali et al. Polinização de *Passiflora edulis* f. flavicarpa (Passiflorales, Passifloraceae), por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes,

Rio de Janeiro. **Iheringia. Série Zoologia**, p. 149-152, 2000.

IPBES. **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production**. S.G. Potts, Vrepsot. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo, (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, 2016.

JUNQUEIRA, Camila Nonato.; AUGUSTO, Solange Cristina. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 131-140, 2017.

JUNQUEIRA, Camila Nonato; HOGENDOORN, Katia.; AUGUSTO, Solange Cristina. The use of trap-nests to manage carpenter bees (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini), pollinators of passion fruit (Passifloraceae: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 6, p. 884-889, 2012.

JUNQUEIRA, Camila Nonato. et al. Nest management increases pollinator density in passion fruit orchards. **Apidologie**, v. 44, n. 6, p. 729-737, 2013.

KLEIN, Alexandra-Maria et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the royal society B: biological sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KLEIN, Alexandra-Maria et al. **Insect Pollination of Crops in Brazil: A Guide for Farmers, Gardeners, Politicians and Conservationists**. Nature Conservation and Landscape Ecology, Albert-Ludwigs University Freiburg, Freiburg, 2020.

KLEIJN, David et al. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. **Nature communications**, v. 6, n. 1, p. 7414, 2015.

KRUG, Cristiane; ALVES-DOS-SANTOS, Isabel; CANE, James. Visiting bees of Cucurbita flowers (Cucurbitaceae) with emphasis on the presence of *Peponapis fervens* Smith (Eucerini - Apidae) – Santa Catarina, southern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 128-139, 2010.

KRUG, C. A comunidade de abelhas (Hymenoptera-Apiformes) da mata com araucária em Porto União-SC e abelhas visitantes florais da abóboreira. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2007.

LEE, Hoesung et al. **IPCC, 2023: Climate change 2023: Synthesis report, summary for policymakers. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [core writing team, h. Lee and j. Romero (eds.)]. IPCC, geneva, Switzerland**. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023.

LIMA, Marcos Venâncio. Atração e comportamento de forrageio de abelhas polinizadoras em flores de cultivares de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) em região semiárida. Tese

(Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza-CE, 2021.
2021.

LIMA, Zilda Cristina Malheiros et al. Pollinators or pillagers? What is the impact of flower visitors on the production of yellow passion fruit?. **Journal of Apicultural Research**, v. 64, n. 1, p. 178-184, 2025.

LOURENÇO, Diego de Vasconcelos et al. Nesting and reproductive habits of the solitary bee *Centris analis* in trap nests under a tropical climate. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 50, n. 3, p. 468-475, 2019.

MACHADO, Cerilene Santiago; CARVALHO, Carlos Alfredo Lopes de. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1404-1409, 2006.

MACHADO, Ygor Mota Soca; MADAIL, Rafael Hansen. Ecologia de polinização de maracujá no município de Bagé. **Revista Científica Rural**, v. 26, n. 2, p. 37-46p, 2024.

MALAGODI-BRAGA, Kátia Sampaio; KLEINERT, Astrid Matos Peixoto. Como o comportamento das abelhas na flor do morangueiro (*Fragaria ananassa* Duchesne) influencia a formação dos frutos?. **Bioscience Journal (Online)**, p. 76-81, 2007.

MAGALHÃES, Celso; FREITAS, Breno Magalhães. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. **Apidologie**, v. 44, n. 2, p. 234-239, 2013.

MALERBO-SOUZA, Darcelet Teresinha et al. Biodiversity and forage behavior of bees in Italian pumpkin crop (*Cucurbita pepo*). **Colloquium Agrariae**. p. 11-21. 2019.

MALERBO-SOUZA, Darcelet Teresinha; HALAK, André Luiz. Efeito da interação abelha-flor na produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Zootecnia Tropical**, v. 31, n. 1, p. 78-93, 2013.

MALERBO-SOUZA, Darcelet Terezinha; NOGUEIRA-COUTO, Regina Helena; TOLEDO, Vagner Alencar Arnaut. Abelhas visitantes nas flores da jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg.) e produção de frutos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 1, 2004.

MARCHI, Paola; MELO, Gabriel Rodrigues. Biologia de nidificação de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (Olivier)(Hymenoptera, Apidae, Xylocopini). **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 210-231, 2010.

MARSARO-JÚNIOR, Alberto Luiz; HALINSKI, Rosana; BLOCHTEIN, Betina. Abelhas associadas à cultura da canola em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 4, p. 3075-3085, 2023.

MARTARELLO, Natalia Sênedá; GRUCHOWSKI-WOITOWICZ, Franciéli Cristiane; AGOSTINI, Kayna. Pollinator Efficacy in Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* f.

flavicarpa Deg., Passifloraceae). **Neotropical entomology**, v. 50, n. 3, p. 349-357, 2021.

MÉLO, Diogo de Barros Mota et al. Polinização da abóbora (*Curcubita moschata* D.): um estudo sobre a biologia floral e visitantes florais no município de Satuba-AL. **EDUCTE: Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas**, v. 1, n. 1, 2010.

MESQUITA, Francisca Lígia Aurelio. Abelhas visitantes das flores do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) e suas eficiências de polinização. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza-CE, 2008.

MILFONT, Marcelo de Oliveira et al. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental chemistry letters**, v. 11, n. 4, p. 335-341, 2013.

MIRANDA, Rafaela Marques de; NERY, Lays Araújo; VENTRELLA, Marília Contin. Extrafloral nectaries of annatto (*Bixa orellana* L.): anatomy, nectar composition and activity during organ development. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 3, p. 468-476, 2017.

MORGADO, Leila Nunes et al. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 6, p. 1167-1177, 2002.

MOTA, Manoel Octávio Silveira da; NOGUEIRA-COUTO, Regina Helena. Polinização entomófila em pessegueiro (*Prunus persica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 39, p. 124-128, 2002.

MOURE, Jesus Santiago; URBAN, Danúncia; MELO, Gabriel . Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region – online version. Disponível em <<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>> Acesso em: 23 fev. 2026.

NASCIMENTO, Eduardo Tigre do et al. Diversidade de abelhas visitantes das flores de *Citrus* em pomares de laranja e tangerineira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 111-117, 2011.

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

NUNES-SILVA, P. et al. Diversity of floral visitors in apple orchards: influence on fruit characteristics depends on apple cultivar. **Neotropical Entomology**, v. 49, n. 4, p. 511-524, 2020.

OLIVEIRA, F. Efeitos da inter-relação entre a presença de visitantes florais e a produção na cultura da soja." Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados, 2016.

OLIVEIRA, Geane Almeida et al. *Centris aenea* (Hymenoptera, Apidae): a ground-nesting bee with high pollination efficiency in *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae).

Sociobiology, v. 60, n. 3, p. 317-322, 2013.

OLIVEIRA, José Eduardo Martins de; NICODEMO, Daniel; OLIVEIRA, Favízia Freitas de. Contribuição da polinização entomófila para a produção de frutos de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 56-65, 2015.

OLIVEIRA, Pedro de Assis de. Abelhas visitantes florais e polinizadoras do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivado em ambiente tropical. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza-CE, 2024.

OLIVEIRA, Márcio Luiz et al. Apoidea in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/218873>>. Acesso em: 23 fev. 2026

OLIVEIRA, Reísla; SCHLINDWEIN, Clemens. Searching for a manageable pollinator for acerola orchards: the solitary oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Journal of Economic Entomology**, v. 102, n. 1, p. 265-273, 2009.

OLIVEIRA FILHO, José Hugo de; FREITAS, Breno Magalhães. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional. **Ciência Rural**, v. 33, p. 693-697, 2003.

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). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza-CE, 2023.

PEREIRA, Márcio; GARÓFALO, Carlos Alberto. Biologia da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 193-209, 2010.

PINA, Welber da Costa et al. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores de urucum (*Bixa orellana* Linnaeus 1753) em Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, 2015.

PIOVESAN, Bruna et al. Entomofauna and potential pollinators of strawberry crop under semi-hydroponic conditions. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 324-330, 2019.

PIRES, Carmen Sílvia Soares et al. Selection of bee species for environmental risk assessment of GM cotton in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 8, p. 573-586, 2014.

PORTO, Rafaella Guimarães et al. Pollinator-dependent crops in Brazil yield nearly half of nutrients for humans and livestock feed. **Global Food Security**, v. 31, p. 100587, 2021.

POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA: Posit

- Software, PBC. Disponível em: <http://www.posit.com>. Acesso em: 03 mai. 2025.
- POTTS, Simon G. et al. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 220-229, 2016.
- RAW, Anthony. Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. **Annals of Botany**, v. 85, n. 4, p. 487-492, 2000.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing (Version 4.5.1) [Software]. Viena, Áustria: The R Foundation. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
- RIBEIRO, Carolina Albuquerque Massena et al. Self-incompatibility and phenotypic assessment of yield and quality in *Passiflora alata*, an understudied tropical fruit species. **Scientia Horticulturae**, v. 338, p. 113666, 2024.
- ROCHA, Aline Nascimento; POLATTO, Leandro. *Bixa orellana* L.(Bixaceae): dependência de polinizadores e estratégias de forrageio dos visitantes florais. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 3, p. 1-7, 2017.
- SANTANA, Márcia Portugal et al. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores do feijoeiro, *Phaseolus vulgaris* L., em Lavras e Ijaci–MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 6, p. 1119-1127, 2002.
- SANTOS, Alexandre Oliveira; BARTELLI, Bruno Ferreira; NOGUEIRA-FERREIRA, Fernanda Helena. Potential pollinators of tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in open crops and the effect of a solitary bee in fruit set and quality. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 3, p. 987-994, 2014.
- SANTOS, Charles Fernando dos; ABSY, Maria Lúcia. Polinizadores de *Bertholletia excelsa* (Lecythidales: Lecythidaceae): interações com abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) e nicho trófico. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 854-861, 2010.
- SANTOS, Charles Fernando dos; ABSY, Maria Lúcia. Interactions between carpenter bees and orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in flowers of *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Lecythidaceae). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 89-94, 2012.
- SANTOS, Joice Kellen Ventura dos. Diversidade e abundância de insetos visitantes florais em *Glycine max* (L.) merril sob diferentes sistemas de produção. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) Universidade Federal da Grande Dourados, 2023.
- SCHEID, Leandro et al. Eficácia de abelhas na polinização de cultivares de morango no sul do Brasil. **Luminária**, v. 22, n. 02, 2020.
- SERRA, Bruna; CAMPOS, Lucio. Polinização entomófila de abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 153-159, 2010.

SILVA, Eva Monica Sarmiento da et al. Composition and frequency of flower visitors in some varieties of melon under different crop conditions. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 976-984, 2021.

SILVA, S. R. et al. Isolation from natural habitat reduces yield and quality of passion fruit. **Plant biology**, v. 21, n. 1, p. 142-149, 2019.

SILVA-NETO, Carlos de Melo et al. High species richness of native pollinators in Brazilian tomato crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, p. 506-513, 2016.

SILVEIRA, Murilo et al. Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable?. **Scientia horticulturae**, v. 146, p. 99-103, 2012.

SILVEIRA, Tiago Madruga Telesca da et al. Polinização em mirtilo no sul do Brasil e sua influência na qualidade do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 081-088, 2011.

SIQUEIRA, Kátia Maria Medeiros de et al. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 1-12, 2009.

TIETZ, Allison; MOUGA, Denise. Polinizadores apícolas (Hymenoptera, Apoidea) do mirtilo (*Vaccinium ashei* Read variedade Climax, Florida e Bluegem) no norte de Santa Catarina, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, v. 9, n. 1, p. 97-119, 2022.

TOREZANI, Karoline Ribeiro de Sá. Polinização da aboboreira (*Cucurbita pepo* L.): um estudo sobre a comunidade de abelhas em sistemas orgânicos e convencionais de produção no Distrito Federal. Tese (Doutorado em Zoologia) Universidade de Brasília, 2015.

TSCHOEKE, Paulo Henrique et al. Diversity and flower-visiting rates of bee species as potential pollinators of melon (*Cucumis melo* L.) in the Brazilian Cerrado. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 207-216, 2015.

VARASSIN, Isabela Galarda et al. Produção de néctar e visitas por abelhas em duas espécies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 251-255, 2012.

VARASSIN, Isabela Galarda; TRIGO, Jose Roberto; SAZIMA, Marlies. The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil. **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 136, n. 2, p. 139-152, 2001.

VILANOVA, Cíntia Simeão. Interações de insetos antófilos em pessegueiros (*Prunus persica* CV. Premier L. Batsch-Rosaceae) e efeito na produção de frutos no sul do Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução da Biodiversidade). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2011.

VILHENA, Alice Maria Guimarães Fernandes et al. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. *Apidologie*, v. 43, n. 1, p. 51-62, 2012.

VINÍCIUS-SILVA, Ronaldo et al. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L.(Solanaceae) in open-field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea*, v. 44, p. 349-360, 2017.

WOITOWICZ, Francieli Cristiane Gruchowski. Comunidade e redes de interações de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes florais do morango (*Fragaria X ananassa* Duchene) no norte catarinense e sul paranaense. Dissertação (Mestrado em Biologia Evolutiva) Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2013.

YAMAMOTO, Marcela et al. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* forma flavicarpa, Passifloraceae) crop in Central Brazil. *Apidologie*, v. 43, n. 5, p. 515-526, 2012.

2 MONITORAMENTO DE LONGO PRAZO E BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO DA ABELHA MAMANGAVA DE GRANDE PORTE *Xylocopa frontalis* EM UM MODELO DE NINHO RACIONAL PARA UTILIZAÇÃO NA POLINIZAÇÃO AGRÍCOLA DIRIGIDA

RESUMO

As mamangavas de grande porte do gênero *Xylocopa* são importantes polinizadoras de plantas silvestres e cultivadas no Brasil. No entanto, devido aos seus hábitos de nidificação, que envolvem a escavação de galerias em madeira morta, sua criação racional tem sido um considerável desafio por muito tempo. Neste estudo, apresentamos melhorias em um modelo de ninho proposto para a criação racional dessas abelhas, bem como técnicas para multiplicação e manejo da espécie mais comum e amplamente distribuída do gênero no Brasil, *X. frontalis* (Olivier, 1789), com notas sobre sua biologia e arquitetura do ninho. Os primeiros ninhos colonizados foram observados poucos meses após a instalação na área de estudo. A maioria dos ninhos foi abandonada no primeiro ano após a colonização, com apenas alguns permanecendo ativos por mais de 2 anos. O inimigo natural mais comum observado foram vespas do gênero *Trypoxylon*. O número de galerias por ninho variou de uma a seis ($3,82 \pm 1,4$), com comprimento médio total de 104,19 ($\pm 43,41$) cm e um volume escavado de 327,15 ($\pm 136,29$) cm³. Ninhos ativos foram observados durante todo o período de estudo e foram transportados e realocados sem ocorrência de abandono. Concluímos que nosso dispositivo de nidificação racional é uma alternativa adequada para a criação e o manejo de *Xylocopa frontalis* e, presumivelmente, de outras espécies do gênero para polinização de culturas ou fins de pesquisa, atendendo as necessidades relativas à biologia de nidificação dessas abelhas.

Palavras-chave: polinização assistida; manejo de abelhas mamangavas; criação de polinizadores.

ABSTRACT

Large carpenter bees of the genus *Xylocopa* are important pollinators of both wild and crop plants in Brazil. However, due to the nesting habits, which involve excavating galleries in dead wood, their rational rearing has been a challenge for many years. In this study, we present improvements to a proposed nest model for the breeding of these bees, as well as techniques for the rearing, multiplication and management of the most common and widely distributed species of the genus in Brazil, *X. frontalis* (Olivier, 1789), with notes of nesting biology and architecture. The first colonized nests appeared a few months after its placement in the study area. Most nests were abandoned in the first year after colonization, with only a few remaining active for >2 years. The most common enemy observed were *Trypoxylon* wasps. The number of galleries per nest ranged from one to six ($3,82 \pm 1,4$). The galleries had a total length mean of 104,19 ($\pm 43,41$) cm and an excavated volume of 327,15 ($\pm 136,29$) cm³. Active nests were seen during all the study period and were transported and relocated with no abandonment. We conclude that our rational nesting device is a suitable alternative to rearing and management of *Xylocopa frontalis* and presumably other species of the genus for crop pollination or research purposes, meeting the needs of nesting biology of these bees.

Keywords: assisted pollination; carpenter bee management; rearing pollinators.

2.1 Introdução

As abelhas do gênero *Xylocopa* são espécies de médio a grande porte, com distribuição pantropical, ocorrendo principalmente em regiões tropicais e subtropicais (Figura 5) e reconhecidas como importantes polinizadoras tanto de plantas silvestres quanto de culturas agrícolas (Pereira-Vieira et al., 2010; Cavalcante et al., 2018; Klein et al., 2020; Martarello et al., 2021; Farias-Silva et al., 2024). Uma vez que escavam seus ninhos em madeira morta, são conhecidas popularmente como abelhas carpinteiras ou mamangavas de toco (em contraste com abelhas do gênero *Bombus*, as chamadas mamangavas de chão) ou simplesmente mamangavas. A presença destas abelhas para a polinização de culturas em pequenas áreas cultivadas próximas a florestas e grandes fragmentos de vegetação nativa geralmente é garantida, pois as abelhas encontram nesses refúgios tanto locais adequados para nidificação quanto fontes de recursos tróficos. Assim, quando as plantas cultivadas florescem, há mamangavas em número suficiente nas proximidades para visitar e polinizar suas flores. No entanto, nos últimos anos, o perfil das áreas agrícolas mudou, com a expansão das áreas cultivadas e o distanciamento dos campos de cultivo das áreas florestais, afetando a composição das comunidades de espécies relacionadas a tais áreas (Tilman et al., 2001, 2002; Schroeder et al., 2024). Além disso, há evidências de que as mudanças climáticas vêm afetando a distribuição geográfica e os padrões de forrageamento das mamangavas (Bezerra et al., 2019; Farias-Silva e Freitas, 2021).

Déficits de polinização cada vez mais significativos têm sido registrados em culturas que dependem de abelhas grandes, como as mamangavas, resultando em quedas substanciais na produtividade ou em aumentos significativos nos custos de produção devido à necessidade de polinização manual (Pereira-Vieira et al., 2010; Popak & Markwith, 2019). Conseqüentemente, nos últimos 30 anos, vários estudos e iniciativas foram realizados para explorar maneiras de atrair e manter essas abelhas em áreas agrícolas (Marchi e Melo, 2010; Pereira e Garófalo, 2010; Junqueira et al., 2012, 2013; Pedroso et al., 2021).

No entanto, ao contrário de outras abelhas solitárias ou sociais que nidificam acima do solo usando apenas cavidades pré-existentes, *Xylocopa* nidificam principalmente escavando galerias ou ampliando cavidades já existentes em galhos e ramos de madeira morta, de preferência com textura macia ou em algum grau de decomposição (Pereira & Garófalo, 2010; Freitas et al., 2017). Esse comportamento de nidificação torna consideravelmente difícil a criação racional dessas abelhas, pois não há como inspecionar os ninhos em tocos de madeira

ou aplicar qualquer tipo de manejo à cria, e as abelhas não aceitam colmeias convencionais em forma de caixas de madeira, tradicionalmente utilizadas para criação de outras espécies. Assim, a maioria dos esforços tem se concentrado em atrair abelhas para plantações com toras de madeira morta, bambu ou pedaços de madeira como substrato para nidificação, mas sem necessariamente desenvolver técnicas de criação e manejo.

Figura 5 Área de ocorrência natural da abelha mamangava de grande porte *Xylocopa frontalis*. Dados: *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)* e *SpeciesLink* (2025).



Fonte: elaborada pelo autor

Os esforços para a criação racional das mamangavas foram iniciados por Mardan (1994, 1995), com um esquema de quadros verticais encaixados em uma moldura de madeira, com uma cunha perfurada para instigar a inspeção por parte das abelhas. O modelo se mostrou funcional e a nidificação foi exitosa. Posteriormente, Oliveira-Filho e Freitas (2003), inspirados pelo modelo de Mardan, desenvolveram e apresentaram um ninho racional baseado em estudos com as duas maiores abelhas carpinteiras do Brasil, *X. frontalis* e *X. grisescens*, que até então era o único sugerido para essas abelhas. O modelo proposto assemelha-se a um quadro de

colmeia para a abelha melífera (*Apis mellifera* L.), diferindo nas dimensões e no fato de ser preenchido com uma placa de madeira para a abelha escavar seu ninho, coberta com placas de vidro transparente em ambos os lados. Mais uma vez, os autores obtiveram êxito na colonização dos ninhos. Subsequentemente, Marchi e Melo (2010) desenvolveram um modelo baseado nos anteriores, porém simplificado: a cunha perfurada foi substituída por um furo na própria estrutura do ninho e as lâminas de vidro transparente foram substituídas por acrílico, consideravelmente mais leve. Neste caso, no entanto, a nidificação não foi satisfatória. Representações esquemáticas dos referidos modelos podem ser observadas na Figura 6.

Figura 6 Representação esquemática dos principais modelos de ninhos racionais propostos para abelhas do gênero *Xylocopa*: Mardan (1994) (a); Oliveira-Filho & Freitas (2003) (b); Marchi & Melo (2010) (c).



Fonte: elaborada pelo autor

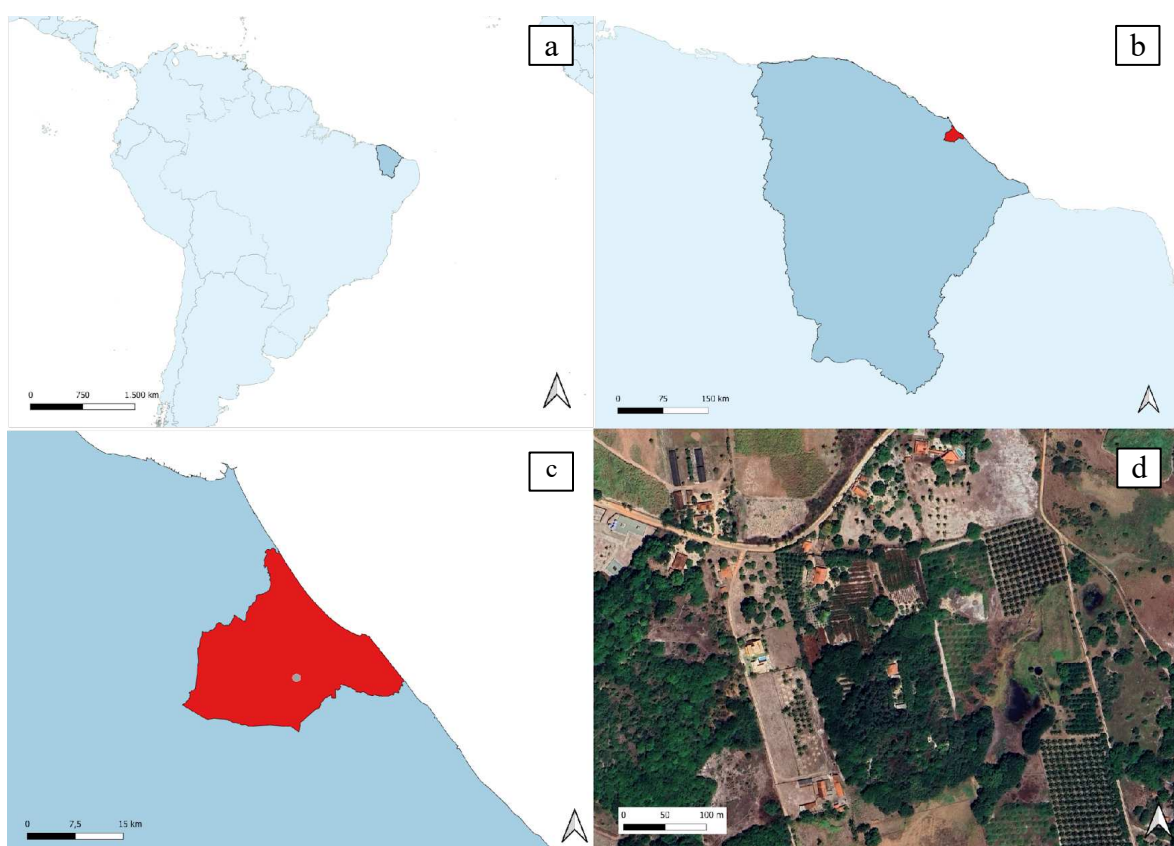
Embora bem-sucedido, o modelo proposto por Oliveira-Filho e Freitas (2003) apresenta melhorias que poderiam ser implementadas para melhor adequá-lo à biologia e ao comportamento reprodutivo das mamangavas, bem como facilitar sua/seu fabricação/manejo/transporte. Assim, o presente estudo teve como objetivo sugerir e aplicar refinamentos ao modelo, bem como o desenvolvimento de métodos de criação e manejo de ninhos racionais, com base em observações detalhadas da nidificação e reprodução das abelhas nessas condições.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado de outubro de 2019 a outubro de 2022 no Meliponário São Francisco, na zona rural do município de Aquiraz (03°54'05" S e 38°23'28" O, 14,2 m de altitude) (IPECE, 2017). Aquiraz está localizado na região litorânea do estado do Ceará, no Nordeste brasileiro (Figura 7). O clima é tropical quente subúmido, com período chuvoso de janeiro a maio, precipitação média anual de 1379,9 mm e temperatura média variando de 26 a 28 °C. A área de estudo é circundada por um remanescente de vegetação nativa, caracterizado como Complexo Vegetal da Zona Litorânea, com pequenas áreas de cultivo agrícola nas proximidades (IPECE, 2017).

Figura 7 Mapa da área de estudo, evidenciando o estado do Ceará (a), o município de Aquiraz (b), a localização geográfica (c) e a visualização de satélite (d) da área de estudo.



Fonte: elaborada pelo autor; imagem de satélite extraída do software Google Earth® em 14 de junho de 2022.

2.2.2 Ninhos racionais para *Xylocopa frontalis*

As mamangavas que utilizamos neste estudo pertencem à espécie *Xylocopa frontalis*, comum nos Neotrópicos. Os dispositivos de nidificação foram alojados em um abrigo para criação (Xylocopário), que consiste em uma estrutura de 2m x 3m, construída em forma de galpão de madeira e coberta com telhas coloniais. Os ninhos utilizados em nosso estudo (Figura 8) foram baseados no modelo proposto por Freitas e Oliveira-Filho (2003). Esses ninhos racionais são instalados em uma caixa semelhante à colmeia de *A. mellifera*, capaz de acomodar até nove ninhos racionais cada. Estruturalmente, as principais modificações no novo modelo de ninho racional envolvem a remoção da cunha de entrada inferior, com a entrada pré-perfurada agora localizada na parte frontal inferior do dispositivo de nidificação, e ranhuras mais largas em ambos os lados do ninho para acomodar a inserção de placas de vidro, permitindo também a inserção e o deslizamento de uma folha de cartolina preta em cada uma delas para escurecer ou permitir a visualização interna do ninho racional quando conveniente. Mais detalhes sobre o dispositivo de nidificação são mostrados no Apêndice C.

Figura 8 Representação esquemática do ninho racional e do aparato de nidificação para *Xylocopa frontalis*.



Fonte: elaborada pelo autor

Devido à alteração da entrada, a caixa onde os ninhos racionais são inseridos agora possui um fundo fechado e fixo, com uma abertura ao longo das partes inferiores das faces frontal e traseira, ambas coincidindo com as entradas dos ninhos racionais (Figura 8). Essas alterações visam facilitar o acesso das abelhas aos ninhos, bem como reduzir o trabalho e os custos, eliminando a cunha, que constituía uma peça adicional a ser fabricada para cada ninho

racional. Por outro lado, isso levou à necessidade de abrir ambos os lados das caixas para permitir que as abelhas alcançassem as entradas dos ninhos. Um total de oito caixas de nidificação foram utilizadas neste estudo, cada caixa contendo nove ninhos racionais.

Figura 9 Ninhos racionais para *Xylocopa frontalis* instalados em abrigo na área de estudo, em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022.



Fonte: elaborada pelo autor

2.2.3 Colonização, arquitetura dos ninhos e população de abelhas

Os ninhos foram inspecionados aproximadamente a cada três meses. O longo intervalo entre as inspeções teve como objetivo causar o mínimo de perturbação possível às abelhas. Durante as inspeções, observamos o estado de cada ninho, classificando-os da seguinte forma: **Tentou iniciar nidificação** – quando sinais de escavação, mas não de nidificação, são visíveis; **Nidificou** – colonizado por *X. frontalis*, com presença de cria e/ou células sendo

abastecidas; **Abandonado** – ninho abandonado após nidificação; **Reativado** – reativado após abandono; **Outra espécie** – com a cavidade ocupada por outras espécies, principalmente *Trypoxylon* sp.; **Fêmea abrigada** – fêmea na cavidade pré-escavada, mas sem sinais de tentativa de nidificação; **Sem tentativa de nidificação** – ignorado pelas abelhas, sem sinal algum de tentativa de colonização.

Quando os ninhos estavam colonizados, o número de galerias e células construídas, o número de abelhas adultas, ovos, larvas, pupas e células sendo provisionadas durante as inspeções era registrado. Além disso, a presença de potenciais inimigos, predadores e outras espécies que poderiam usar os ninhos como abrigo era observada. Ao final do estudo, os dispositivos de nidificação foram levados da área de estudo para o Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará. Os ninhos permanentemente abandonados foram encaminhados ao laboratório e fotografados. O comprimento e o diâmetro internos das galerias foram medidos com o auxílio do software ImageJ.

2.2.4 Análises estatísticas

Para mensurar o tempo de ocupação (da nidificação ao abandono) das abelhas nos ninhos colonizados, foi realizada a análise de Kaplan-Meier com a construção da curva de permanência. Uma matriz de probabilidade de transição foi construída para avaliar a probabilidade de um ninho mudar de um status específico para outro nos três meses subsequentes à inspeção. A estimativa do índice de Bray-Curtis foi utilizada para medir a similaridade dos padrões populacionais entre os meses avaliados. Para as análises mencionadas, utilizamos os softwares estatísticos R, versão 4.5.1 (R Core Team, 2025) e RStudio, versão 2025.05.0+496 (Posit Team, 2025).

2.3 Resultados

Durante o período de três anos de monitoramento dos ninhos, 18 ninhos racionais foram totalmente colonizados, constituindo uma taxa de colonização de 25%. Um total de 11 inspeções foram realizadas ao longo do estudo, a primeira em fevereiro de 2020, três meses após a colocação dos ninhos no Xylocopário. Nessa inspeção, observamos as primeiras fêmeas abrigadas e sinais de tentativas de nidificação, mas nenhum ninho efetivamente colonizado foi encontrado. Os primeiros ninhos colonizados (Figura 10) foram detectados em agosto de 2020. A evolução do número de ninhos em cada status avaliado é mostrada na Figura 11. Pelo menos

um ninho foi efetivamente colonizado em cada uma das caixas instaladas.

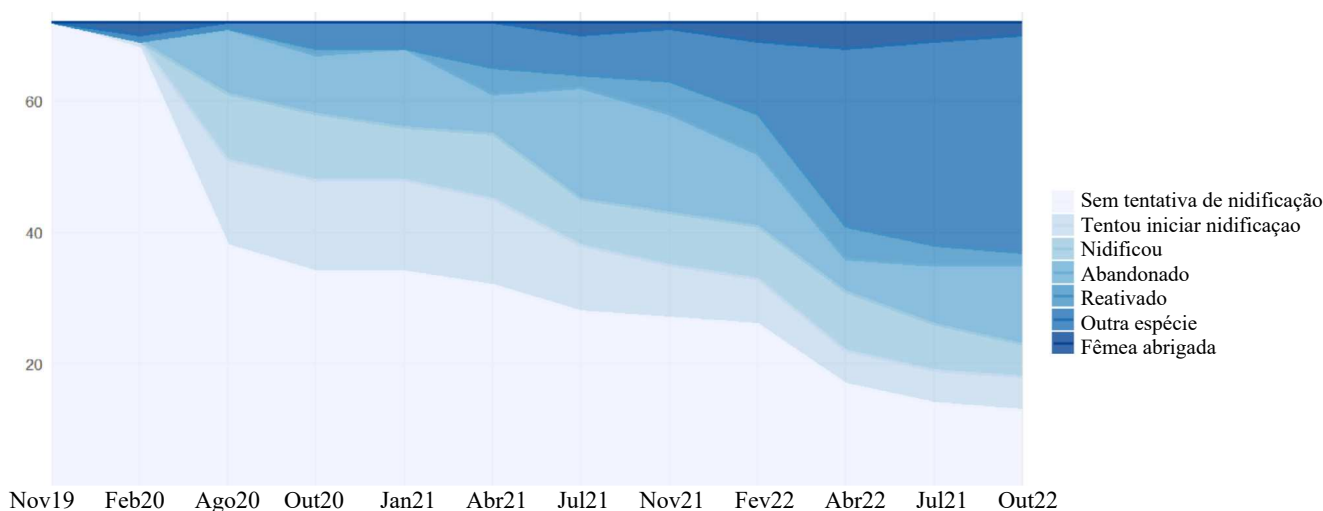
Inimigos comuns relatados para *Xylocopa*, como o besouro Meloidae *Cissites maculata* e as vespas da família Leucospidae, não foram encontrados dentro ou perto dos ninhos durante nosso estudo. Por outro lado, vespas do gênero *Trypoxylon* foram o inimigo mais prevalente encontrado nidificando nas cavidades pré-perfuradas dos ninhos racionais. Outros insetos associados aos ninhos foram formigas e baratas. Durante o estudo, foram encontrados apenas alguns indivíduos imaturos de *Xylocopa* mortos, mas não foi possível determinar a causa da morte dos mesmos.

Figura 10 Ninhos racionais ocupados por *Xylocopa frontalis* em diferentes estágios de colonização, alocados em área rural do município de Aquiraz, Ceará. Note-se o número diferente de galerias escavadas.



Fonte: adaptado de Farias-Silva et al. (2024).

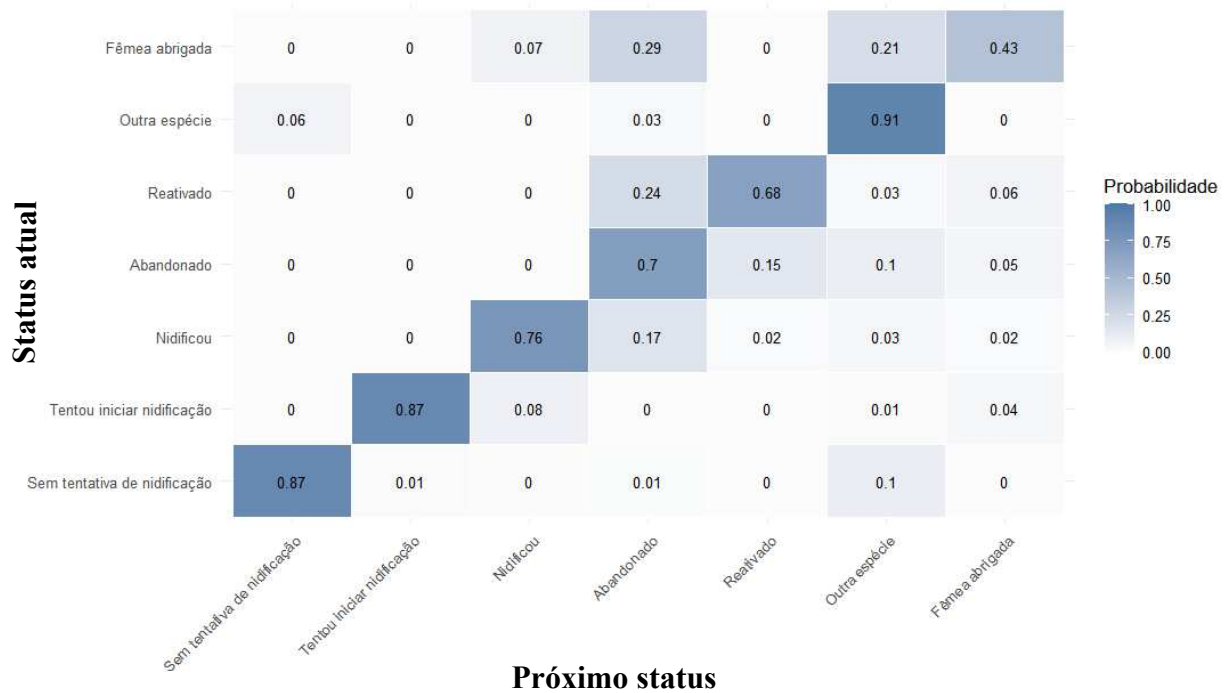
Figura 11 Evolução de status de ninhos racionais para *Xylocopa frontalis* alocados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022. **Tentou iniciar nidificação** – quando sinais de escavação, mas não de nidificação, são visíveis; **Nidificou** – colonizado por *X. frontalis*, com presença de cria e/ou células sendo abastecidas; **Abandonado** – ninho abandonado após nidificação; **Reativado** – reativado após abandono; **Outra espécie** – com a cavidade ocupada por outras espécies, principalmente *Trypoxylon* sp.; **Fêmea abrigada** – fêmea na cavidade pré-escavada, mas sem sinais de tentativa de nidificação; **Sem tentativa de nidificação** – ignorado pelas abelhas, sem sinal algum de tentativa de colonização.



Fonte: elaborada pelo autor

Em relação à transição entre os status dos ninhos racionais (Figura 12), encontramos alta probabilidade de o ninho permanecer no status da inspeção anterior pelos três meses seguintes. Ninhos colonizados por outras espécies (especialmente vespas do gênero *Trypoxylon* mencionado anteriormente) não foram posteriormente colonizados por *Xylocopa frontalis* e aqueles que não sofreram tentativas de nidificação pelas abelhas tenderam a não ser colonizados durante o período do estudo.

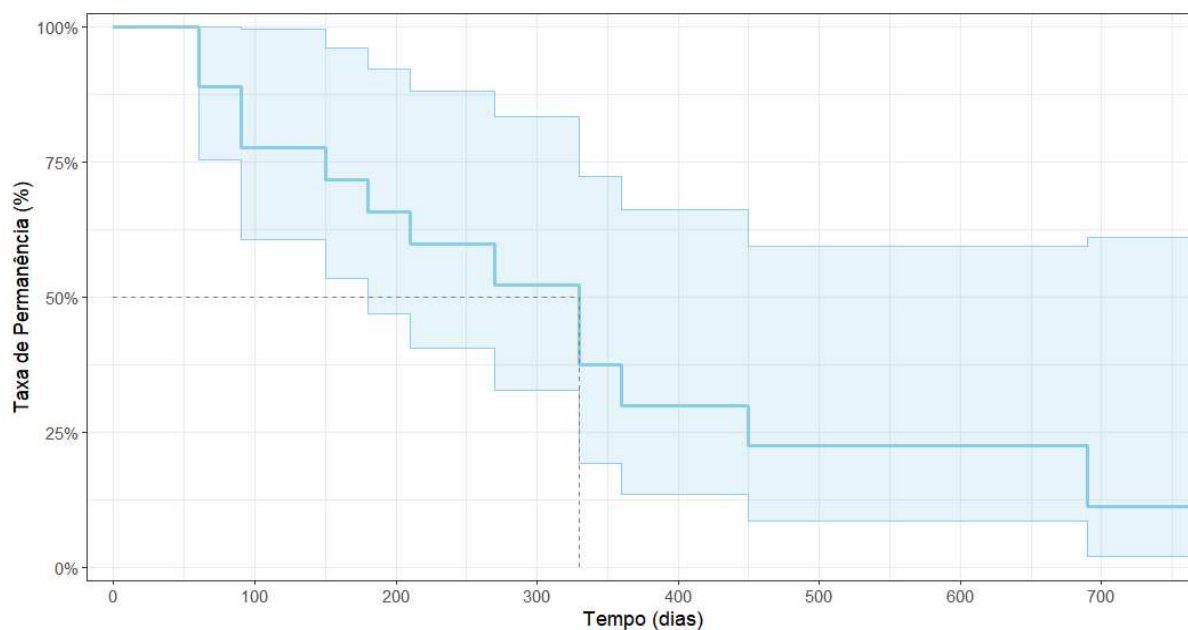
Figura 12 Matriz de probabilidade de transição entre os status de ninhos racionais de *Xylocopa frontalis* localizados na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil, de novembro de 2019 a outubro de 2022. **Tentou iniciar nidificação** – quando sinais de escavação, mas não de nidificação, são visíveis; **Nidificou** – colonizado por *X. frontalis*, com presença de cria e/ou células sendo abastecidas; **Abandonado** – ninho abandonado após nidificação; **Reativado** – reativado após abandono; Outra espécie – com a cavidade ocupada por outras espécies, principalmente *Trypoxylon* sp.; **Fêmea abrigada** – fêmea na cavidade pré-escavada, mas sem sinais de tentativa de nidificação; **Sem tentativa de nidificação** – ignorado pelas abelhas, sem sinal algum de tentativa de colonização.



Fonte: elaborada pelo autor

O modelo de Kaplan-Meier sobre o tempo de permanência das abelhas nos ninhos racionais (Figura 13) mostra que quase 70% dos ninhos colonizados foram abandonados durante o primeiro ano após a colonização. Apenas dois dos 18 ninhos colonizados acompanhados no estudo permaneceram ativos durante todo o período de observação (aproximadamente 800 dias).

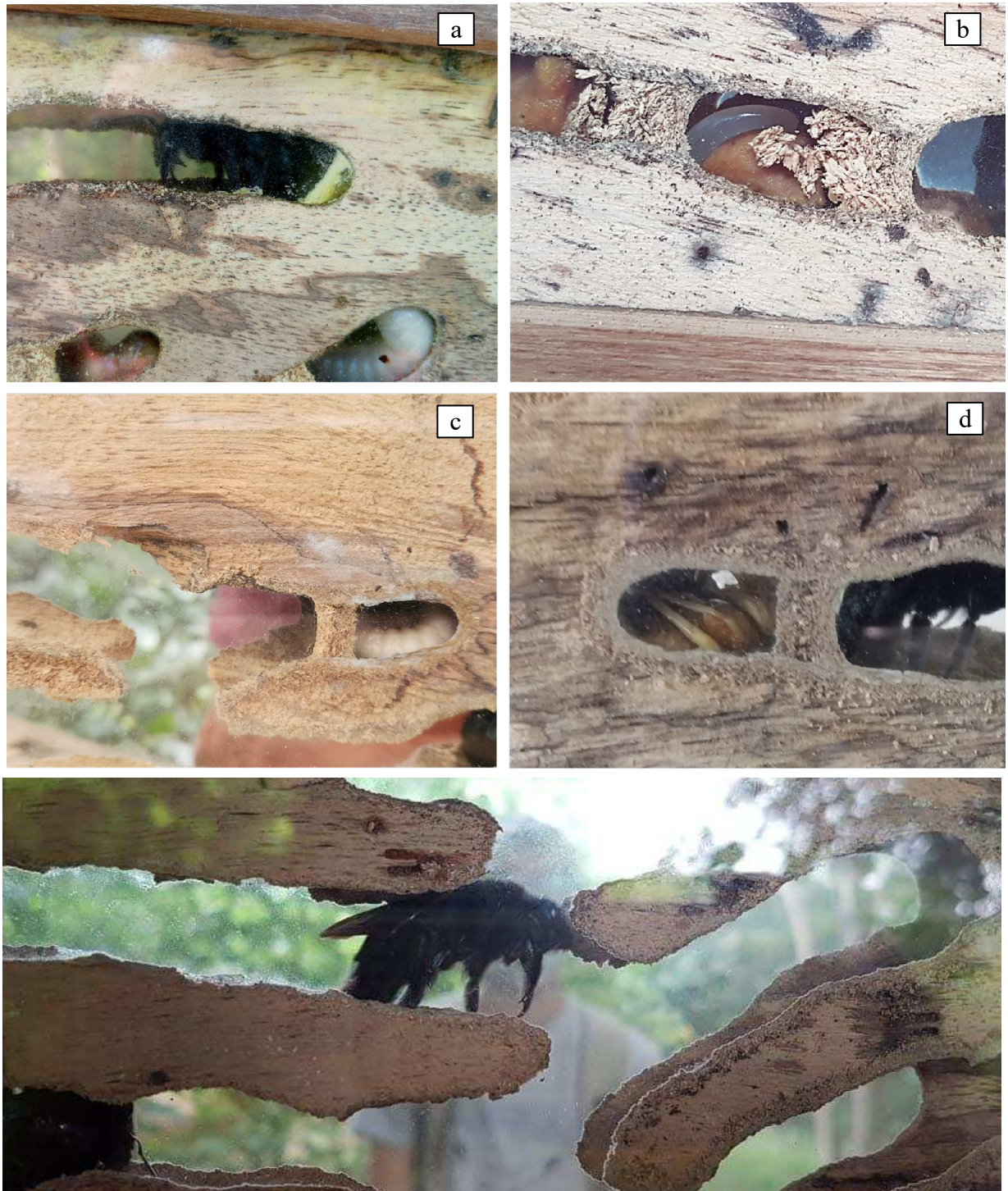
figura 13 Curva de Kaplan-Meier sobre a permanência de *Xylocopa frontalis* em ninhos racionais localizados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022.



Fonte: elaborada pelo autor

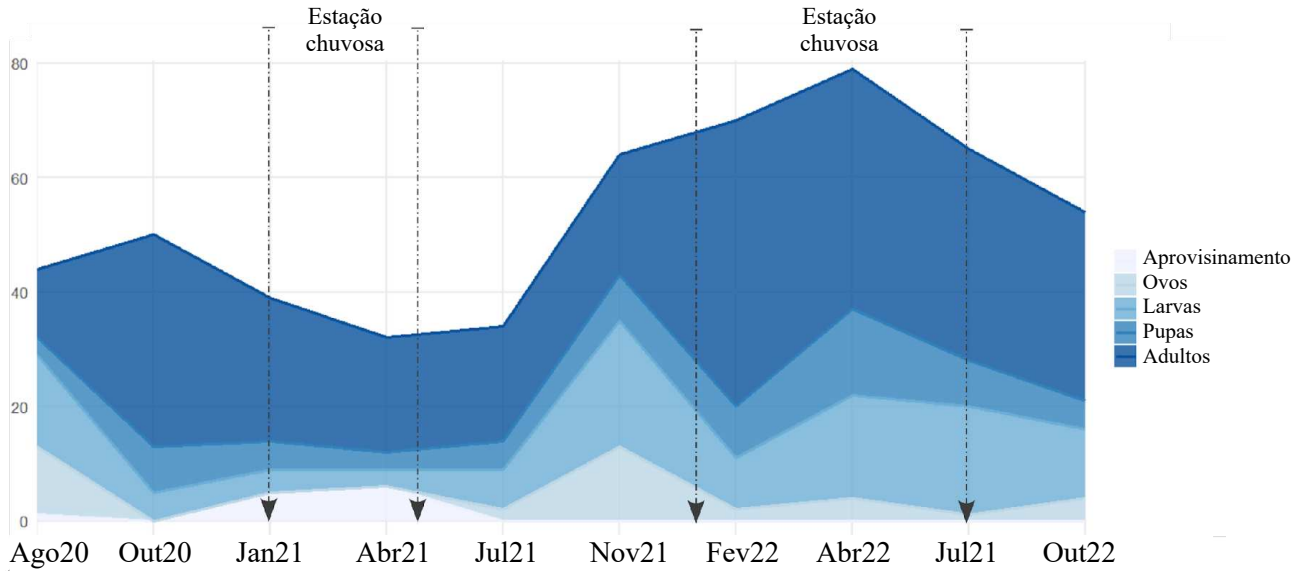
Os estágios de desenvolvimento dos indivíduos são mostrados na Figura 14. A população de abelhas e suas crias (Figura 15) variou bastante entre os anos do estudo. O número mínimo de indivíduos (26) foi observado em abril de 2021; curiosamente, o pico populacional (79) ocorreu em abril de 2022. A análise de agrupamento (Figura 16) mostrou alta similaridade entre os padrões populacionais de *X. frontalis* nos anos de 2021 e 2022, com exceção de outubro de 2020 e novembro de 2021. Não foi observado abandono como resultado do transporte dos ninhos da área de estudo para o Setor de Abelhas da Universidade Federal do Ceará ao final do estudo.

Figura 14 Estágios de desenvolvimento de *Xylocopa frontalis* em ninhos racionais: célula sendo abastecida pela fêmea adulta, com massa de pólen visível no final da célula (a), ovo depositado sobre o suprimento de alimento (b); larva no último instar (c), pupa não pigmentada (d) e fêmea jovem (e).



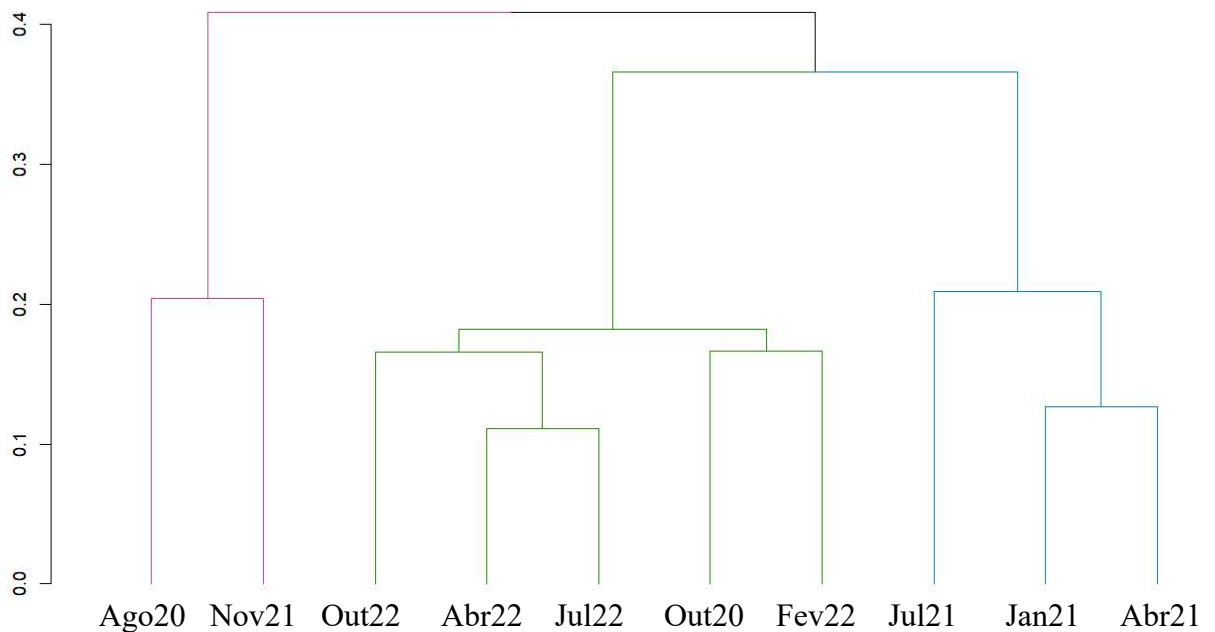
Fonte: adaptado de Farias-Silva et al. (2024).

Figura 15 Flutuação populacional de *Xylocopa frontalis* em ninhos racionais locados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022, com destaque para as estações chuvosas.



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 16 Análise de agrupamento baseada no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis comparando os padrões populacionais de *Xylocopa frontalis* entre meses em ninhos racionais locados em área rural do município de Aquiraz, Ceará, entre novembro de 2019 e outubro de 2022.



Fonte: elaborada pelo autor

Os parâmetros relativos à arquitetura do ninho são mostrados na Tabela 2. O número de galerias construídas por ninho variou de uma a seis ($3,82 \pm 1,4$). As galerias apresentaram um comprimento total médio de $104,19 (\pm 43,41)$ cm e um volume escavado de $327,15 (\pm 136,29)$ cm³.

Tabela 2 Número de galerias construídas, comprimento total e volume escavado de ninhos racionais de *Xylocopa frontalis* localizados na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil, de novembro de 2019 a outubro de 2022.

Ninho racional	Arquitetura do ninho		
	Nº de galerias	Comprimento total (cm)	Volume escavado (cm ³)
1	5	152,96	480,29
2	4	70,69	221,97
3	4	119,67	375,76
4	4	105,1	330,01
5	5	177,67	557,88
6	4	102,75	322,64
7	1	34,79	109,24
8	6	139,67	438,56
9	3	66,63	209,22
10	2	58,98	185,2
11	4	117,16	367,88
<i>Média ± desvio padrão</i>	$3,82 \pm 1,4$	$104,19 \pm 43,41$	$327,15 \pm 136,29$

2.4 Discussão/Conclusão

Na criação racional de polinizadores, especialmente quando baseada na colonização natural dos ninhos oferecidos, o processo de estabelecimento de uma população geralmente leva tempo. Em nosso estudo, os primeiros ninhos colonizados foram encontrados nove meses após o início das observações. Dado o estágio de desenvolvimento desses ninhos, com a maioria dos indivíduos imaturos sendo larvas e pupas, sem indivíduos em processo efetivo de nidificação, provavelmente começou algumas semanas antes, por volta dos sete meses pós-instalação.

O tipo de madeira usado como substrato para nidificação precisa ser cuidadosamente escolhido. As abelhas do gênero *Xylocopa* geralmente preferem construir seus ninhos em madeira macia e seca, muitas vezes em algum estágio de degradação, que oferece baixa resistência às suas mandíbulas (Freitas & Oliveira-Filho, 2001, Oliveira-Filho & Freitas, 2003; Farias-Silva et al., 2024). Por outro lado, é importante que a caixa externa e demais estruturas de madeira, que não o substrato de nidificação em si, sejam confeccionados em madeira resistente e durável, uma vez que se espera que o dispositivo dure anos diante das condições climáticas. No presente estudo, utilizamos madeira de cajueiro (*Anacardium occidentale*) para os ninhos e *Manilkara huberi*, uma árvore tropical localmente conhecida como Massaranduba, conhecida por sua resistência natural, para as caixas de nidificação.

A alta probabilidade de permanência dos ninhos no estado anterior, em uma inspeção posterior, demonstrou que as mudanças relativas às transições entre os estados são geralmente lentas, sem alterações drásticas observadas. Pode-se inferir que há uma estabilidade relativa, no que diz respeito à população de abelhas, no conjunto de dispositivos de nidificação. Nosso trabalho mostrou que atenção especial deve ser dada às vespas *Trypoxylon*. Muitas espécies desse gênero constroem seus ninhos usando barro ou argila (Musicante & Salvo, 2010) que adere fortemente ao interior das cavidades, fazendo com que as abelhas se abstenham de nidificar, mesmo após a limpeza cuidadosa do ninho. Ao final do estudo, a grande maioria dos ninhos racionais estava colonizada por essas vespas. Inspeções mais frequentes, associadas ao fornecimento de locais alternativos de nidificação para tais insetos (por exemplo, canudos de papelão ou papel com diâmetro específico, como proposto por Silveira et al. (2024)), podem ser cruciais para evitar essa ocupação e nidificação em massa dos ninhos racionais.

Assim como relatado por Oliveira-Filho & Freitas (2003), nenhum parasitismo dos ninhos por imaturos de *Cissites maculata* foi observado no presente estudo. Como ambos os

modelos de ninhos e dispositivos de nidificação são estruturalmente bastante semelhantes, é notável que esse tipo de ninho racional oferece algum tipo de proteção contra esse inimigo natural amplamente reconhecido de *Xylocopa*, provavelmente impedindo o acesso dos besouros adultos às galerias. Formigas do gênero *Camponotus*, embora raramente vistas em nossa pesquisa, podem representar um obstáculo para as fêmeas nidificarem, uma vez que podem usar as cavidades iniciais ou mesmo um ninho já escavado como locais de nidificação.

Embora a maioria dos ninhos tenha sido abandonada durante o primeiro ano após a colonização, alguns permaneceram habitados por mais de dois anos consecutivos, sendo abandonados apenas quando não havia mais espaço para a construção de novas galerias. O comprimento médio e o número de galerias construídas em nosso trabalho foram maiores quando comparados aos encontrados por Oliveira-Filho & Freitas (2003). Esses resultados são esperados, dado o maior período de observação neste trabalho. É importante ressaltar que, independentemente da flutuação populacional mostrada em nosso estudo, ninhos habitados foram observados ao longo do período de estudo de três anos, com, pelo menos, cinco deles ativos em cada inspeção.

Sabe-se que fatores climáticos podem afetar a dinâmica populacional em algumas espécies de *Xylocopa* (Gerling et al., 1989; Hogendoorn & Leys, 1993; Gimenes et al., 2006). No Nordeste brasileiro, a população de algumas espécies de *Xylocopa* tende a diminuir com o avanço da estação chuvosa. Em nosso estudo, embora esse fenômeno tenha sido claramente observado em 2021, o mesmo não foi observado em 2022; na verdade, a população atingiu o pico na estação chuvosa do referido ano. Pereira & Garófalo (2010) discutem que o comportamento reprodutivo de *X. frontalis* e *X. grisescens* pode ser afetado pelas condições climáticas e pela disponibilidade de recursos florais, o que explica parcialmente a variação observada e a similaridade dos padrões populacionais dentro dos anos de estudo, conforme demonstrado pelo índice de Bray-Curtis.

Como não foi observado abandono após o transporte dos ninhos a cerca de 40 km da área de estudo, sugerimos que esse dispositivo de nidificação, quando manuseado cuidadosamente para evitar danos aos imaturos sensíveis, pode ser movimentado entre diferentes áreas. Assim, os ninhos podem ser colonizados em áreas com alta população natural de *Xylocopa frontalis* e, em seguida, realocado para a área agrícola quando o serviço de polinização for necessário, respeitando os limites da área de ocorrência natural da espécie em questão.

Neste estudo, devido à nossa abordagem experimental, a lâmina de madeira utilizada como substrato de nidificação não foi substituída após ser totalmente escavada pelas abelhas. No entanto, os ninhos foram construídos de forma a permitir que o criador os substitua quando necessário, evitando os altos custos associados à substituição de um ninho racional completo e tornando a criação de *Xylocopa* mais acessível.

Nosso estudo, no entanto, apresenta limitações. O longo intervalo entre as inspeções impediu uma análise mais detalhada sobre a flutuação populacional e a mudança de status dos ninhos ao longo do tempo. Além disso, a grande quantidade de vespas *Trypoxylon* nidificando em nossos dispositivos, em parte causada por esse longo intervalo, provavelmente afetou a dinâmica de colonização pelas mamangavas. Em um cenário real, com inspeções mais regulares, tal impacto provavelmente seria reduzido.

Concluimos que nosso dispositivo de nidificação racional é uma alternativa adequada para a criação e o manejo de *Xylocopa frontalis* e, presumivelmente, de outras espécies do gênero que apresentem semelhante porte, sendo facilmente aceito por elas, com durabilidade a longo prazo quando manejado corretamente e sem sinais de interferência negativa na biologia de nidificação das abelhas. Além dos usos na polinização de culturas, nossos ninhos podem ser adequadamente empregados para fins de pesquisa, especialmente aqueles relacionados ao ciclo de vida e ao desenvolvimento dos indivíduos. Ainda são necessárias melhorias; as alterações feitas no dispositivo de nidificação racional proposto por Oliveira-Filho & Freitas (2003) visaram principalmente facilitar o manejo e tornar o modelo menos complexo sem comprometer sua eficiência. Esperamos, portanto, um maior envolvimento dos agricultores na criação dessas abelhas, uma vez que a necessidade de novas técnicas de criação desses polinizadores para uso em áreas agrícolas é imperativa, a fim de melhorar a produção agrícola sustentável e ajudar a construir novos sistemas agrícolas resilientes.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, Antonio Diego M. et al. Agricultural area losses and pollinator mismatch due to climate changes endanger passion fruit production in the Neotropics. **Agricultural Systems**, v. 169, p. 49-57, 2019.

CAMILLO, Evandro; GARÓFALO, Carlos Alberto. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa griseescens* (Lepeletier) in southern Brazil. I-Nest construction and biological cycle. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 42, n. 3, p. 571, 1982.

CAVALCANTE, Marcelo Casimiro et al. Nectar production dynamics and daily pattern of pollinator visits in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) plantations in Central Amazon: implications for fruit production. **Apidologie**, v. 49, n. 4, p. 505-516, 2018.

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

FARIAS-SILVA, Felipe Jackson de et al. Criação racional e manejo das abelhas mamangavas de grande por *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa griseescens* para polinização em cultivos agrícolas. In: FREITAS, Breno Magalhães; BEZERRA, Antônio Diego de Melo. (eds). **Criação, multiplicação e manejo de abelhas nativas para a polinização agrícola no Brasil**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 161-203, 2024.

FREITAS, Breno Magalhães; SILVA, Claudia Inês da; BEZERRA, Antônio Diego de Melo. **A História Natural Ilustrada de um Polinizador: a abelha mamangava *Xylocopa frontalis*/The Illustrated Natural History of a Pollinator: the carpenter bee *Xylocopa frontalis***. A.B.E.L.H.A., São Paulo. 2017.

FREITAS Breno Magalhães; OLIVEIRA-FILHO José Hugo de. **Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas**. Banco do Nordeste, Fortaleza, 2001.

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

GBIF Secretariat. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset
<https://doi.org/10.15468/39omei> acessado via GBIF.org em 15 de junho de 2025.

GERLING, Dan; VELTHUIS, Hayo; HEFETZ, Abraham. Bionomics of the large carpenter bees of the genus *Xylocopa*. **Annual Review of Entomology**. n. 34, p. 163–190, 1989.

GIMENES, Miriam; FIGUEIREDO, Nívia; SANTOS, Andreza. Atividades relacionadas à construção e provisionamento de ninhos de *Xylocopa subcyanea* (Hymenoptera, Apidae) em uma área de restinga na Bahia, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 96, n. 3, p. 299-304, 2006.

HOGENDOORN, Katja; LEYS, Remko. The superseded female's dilemma: ultimate and proximate factors that influence guarding behaviour of the carpenter bee *Xylocopa pubescens*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 33, n. 6, p. 371-381, 1993.

IPECE (2025) Perfil Básico Municipal, [online] <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/> (accessado em 15 de julho de 2025).

JUNQUEIRA, Camila Nonato et al. Nest management increases pollinator density in passion fruit orchards. **Apidologie**, v. 44, n. 6, p. 729-737, 2013.

JUNQUEIRA, Camila Nonato; HOGENDOORN, Katja.; AUGUSTO, Solange Cristina. The use of trap-nests to manage carpenter bees (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini), pollinators of passion fruit (Passifloraceae: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 6, p. 884-889, 2012.

KLEIN, Alexandra-Maria et al. **Insect Pollination of Crops in Brazil: A Guide for Farmers, Gardeners, Politicians and Conservationists**. Nature Conservation and Landscape Ecology, Albert-Ludwigs University Freiburg, Freiburg, 2020.

MARDAN Makhdzir et al. A new technique for mass rearing carpenter bees on dry wood logs. In: International Conference on Apiculture in Tropical Climates, 5., 1992, Port of Spain. **Proceedings**. Cardiff: IBRA, p. 149-155, 1994.

MARDAN Makhdzir. Varied pollinators for southeast Asian crops. In: Roubik D W (Org.) **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Services Bulletin 118. Roma: FAO p. 142-149, 1995.

MARCHI, Paola; MELO, Gabriel Rodrigues. Biologia de nidificação de *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* (Olivier)(Hymenoptera, Apidae, Xylocopini). **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 210-231, 2010.

MARTARELLO, Natalia Sênedá; GRUCHOWSKI-WOITOWICZ, Franciéli Cristiane; AGOSTINI, Kayna. Pollinator Efficacy in Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., Passifloraceae). **Neotropical entomology**, v. 50, n. 3, p. 349-357, 2021.

MUSICANTE, Mariana L.; SALVO, Adriana. Nesting biology of four species of *Trypoxylon (Trypargilum)*(hymenoptera: Crabronidae) in Chaco Serrano woodland, Central Argentina. **Revista de Biología Tropical**, v. 58, n. 4, p. 1177-1188, 2010.

OLIVEIRA FILHO, José Hugo de; FREITAS, Breno Magalhães. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional. **Ciência Rural**, v. 33, p. 693-697, 2003.

PEDROSO, Henrique Lomônaco et al. Occupation dynamics and nesting behaviours of *Xylocopa frontalis* (Olivier)(Hymenoptera: Apidae) in artificial shelters. **Journal of Natural History**, v. 55, n. 29-30, p. 1815-1823, 2021.

PEREIRA, Márcio; GARÓFALO, Carlos Alberto. Biologia da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa griseascens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 193-209, 2010.

VIEIRA, Patrícia Fernanda da Silva Pereira et al. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. **Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 15, p. 0043-53, 2010.

POPAK, Allan E.; MARKWITH, Scott H. Economic valuation of bee pollination services for passion fruit (Malpighiales: Passifloraceae) cultivation on smallholding Farms in São Paulo, Brazil, using the avoided cost method. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 5, p. 2049-2054, 2019.

POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA: Posit Software, PBC. Disponível em: <http://www.posit.com>. Acesso em: 03 mai. 2025.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing (Version 4.5.1) [Software]. Viena, Áustria: The R Foundation. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 03 mai. 2025.

SCHROEDER, Hayley et al. Agricultural landscape simplification affects wild plant reproduction indirectly through herbivore-mediated changes in floral display. **Scientific reports**, v. 14, n. 1, p. 14293, 2024.

SILVEIRA David Rezende da et al. Criação e manejo racionais da abelha coletora de óleo *Centris (Heterocentris) analis* para polinização agrícola. In: FREITAS, Breno Magalhães; BEZERRA, Antônio Diego de Melo. (eds). **Criação, multiplicação e manejo de abelhas nativas para a polinização agrícola no Brasil**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 161-203, 2024.

SPECIESLINK NETWORK, acessado via specieslink.net/search/xylocopa_frontalis, em 20 de junho de 2025.

TILMAN, David et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, n. 5515, p. 281-284, 2001.

TILMAN, David et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 671-677, 2002.

3 EFICIÊNCIA DE POLINIZAÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES DE ABELHAS NATIVAS NO URUCUZEIRO (*Bixa orellana*) SOB CONDIÇÕES TROPICAIS NO NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

A polinização animal é um fator consideravelmente relevante para a produção agrícola. Dentre os polinizadores, as abelhas são consideradas os agentes mais importantes e eficientes, inclusive em cultivos agrícolas. Embora *Apis mellifera* seja a espécie de abelha mais utilizada nestas condições, uma série de razões leva à busca por espécies alternativas como polinizadoras nesse contexto. No Brasil, o urucum (*Bixa orellana*) é uma cultura importante, com valor de produção em torno de US\$ 30 milhões anualmente. Avaliamos o comportamento de forrageamento e a eficiência de polinização de quatro espécies nativas brasileiras (*Augochloropsis* sp., *Melipona fasciculata*, *Melipona flavolineata* e *Xylocopa frontalis*) em cultivo de urucum. O pico de visitação floral foi observado entre 7h e 8h da manhã, com *X. frontalis* forrageando mais cedo que as outras abelhas e realizando visitas mais curtas às flores. Não foram detectadas diferenças estatísticas em relação a todos os parâmetros dos frutos entre os tratamentos. O tratamento com polinização livre apresentou a maior taxa de frutificação (37,5%), seguido por uma visita de *M. flavolineata* (25%), embora nenhuma diferença estatística tenha sido observada.

Palavras-chave: polinização agrícola; mamangavas; abelhas sem ferrão.

ABSTRACT

Animal pollination is a relevant factor regarding crop production. Among pollinators, bees are considered the most important and efficient agents in agricultural fields. Although *Apis mellifera* is the most used bee species in agricultural crops, a series of reasons lead to prospect alternative species as pollinators in this context. In Brazil, annatto (*Bixa orellana*) is one important crop, with production value around U\$ 30 million annually. We evaluated foraging behavior and pollination efficiency of four Brazilian native species (*Augochloropsis* sp., *Melipona fasciculata*, *Melipona flavolineata* and *Xylocopa frontalis*) in annatto fields. The peak of floral visits was observed between 7h and 8h a.m., with *X. frontalis* foraging sooner than the other bees and performed shorter visits to the flowers. No statistical difference was detected regarding all fruit parameters between treatments. The free pollination treatment showed highest fruit set rate (37,5%) followed by one visit by *M. flavolineata* (25%), although no statistical difference was observed.

Keywords: crop pollination; carpenter bees; stingless bees.

3.1 Introdução

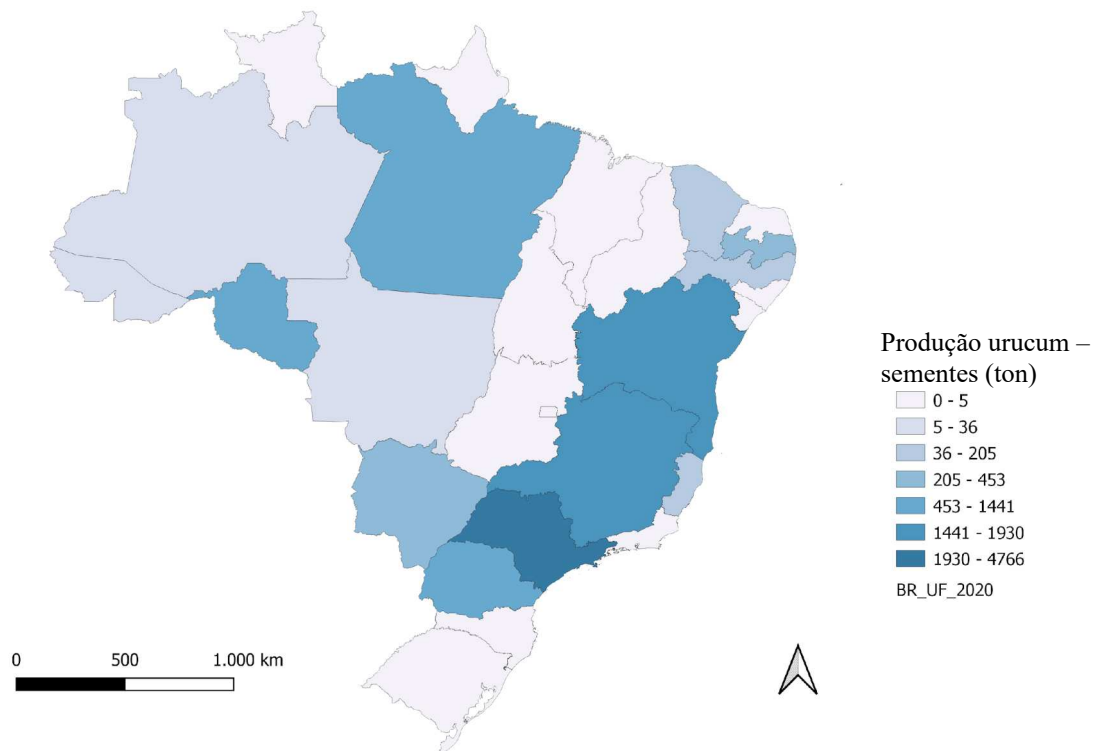
A polinização animal é um serviço ecossistêmico vital. Além da relevância ecológica, é essencial para a reprodução e a estabilidade das populações de espécies botânicas nativas e, conseqüentemente, para os ambientes naturais como um todo, sendo seu papel nos sistemas agrícolas cada vez mais evidente (Ollerton et al., 2011; Rader et al., 2016; Isaacs et al., 2017; Khalifa et al., 2021). O valor econômico global estimado dos serviços de polinização pode atingir US\$ 657 bilhões anualmente (Porto et al., 2020). Um grande número de culturas agrícolas depende da polinização animal, ou ao menos é beneficiada por ela, e o aumento no volume de produção, na qualidade de frutas e vegetais e no teor de óleo das sementes são alguns dos benefícios relatados nos últimos anos (BPBES/REBIPP, 2019; Klein et al., 2020).

Entre os polinizadores, as abelhas são consideradas um grupo chave e, devido a características específicas, como colônias manejáveis com grande número de indivíduos, amplo nicho trófico e raio de voo abrangente, *Apis mellifera* é a espécie predominante no que diz respeito à polinização na agricultura (Potts et al., 2016). No entanto, muitas espécies de plantas têm requisitos de polinização que *A. mellifera* sozinha não consegue atender satisfatoriamente. Por exemplo, cerca de 6% das plantas com flores, incluindo culturas importantes, como tomate, berinjela e mirtilo, apresentam anteras que liberam os grãos de pólen através de pequenas fendas ou poros em sua região apical (Vallejo-Marín, 2019). Nessas espécies, as visitas de abelhas que produzem vibrações da musculatura torácica, que incluem um número considerável de espécies de abelhas solitárias e sem ferrão, mas não *A. mellifera* (De Luca & Vallejo-Marín, 2013), são geralmente necessárias para a liberação adequada do pólen e, conseqüentemente, para a fertilização, em um fenômeno conhecido como polinização por vibração (Buchmann & Hurley, 1978). Assim, as abelhas silvestres têm despertado atenção como potenciais polinizadoras em paisagens agrícolas, inclusive de forma integrada aos polinizadores manejados (Garibaldi et al., 2013).

No Brasil, cerca de 60% das culturas agrícolas produzidas dependem, em alguma medida, de serviços de polinização, com aproximadamente um terço destas tendo dependência elevada ou essencial (Gianinni et al., 2015), das quais uma parcela relevante depende da polinização por vibração. Entre elas, está o urucum (*Bixa orellana*), um arbusto/arvoreta da família Bixaceae, nativa das regiões tropicais da América, atualmente cultivada como cultura perene em praticamente toda a região pantropical. Produz um fruto seco e deiscente, repleto de pequenas sementes pretas cobertas por um arilo avermelhado, cujos principais pigmentos são

os carotenoides bixina e norbixina (Albuquerque & Meireles, 2011). Historicamente, essas sementes têm sido utilizadas por povos indígenas como corante natural e em pinturas corporais, e diversas partes da planta são empregadas no tratamento de várias doenças por estes povos (Leão, 2017; Gaudêncio, 2020). Nas últimas décadas, o Brasil tornou-se um dos maiores produtores de urucum, com uma produção anual estimada em 12 mil toneladas de sementes em todo o seu território (Figura 17), o que representa um valor de produção de quase US\$ 30 milhões (IBGE, 2025), voltado quase que inteiramente para a indústria de corantes alimentícios (Fabri & Teramoto, 2015).

Figura 17 Produção de sementes de urucum (*Bixa orellana*), em toneladas, por estado brasileiro em 2024 Dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).



Fonte: elaborada pelo autor

Embora o urucum possa produzir frutos por autogamia e geitonogamia, as taxas de frutificação geralmente são baixas (Arteman et al., 2025); portanto, a polinização cruzada, geralmente mediada por abelhas, é essencial para aumentar a produtividade. As flores do

urucum, apesar de não secretarem néctar floral, são conhecidas pela grande quantidade de pólen produzida, sendo uma fonte relevante para diversas abelhas e outros insetos que coletam pólen, com grande número de visitantes florais relatados (Costa et al., 2008; Mesquita, 2008; Pina et al., 2015; Rocha & Polato, 2017; Arteman et al., 2025). No entanto, as anteras liberam grandes quantidades de grãos de pólen apenas por meio da polinização vibratória mencionada anteriormente. Assim, o presente estudo teve como objetivo descrever o comportamento de forrageamento de quatro espécies de abelhas nativas produtoras de vibração em plantações de urucum e avaliar sua eficiência como polinizadoras em condições tropicais no Nordeste do Brasil.

3.2 Material e métodos

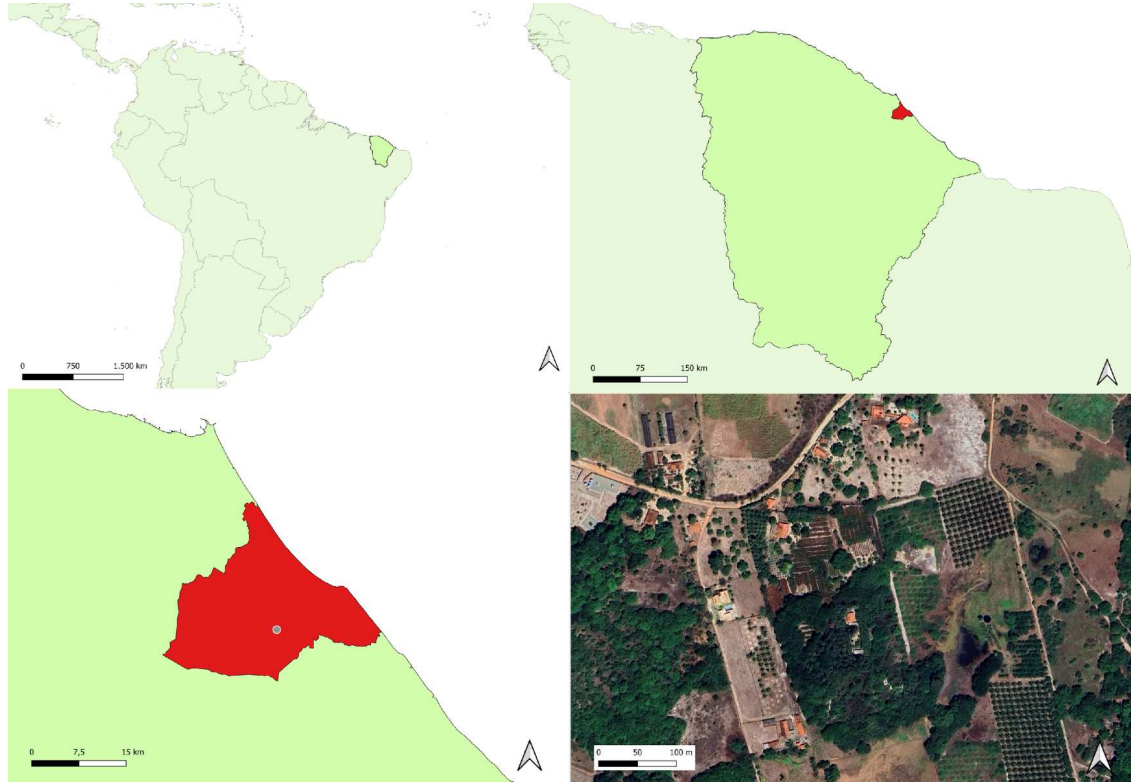
3.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado de junho de 2022 a abril de 2023 no meliponário São Francisco, na zona rural do município de Aquiraz (03°54'05" S e 38°23'28" O, 14,2 m de altitude) (IPECE, 2017), na região litorânea do estado do Ceará, no Nordeste brasileiro (Figura 17). O clima é tropical quente subúmido, com período chuvoso de janeiro a maio, precipitação média anual de 1379,9 mm e temperatura média variando de 26 a 28 °C. A área de estudo é circundada por um remanescente de vegetação nativa, caracterizado como Complexo Vegetal da Zona Litorânea, com pequenas áreas de cultivo agrícola nas proximidades (IPECE, 2017). Todas as observações foram realizadas das 6h às 12h da manhã, devido à baixa receptividade do estigma relatada em pesquisas anteriores e ao pequeno número de abelhas forrageando no campo após esse período em observações prévias. O esforço amostral total foi de 320 horas.

3.2.2 Comportamento de forrageamento

As abelhas utilizadas neste estudo foram selecionadas por meio da observação prévia dos visitantes florais mais frequentes das flores de urucum. Quatro espécies foram selecionadas: *Melipona flavolineata*, *Melipona fasciculata*, *Xylocopa frontalis* e *Augochloropsis* sp. (Figura 19). Registramos a duração da visita às flores da cultura para cada espécie de abelha, utilizando cronômetros eletrônicos. Anotações sobre o comportamento das abelhas nas flores foram feitas e vídeos das visitas foram gravados para análises posteriores, mais detalhadas, do comportamento apresentado para cada espécie.

Figura 18 Mapa da área de estudo, evidenciando o estado do Ceará (a), o município de Aquiraz (b), a localização geográfica (c) e a visualização de satélite (d) da área de estudo.



Fonte: elaborada pelo autor; imagem de satélite extraída do software Google Earth® em 14 de junho de 2022.

3.2.3 Eficiência de polinização

Para avaliar a eficiência de uma visita de cada espécie de abelha na frutificação, os botões florais foram ensacados um dia antes da antese (Figura 20). Os sacos utilizados foram confeccionados de tecido com trama de 0,5 mm, impedindo que os visitantes alcançassem as flores. Os sacos foram então removidos para permitir uma única visita das abelhas selecionadas, após o que as flores foram ensacadas novamente. Os tratamentos consistiram em cada uma das espécies de abelhas mencionadas anteriormente, além de polinização livre (com flores marcadas e não ensacadas) e autopolinização (flores ensacadas durante todo o período de receptividade). Os frutos foram colhidos quando a cápsula apresentava aspecto seco. Após a coleta, os frutos foram completamente secos sob luz solar direta até que nenhuma umidade aparente fosse percebida. Cinco parâmetros dos frutos foram avaliados: número e peso das sementes, peso total do fruto, equador maior e distância polar. Medimos os parâmetros dos frutos da seguinte forma: o peso dos frutos e das sementes foi aferido com balança digital de precisão e os equadores e distâncias polares foram medidos com paquímetro digital (Apêndice E).

Figura 19 Abelhas nativas brasileiras testadas quanto à eficiência de polinização do urucum (*Bixa orellana*): *Augochloropsis* sp. (a), *Melipona flavolineata* (b), *Melipona fasciculata* (c) e *Xylocopa frontalis* (d).



Fonte: elaborada pelo autor

3.2.4 Análises estatísticas

A duração das visitas das espécies de abelhas e os parâmetros dos frutos foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$), seguido, quando necessário, pelo teste de Dunn com correção de Benjamini-Hocberg. Devido à impossibilidade de analisar alguns frutos, *Augochloropsis* sp. foi excluída da análise dos parâmetros de frutos. O índice de sobreposição temporal do forrageamento foi estimado com base na densidade de *kernel* das visitas ao longo do período de observação. A taxa de frutificação por tratamento foi comparada por meio de um Modelo Linear Generalizado binomial. Para todas as análises, utilizamos os softwares estatísticos R, versão 4.5.1 (R Core Team, 2025) e RStudio, versão 2025.05.0+496 (Posit Team, 2025).

Figura 20 Botão floral ensacado (a) e flor marcada com fita de cetim (b) do urucum (*Bixa orellana*).



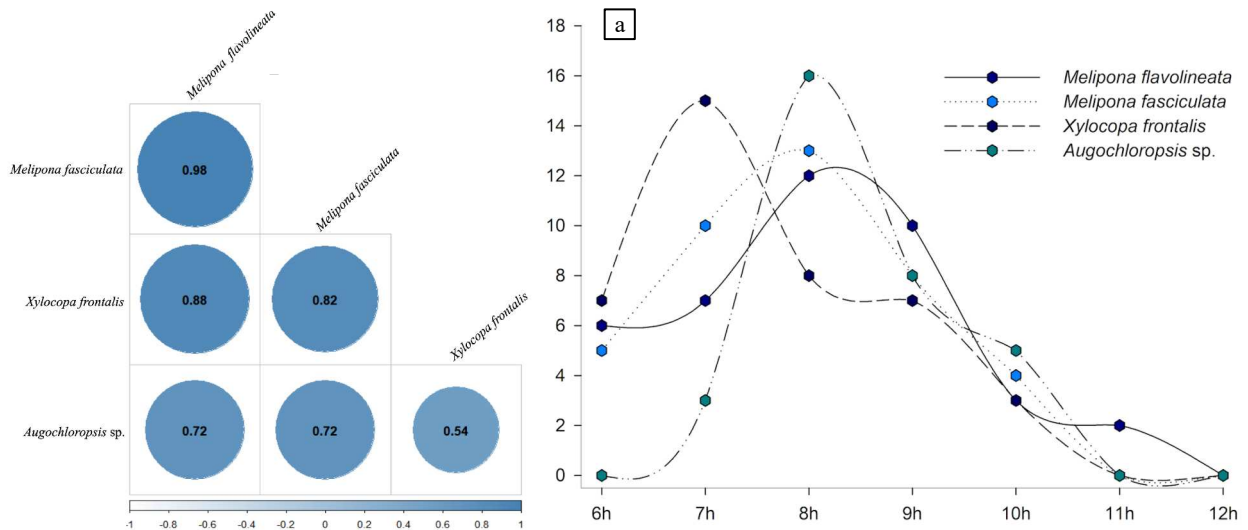
Fonte: elaborada pelo autor

3.3 Resultados

A atividade de forrageamento (Figura 21a) das abelhas atingiu o pico entre 7h e 8h da manhã e diminuiu durante o período de observação, não sendo observadas abelhas nas flores por volta do meio-dia. No caso de *Xylocopa frontalis*, a atividade de forrageamento concentrou-se mais cedo do que nas outras abelhas do estudo. O índice de sobreposição temporal (Figura 21b) foi maior entre *M. fasciculata* e *M. flavolineata* (0,98) e menor entre *X. frontalis* e

Augochloropsis sp. (0,54).

Figura 21 Número de indivíduos de quatro espécies de abelhas nativas forrageando por hora (a) e índice de sobreposição temporal (b) de espécies forrageando em flores de urucum (*Bixa orellana*) na área rural de Aquiraz, Ceará.



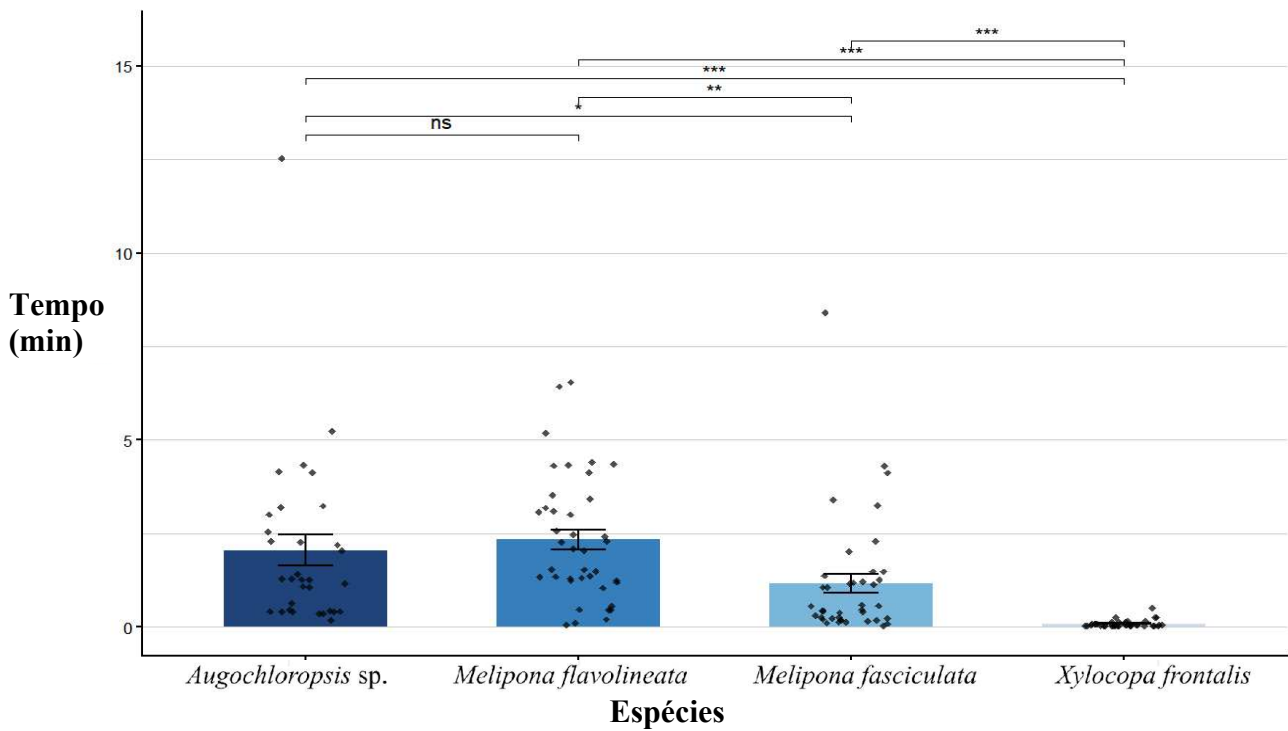
Fonte: elaborada pelo autor

Existem diferenças consideráveis em relação ao comportamento das quatro espécies nas flores. *Melipona flavolineata* e *M. fasciculata* apresentaram comportamento semelhante: ambas “mergulham” nos estames, vibrando e coletando pólen, frequentemente tocando o estigma no processo. Em seguida, realizam curtos voos de limpeza, agregando o pólen nas corbículas, e depois retornando às flores e repetindo a coleta de pólen. *Augochloropsis* sp. se dirige diretamente às anteras, onde coleta o pólen, e nenhum contato entre o corpo da abelha e o estigma foi observado durante os experimentos. No caso de *X. frontalis*, dado o seu tamanho corporal, ela “abraça” a grande maioria dos estames de uma única vez, vibrando, e deixando a flor em seguida.

A duração da visita às flores em si diferiu significativamente entre as espécies. Foram observadas visitas mais longas para *M. flavolineata*, *M. fasciculata* e *Augochloropsis* sp., enquanto *X. frontalis* realizou visitas mais curtas (Figura 22). Para todas as quatro espécies, independentemente da duração da visita ou do comportamento da abelha, observamos uma liberação massiva de pólen das anteras durante a mesma (Apêndice G). Além das abelhas avaliadas em nosso estudo, observou-se um número considerável de visitantes ocasionais

(Figura 23), forrageando tanto por pólen quanto por néctar extrafloral. Estes apresentaram baixa frequência e incluíram abelhas sociais e solitárias, formigas, vespas e moscas (Figura 7).

Figura 22 Tempo de forrageamento médio + erro padrão de quatro espécies de abelhas nativas em flores de urucum (*Bixa orellana*) na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil, de junho de 2022 a abril de 2023. ns = não significativo; * = $p.adjs < 0.05$; ** = $p.adjs < 0.01$; *** = $p.adjs < 0.001$.



Fonte: elaborada pelo autor

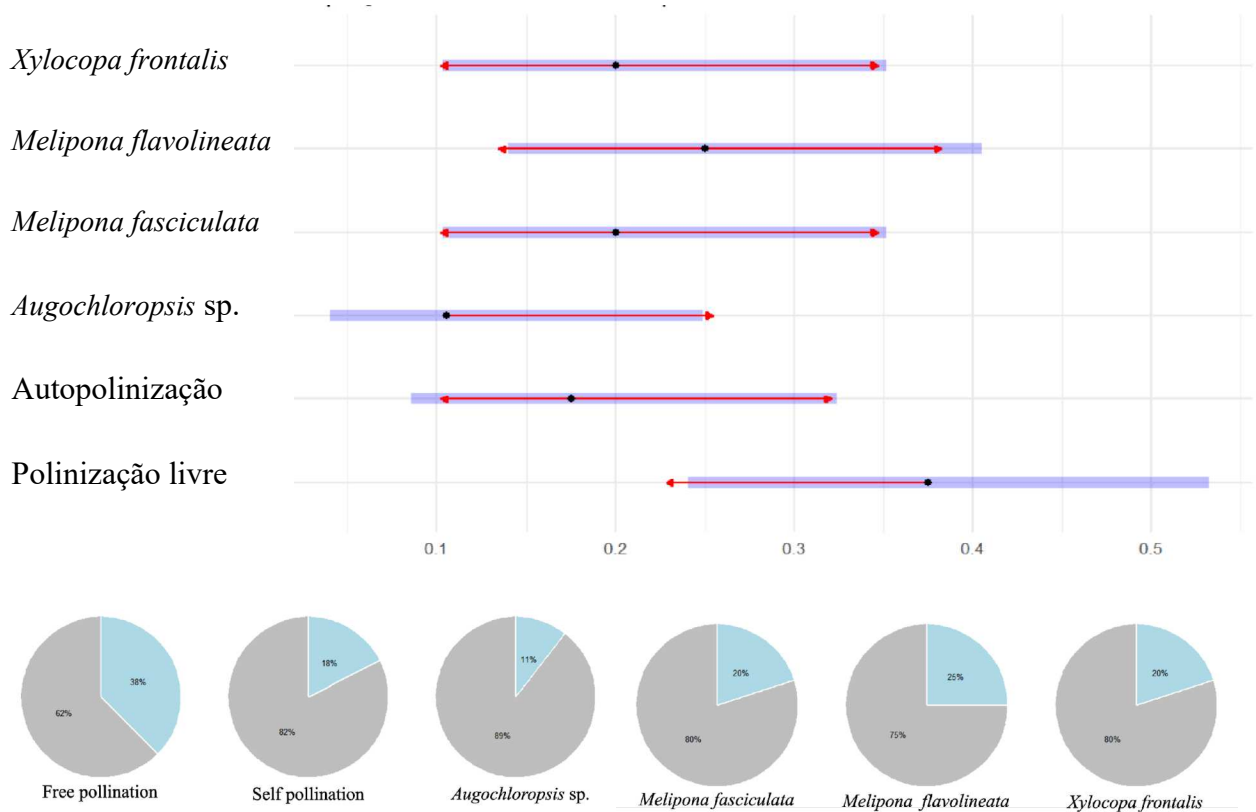
Figura 23 Visitantes florais ocasionais de flores de urucum (*Bixa orellana*) na zona rural de Aquiraz, Ceará, Brasil no período de junho de 2022 a abril de 2023: *Ceratina* sp. (a), *Euglossa cordata* (b), *Scaptotrigona* sp. (c), *Trigona spinipes* (d), *Frieseomellita varia* (e), *Monomorium* sp. (f), *Camponotus* sp. (g), *Palpada vinetorum* (h), *Polybia* sp. (i), *Polystes* sp (j).



Fonte: elaborada pelo autor

Observou-se uma tendência para menor porcentagem de frutos vingados em flores visitadas por *Augochloropsis* sp. e autopolinizadas (Figura 24), porém, sem diferença estatística. Não observamos diferença estatisticamente significativa nos parâmetros dos frutos entre os tratamentos (Figura 24, Tabela 3).

Figura 24 Comparação da taxa de frutificação de flores de urucum (*Bixa orellana*) por tratamento na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil. As barras azuis representam o intervalo de confiança calculado por um Modelo Linear Generalizado Binomial. Setas vermelhas sobrepostas indicam ausência de significância estatística. Gráficos de setores mostram os percentuais de frutos vingados (azul) por tratamento.



Fonte: elaborada pelo autor

3.4 Discussão/Conclusão

Observamos uma diminuição geral na atividade de forrageamento em todas as espécies avaliadas a partir das 8h. Dois fatores parecem contribuir para essa observação: o aumento da temperatura e a diminuição/o esgotamento do pólen disponível nas flores, visto que esse recurso, diferentemente do néctar, não é repostado pela planta ao longo do dia. Nesse sentido,

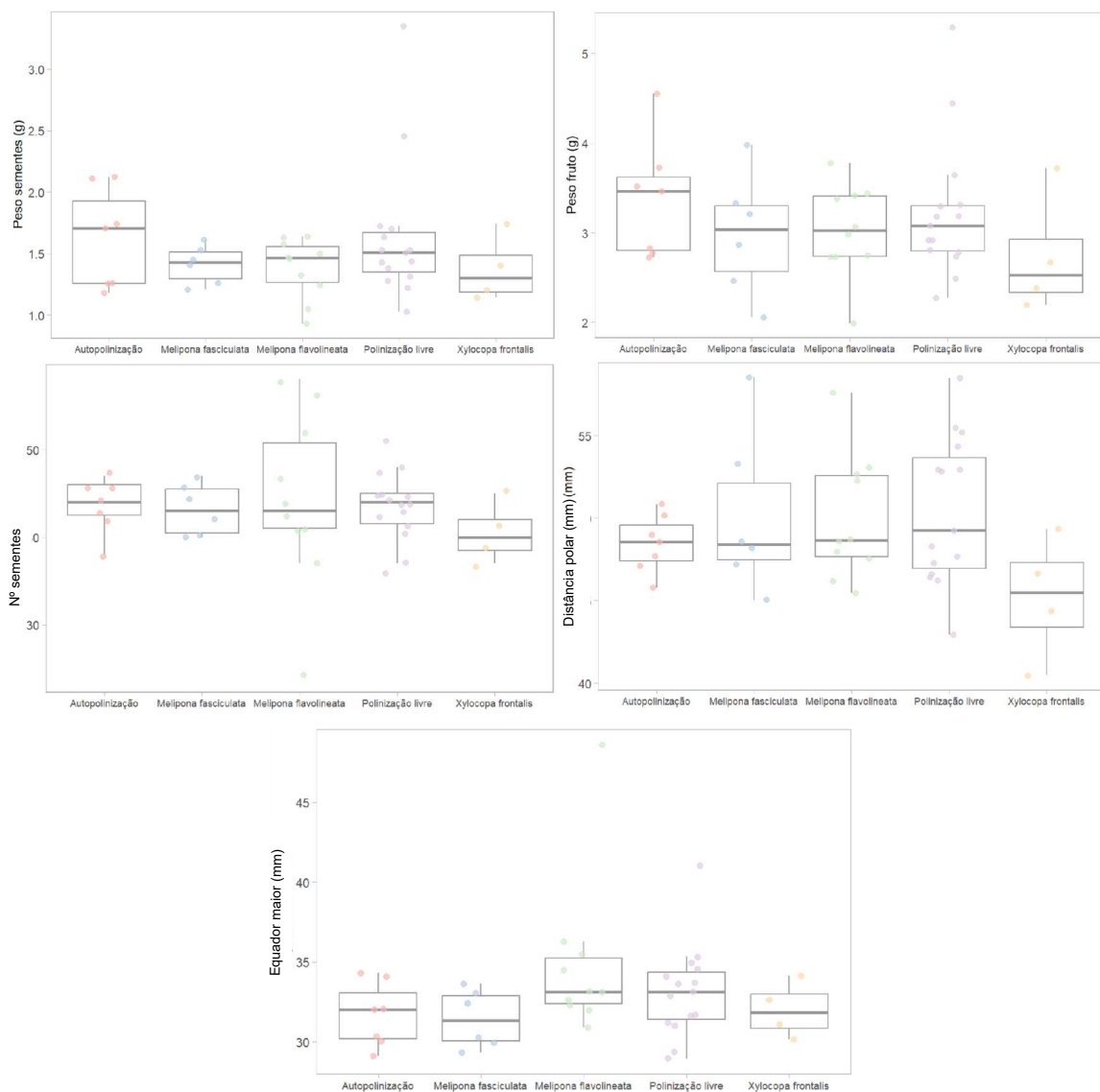
é importante destacar que *X. frontalis* apresentou seu pico de busca por alimento mais cedo do que as outras espécies, o que é esperado, considerando que, em regiões tropicais, espécies desse gênero tendem a concentrar suas atividades extra-ninho, especialmente a busca por alimento, nos horários do dia com temperaturas mais amenas. (Chapell, 1982; Heirench & Buchmann, 1985; Farias-Silva & Freitas, 2021). Além disso, as diferenças nos padrões de forrageamento também podem ser explicadas à luz da Teoria do Forrageio Ótimo, elaborada por MacArthur & Pianka (1966) e que trata, entre outros pontos, da economia energética. A teoria pressupõe que o forrageio acontece de forma a equilibrar o custo-benefício, maximizando o aporte ao passo que minimiza a perda energética; assim, espécies de portes e, conseqüentemente, taxas metabólicas distintas apresentariam a distribuição de suas atividades de forrageio também de forma distinta, pois esta relação custo/benefício se altera ao longo do dia de forma díspar entre as mesmas.

O maior índice de sobreposição temporal entre *M. flavolineata* e *M. fasciculata* reflete a similaridade entre essas espécies que, além de pertencerem ao mesmo gênero e possuírem tamanho corporal semelhante, também apresentaram padrões de forrageamento similares neste estudo. Por outro lado, o menor índice entre *X. frontalis* e *Augochloropsis* sp. demonstra claramente uma diferença fundamental entre essas espécies: diferentemente do padrão de forrageamento das abelhas do gênero *Xylocopa*, que geralmente evitam altas temperaturas (Farias-Silva & Freitas, 2021), abelhas pequenas, dentre as quais *Augochloropsis*, tendem a iniciar suas atividades de forrageamento mais tarde e em temperaturas ambientes mais elevadas. Essas abelhas pequenas, devido à alta relação superfície/volume de seus corpos, possuem endotermia menos eficiente, e o calor gerado é dissipado para o ambiente através de convecção com mais facilidade, tornando-as geralmente mais tolerantes a altas temperaturas; por outro lado, seu forrageamento pode ser afetado negativamente por temperaturas mais baixas (Stone & Willmer, 1989; Bishop & Armbruster, 1999, Corbet & Huang, 2016).

Em relação à duração das visitas, a diferença entre as realizadas por *X. frontalis* e as das outras espécies é notável, sendo consideravelmente mais curta para esta espécie. A menor duração dessas visitas pode ser explicada, pelo menos em parte, pelo tamanho da abelha em relação à flor, bem como pelo seu comportamento, conseguindo desalojar a maior parte do pólen com uma única visita curta, otimizando assim sua atividade de forrageamento e visitando um grande número de flores durante seu período de atividade relativamente mais curto. É importante notar que o menor tempo de visita não pareceu afetar a porcentagem de frutificação

em comparação com as outras espécies avaliadas. Por outro lado, embora *Augochloropsis* sp. tenha realizado visitas substancialmente longas, apresentou a menor taxa de frutificação entre todos os tratamentos, o que provavelmente se deve ao fato de essa espécie dirigir-se diretamente às anteras, de onde coleta o pólen sem necessariamente depositar uma quantidade significativadeste no estigma, como apontado por Arteman et al. (2025).

Figura 25 Boxplots sobre parâmetros dos frutos de urucum (*Bixa orellana*) por tratamento de polinização na área rural de Aquiraz, Ceará, Brasil, de junho de 2022 a abril de 2023.



Fonte: elaborada pelo autor

É importante destacar que, ainda que abelhas menores aparentemente apresentem menor capacidade de desalojamento de pólen na polinização por vibração (Nunes-Silva et al., 2010), este fenômeno não foi observado neste estudo, onde as quantidades de pólen liberadas pelas quatro espécies foram bastante semelhantes em uma avaliação visual. Este fato alinha-se com a afirmação de que o comportamento da abelha durante a visita à flor também desempenha importante papel na sua eficiência enquanto polinizador.

Ao contrário das outras espécies avaliadas em nosso estudo, que visitaram um grande número de flores na mesma planta antes de passar para a próxima, *X. frontalis* apresentou visitas mais dispersas por toda a área de cultivo, visitando apenas algumas flores por planta de cada vez e depois passando para a próxima, muitas vezes consideravelmente distante da planta visitada anteriormente, em um comportamento aparentemente errático. Comportamento semelhante foi relatado por Mesquita (2008) e sugere que esta abelha seja um agente eficiente em relação à polinização cruzada, uma vez que carrega com rapidez o pólen entre plantas diferentes.

O número considerável de frutos vingados no tratamento de autopolinização destaca duas informações importantes discutidas em pesquisas anteriores: a) o urucum é capaz de formar frutos por meio de autopolinização, embora em quantidades menores; b) mesmo na ausência de polinização por vibração, quantidades suficientes de pólen para a formação de frutos são liberadas pelas anteras, provavelmente devido à agitação das panículas causada pelo vento (Mesquita, 2008; Umadevi et al., 2020; Arteman et al., 2025).

A função dos nectários extraflorais para o urucum não parece estar relacionada à polinização (Bentley, 1977a). A maioria dos visitantes ocasionais observados neste estudo foi vista coletando néctar extrafloral, sem ter qualquer contato com os órgãos reprodutivos das flores. Por outro lado, não foi observada nenhuma interação hostil entre esses visitantes e os potenciais polinizadores. Se esses indivíduos não contribuíram positivamente para a polinização neste estudo, também não a afetaram negativamente ao afastar os verdadeiros polinizadores das flores. Bentley (1977b) discute os efeitos protetores dos nectários extraflorais para botões, flores e frutos. Tais estruturas seriam um atrativo, especialmente para formigas, que atuariam como uma linha de defesa contra a herbivoria, com secreção ocorrendo majoritariamente em botões florais em estágio de pré-antese, flores abertas e frutos muito jovens (Miranda et al., 2017). Para os visitantes ocasionais que coletaram pólen das flores, com

exceção de *Euglossa cordata*, que pode realizar a polinização por vibração, os outros indivíduos não são capazes de tal atividade (De Luca & Vallejo-Marín, 2013). Assim, como não conseguem por meios próprios desalojá-lo das anteras, coletam o pólen removido por outras espécies, que eventualmente cai na própria flor. No caso de *Palpada vinetorum*, até mesmo o pólen depositado no estigma foi removido, indicando que a presença em grandes números desse díptero em áreas de cultivo de urucum pode ter efeitos negativos na produção.

Embora abelhas de grande porte sejam geralmente relatadas como polinizadoras eficientes do urucum, flores com uma única visita de *X. frontalis* não apresentaram diferença significativa, em relação aos demais tratamentos, no que diz respeito ao percentual de vingamento de frutos. A explicação para este fato provavelmente reside na diferença entre os padrões de forrageamento em diferentes regiões: estudos que relatam alta eficiência de polinização por *Xylocopa* em urucum geralmente registram picos de forrageamento mais tardios, o que coincide com o pico de receptividade do estigma observado por Mesquita (2008), o que reitera a complexidade das relações planta-polinizador e demonstra como este fenômeno é contexto-dependente. Ademais, dada a conformação das flores do urucum, sua atratividade a inúmeros agentes polinizadores e a ausência de diferença estatística nos percentuais de vingamento entre os tratamentos, é possível inferir que existe equivalência funcional entre os polinizadores do urucuzeiro, sendo o principal requisito para sua eficiência a capacidade de desalojamento do pólen por meio da vibração torácica. Assim, agentes que atendam a tal requisito podem apresentar eficiência de polinização similar (Zamora, 2000).

Dado que não houve diferença significativa nos parâmetros dos frutos entre os tratamentos, é possível inferir que o urucum requer um número mínimo de óvulos fertilizados para a frutificação. Se esse mínimo for atingido, os frutos serão bem formados e plenos de sementes; caso contrário, ocorrerá abortamento deste. Essa característica diferencia o urucum de outras culturas agrícolas, como o morango, em que a deficiência de polinização não causa necessariamente o abortamento dos frutos, mas dá origem a frutos deformados (Malagodi-Braga et al., 2007; Scheid et al., 2020), reduzindo consideravelmente seu valor agregado (Wietzke et al., 2018).

Tabela 3 Taxa de vingamento e parâmetros dos frutos do urucum (*Bixa orellana*) por tratamento de polinização na zona rural de Aquiraz, Ceará, Brasil, de junho de 2022 a abril de 2023

Tratamentos	Vingamento de frutos				Parâmetros de frutos			
	Nº de flores	Nº de frutos	% de vingamento	Peso de frutos (g)	Nº de sementes	Peso de sementes (g)	Equador maior (mm)	Distância polar (mm)
Polinização livre	40	15	37,5	3,22±0,76	43,46±3,92	1,63±0,57	33,14±2,91	50,45±4,43
Autopolinização	40	7	17,5	3,36±0,66	43,71±3,09	1,62±0,4	31,71±2,0	48,46±1,74
<i>Augochloropsis</i> sp.	38	4	10,53	3,32±0,64	54±5,6	1,49±0,27	33,88±3,01	53,13±1,9
<i>Melipona fasciculata</i>	40	8	20	2,98±0,67	43,16±2,99	1,41±0,15	31,44±1,81	50,15±4,91
<i>Melipona flavolineata</i>	40	10	25	3,02±0,50	44,2±9,90	1,38±0,24	34,89±5,05	50,01±3,77
<i>Xylocopa frontalis</i>	40	8	20	2,74±0,68	40,5±3,41	1,37±0,27	31,98±1,75	45,21±3,75

Das quatro espécies de abelhas avaliadas neste estudo, *M. fasciculata* e *M. flavolineata* são comumente criadas para fins produtivos, com técnicas de manejo relativamente bem estabelecidas, embora não sejam empregadas para a polinização agrícola. Além disso, dado o seu reconhecimento como polinizadoras eficientes de diversas culturas agrícolas, a criação de abelhas do gênero *Xylocopa* tem se desenvolvido consideravelmente nos últimos anos, indo além da mera manutenção em ninhos-armadilha para o desenvolvimento de ninhos racionais (Mardan, 1994; Freitas & Oliveira-Filho, 2003; Marchi & Melo, 2010; Farias-Silva et al., 2024) que permitem o monitoramento e a aplicação de manejo adequado, inclusive no contexto da polinização direcionada em áreas produtivas. Portanto, o uso dessas espécies para aumentar a capacidade produtiva do cultivo de urucum parece perfeitamente viável.

Com base no aqui exposto, concluímos que, embora a autopolinização seja um mecanismo reprodutivo viável para o urucum, as taxas de sucesso quando ela ocorre tendem a ser menores em comparação com a polinização cruzada, neste caso realizada por abelhas, e sua presença ou sua introdução em áreas de cultivo pode aumentar a produtividade dessa cultura. O simples fato de uma determinada espécie ser capaz de realizar a polinização por vibração não a torna uma polinizadora eficiente, uma vez que outras características morfológicas e comportamentais afetam sua eficiência. Embora as abelhas de grande porte sejam reconhecidas como polinizadoras eficientes do urucum, o contexto em que a área produtiva está localizada é um fator importante para o sucesso desses agentes na polinização, e o efeito de complementaridade entre agentes polinizadores parece apresentar melhores resultados que sua atividade individual.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Carolina; MEIRELES, Maria Ângela. Trends in annatto agroindustry: Bixin processing technologies and market. **Recent Patents on Engineering**, v. 5, n. 2, p. 94-102, 2011.
- ARTEMAN, Kamila dos Santos et al. Pollination efficiency by bee guilds (Hymenoptera: Apoidea) to annatto flowers, *Bixa orellana* L. 1753 (Bixaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 85, p. e292494, 2025.
- BENTLEY, Barbara. The protective function of ants visiting the extrafloral nectaries of *Bixa orellana* (Bixaceae). **The Journal of Ecology**, p. 27-38, 1977.
- BENTLEY, Barbara. Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards. **Annual Review of Ecology and Systematics**, p. 407-427, 1977.
- BPBES/REBIPP. Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção dealimentos no Brasil. Wolowski M et al., eds. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, Editora Cubo, São Carlos, Brasil. 2019.
- BISHOP, Jon; ARMBRUSTER, William Scott. Thermoregulatory abilities of Alaskan bees: effects of size, phylogeny and ecology. **Functional Ecology**, v. 13, n. 5, p. 711-724, 1999.
- BUCHMANN, Stephen; HURLEY, James. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. **Journal of Theoretical Biology**, v. 72, n. 4, p. 639-657, 1978.
- CHAPPELL, Mark . Temperature regulation of carpenter bees (*Xylocopa californica*) foraging in the Colorado Desert of southern California. **Physiological Zoology**, v. 55, n. 3, p. 267-280, 1982.
- CORBET, Sarah A.; HUANG, Shuang-Quan. Small bees overheat in sunlit flowers: do they make cooling flights?. **Ecological Entomology**, v. 41, n. 3, p. 344-350, 2016.
- COSTA, Augusto Jorge Cavalcante; GUIMARÃES-DIAS, Fábila; PÉREZ-MALUF, Raquel. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores de urucum em Vitória da Conquista, BA. **Ciência Rural**, v. 38, p. 534-537, 2008.
- DE LUCA, Paul; VALLEJO-MARÍN, Mario. What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. **Current opinion in plant biology**, v. 16, n. 4, p. 429-435, 2013.
- FABRI, Eliane Gomes; TERAMOTO, Juliana Rolim Salomé. Urucum: fonte de corantes naturais. **Horticultura brasileira**, v. 33, p. 140-140, 2015.
- FARIAS-SILVA, Felipe Jackson de; FREITAS, Breno Magalhães. Thermoregulation in the large carpenter bee *Xylocopa frontalis* in the face of climate change in the Neotropics.

Apidologie, v. 52, n. 2, p. 341-357, 2021.

FREITAS Breno Magalhães; OLIVEIRA-FILHO José Hugo de. **Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas**. Banco do Nordeste, Fortaleza, 2001.

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

GARIBALDI, Lucas Alejandro et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.

GAUDÊNCIO, Jéssica Silva; RODRIGUES, Sérgio Paulo Jorge; MARTINS, Décio Ruivo. Indígenas brasileiros e o uso das plantas: saber tradicional, cultura e etnociência. **Khronos**, n. 9, p. 163-182, 2020.

HEINRICH, Bernd; BUCHMANN, Stephen. Thermoregulatory physiology of the carpenter bee, *Xylocopa varipuncta*. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 156, n. 4, p. 557-562, 1986.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 25 de junho de 2025.

IPECE. Perfil Básico Municipal, [online] <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web> (accessado em 17 de agosto de 2025).

ISAACS, Rufus et al. Integrated crop pollination: combining strategies to ensure stable and sustainable yields of pollination-dependent crops. **Basic and Applied Ecology**, v. 22, p. 44-60, 2017.

KHALIFA, Shaden et al. Overview of bee pollination and its economic value for crop production. **Insects**, v. 12, n. 8, p. 688, 2021.

KLEIN, Alexandra-Maria et al. **Insect Pollination of Crops in Brazil: A Guide for Farmers, Gardeners, Politicians and Conservationists**. Nature Conservation and Landscape Ecology, Albert-Ludwigs University Freiburg, Freiburg, 2020.

LEÃO, Marcelo Franco et al. Descrição do preparo do corante e das diversas utilizações do urucum pelo povo xavante. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 4, 2017.

MACARTHUR, Robert; PIANKA, Eric. On optimal use of a patchy environment. **The American Naturalist**, v. 100, n. 916, p. 603-609, 1966.

MALAGODI-BRAGA, Kátia Sampaio; KLEINERT, Astrid Matos Peixoto. Como o comportamento das abelhas na flor do morangueiro (*Fragaria ananassa* Duchesne) influencia a formação dos frutos?. **Bioscience Journal (Online)**, p. 76-81, 2007.

MARDAN Makhdzir et al. A new technique for mass rearing carpenter bees on dry wood logs. In: International Conference on Apiculture in Tropical Climates, 5., 1992, Port of Spain. **Proceedings**. Cardiff: IBRA, p. 149-155, 1994.

MESQUITA, Francisca Ligia Aurelio. Abelhas visitantes das flores do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) e suas eficiências de polinização. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza-CE, 2008.

MIRANDA, Rafaela Marques de; NERY, Lays Araújo; VENTRELLA, Marília Contin. Extrafloral nectaries of annatto (*Bixa orellana* L.): anatomy, nectar composition and activity during organ development. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 3, p. 468-476, 2017.

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

OLLERTON, Jeff; WINFREE, Rachael; TARRANT, Sam. How many flowering plants are pollinated by animals?. **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

OLIVEIRA FILHO, José Hugo de; FREITAS, Breno Magalhães. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional. **Ciência Rural**, v. 33, p. 693-697, 2003.

PINA, Welber da Costa et al. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores de urucum (*Bixa orellana* Linnaeus 1753) em Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, 2015.

PORTO, Rafaella Guimarães et al. Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. **Food Security**, v. 12, n. 6, 2020.

POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA: Posit Software, PBC. Disponível em: <http://www.posit.com>. Acesso em: 03 mai. 2025.

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

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing (Version 4.5.1) [Software]. Viena, Áustria: The R Foundation. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 03 mai. 2025.

RADER, Romina et al. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 1, p. 146-151, 2016.

SCHEID, Leandro et al. Eficácia de abelhas na polinização de cultivares de morango no sul do Brasil. **Luminária**, v. 22, n. 02, 2020.

STONE, Graham; WILLMER, Patricia Gillian. Warm-up rates and body temperatures in

bees: the importance of body size, thermal regime and phylogeny. **Journal of Experimental Biology**, v. 147, n. 1, p. 303-328, 1989.

UMADEVI, Manivannan et al. Floral, reproductive biology and morphological variation in annatto (*Bixa orellana* L.). **Electronic journal of plant breeding**, v. 11, n. 2, p. 439-446, 2020.

VALLEJO-MARÍN, Mario. Buzz pollination: studying bee vibrations on flowers. **New Phytologist**, v. 224, n. 3, p. 1068-1074, 2019.

ZAMORA, Regino. Functional equivalence in plant-animal interactions: ecological and evolutionary consequences. **Oikos**, v. 88, n. 2, p. 442-447, 2000.

**APÊNDICE A – ABELHAS SOLITÁRIAS VISITANTES FLORAIS E
POLINIZADORAS DAS PRINCIPAIS CULTURAS AGRÍCOLAS NO BRASIL.**

Cultura agrícola	Visitantes reportados	Polinizadores testados
Abóbora	<i>Agapostemon semimelleus</i>	-
	<i>Augochlora amphitrite</i>	
	<i>Augochlora esox</i>	
	<i>Augochlora foxiana</i>	
	<i>Augochlora francisca</i>	
	<i>Augochlora</i> sp.	
	<i>Augochloropsis cupreola</i>	
	<i>Ceratalictus</i> sp.	
	<i>Eulaema cingulata</i>	
	<i>Eulaema nigrita</i>	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Neocorynura</i> sp.	
	<i>Peponapis fervens</i>	
	<i>Pseudagapostemon</i> sp.	
	<i>Pseudaugochlora</i> sp.	
	<i>Temnossoma</i> sp.	
<i>Xylocopa frontalis</i>		
<i>Xylocopa grisescens</i>		
Abobrinha	<i>Augochlora</i> sp.	-
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Dialictus</i> sp.	
	<i>Epicharis</i> sp.	
	<i>Eulaema</i> sp.	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Exomalopsis auropilosa</i>	
	<i>Exomalopsis</i> sp.	
	<i>Gnathalictus</i> sp.	
<i>Peponapis fervens</i>		

	<i>Pereirapis</i> sp.	
	<i>Pseudaugochlora</i> sp.	
	<i>Thygater analis</i>	
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
Açaí	<i>Augochloropsis</i> sp.	-
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Dialictus</i> sp.	
	<i>Habralictus</i> sp.	
Acerola	<i>Centris aenea</i>	<i>Centris analis</i>
	<i>Centris analis</i>	<i>Centris tarsata</i>
	<i>Centris bicolor</i>	
	<i>Centris decolorata</i>	
	<i>Centris denudans</i>	
	<i>Centris flavifrons</i>	
	<i>Centris fuscata</i>	
	<i>Centris inermis</i>	
	<i>Centris longimana</i>	
	<i>Centris mocsaryi</i>	
	<i>Centris nitens</i>	
	<i>Centris poecila</i>	
	<i>Centris scopipes</i>	
	<i>Centris spilopoda</i>	
	<i>Centris sponsa</i>	
	<i>Centris tarsata</i>	
	<i>Centris trigonoides</i>	
	<i>Centris varia</i>	
	<i>Centris vittata</i>	
	<i>Epicharis affinis</i>	
	<i>Epicharis albofasciata</i>	
	<i>Epicharis analis</i>	
	<i>Epicharis bicolor</i>	

	<i>Epicharis cockerelli</i>	
	<i>Epicharis flava</i>	
	<i>Epicharis xanthogastra</i>	
	<i>Xylocopa cearensis</i>	
	<i>Xylocopa frontalis</i>	
Algodão	<i>Acamptopoeum prinii</i>	-
	<i>Alepidosceles imitatrix</i>	
	<i>Augochlora dolichocephala</i>	
	<i>Augochlora esox</i>	
	<i>Augochlora</i> sp.	
	<i>Augochlora thalia</i>	
	<i>Augochlorella acarinata</i>	
	<i>Augochloropsis patens</i>	
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Centris collaris</i>	
	<i>Centris scopipes</i>	
	<i>Centris</i> sp.	
	<i>Ceratalictus</i> sp.	
	<i>Ceratina gossypii</i>	
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Diadasina riparia</i>	
	<i>Epicharis bicolor</i>	
	<i>Eufriesea auriceps</i>	
	<i>Eulaema nigrata</i>	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Exomalopsis auropilosa</i>	
	<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	
	<i>Exomalopsis</i> sp.	
	<i>Florilegus festivus</i>	
	<i>Lithurgus huberi</i>	

	<i>Melissodes</i> sp.	
	<i>Melissoptila cnecomala</i>	
	<i>Melissoptila pubescens</i>	
	<i>Melitomella grisescens</i>	
	<i>Pereirapis</i> sp.	
	<i>Pseudaugochlora graminea</i>	
	<i>Ptilothrix plumata</i>	
	<i>Rhophitulus</i> sp.	
	<i>Sarocolletes</i> sp.	
	<i>Tapinotaspoides serraticornis</i>	
	<i>Xylocopa hirsutissima</i>	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
	<i>Xylocopa suspecta</i>	
Café	<i>Augochloropsis</i> sp.	-
	<i>Centris aenea</i>	
	<i>Centris decolorata</i>	
	<i>Centris flavifrons</i>	
	<i>Centris</i> sp.	
	<i>Centris tarsata</i>	
	<i>Ceratina chloris</i>	
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Exomalopsis iridipennis</i>	
	<i>Lasioglossum</i> sp.	
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
Caju	<i>Acamptopoeum prinii</i>	<i>Centris tarsata</i>
	<i>Centris analis</i>	
	<i>Centris byrsonimae</i>	
	<i>Centris flavifrons</i>	
	<i>Centris fuscata</i>	

	<i>Centris sponsa</i>	
	<i>Centris tarsata</i>	
	<i>Epanthidium tigrinum</i>	
	<i>Euglossa</i> sp.	
	<i>Exomalopsis</i> sp.	
	<i>Melissoptila</i> sp.	
	<i>Xylocopa cearensis</i>	
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
<hr/>		
Canola	<i>Augochlora</i> sp.	-
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Dialictus</i> sp.	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Exomalopsis auropilosa</i>	
	<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	
	<i>Exomalopsis</i> sp.	
	<i>Lasioglossum phaedrum</i>	
	<i>Megachile</i> sp.	
	<i>Neocorynura</i> sp.	
	<i>Thectochlora alaris</i>	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
<hr/>		
Castanha-do-Brasil	<i>Centris americana</i>	-
	<i>Centris carrikeri</i>	
	<i>Centris denudans</i>	
	<i>Centris dimidiata</i>	
	<i>Centris ferruginea</i>	
	<i>Centris flavifrons</i>	
	<i>Centris flavilabris</i>	
	<i>Centris longimana</i>	
	<i>Epicharis conica</i>	

Epicharis flava
Epicharis umbraculata
Epicharis zonata
Eufrisea flaviventris
Eufrisea purpurata
Euglossa intersecta
Eulaema bombiformis
Eulaema cingulata
Eulaema meriana
Eulaema mocsaryi
Exomalopsis analis
Megachile cf. orbiculata
Xylocopa frontalis
Xylocopa muscaria
Xylocopa sp.

Feijão

Arhysoceble xanthopoda -
Augochlora morrae
Centris fuscata
Centris nitens
Centris tarsata
Epicharis flava
Eulaema nigrita
Exomalopsis analis
Exomalopsis auropilosa
Megachile cf. paulistana
Megachile fiebrigi
Megachile laeta
Megachile recta
Megachile sp.
Oxaea austera

	<i>Oxaea flavescens</i>	
	<i>Thygater analis</i>	
	<i>Xylocopa hirsutissima</i>	
	<i>Xylocopa macrops</i>	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
Feijão-caupi	<i>Centris</i> sp.	-
	<i>Eulaema nigrita</i>	
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
Frutas cítricas	<i>Augochlora</i> sp.	-
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Centris analis</i>	
	<i>Centris fuscata</i>	
	<i>Centris inermis</i>	
	<i>Centris</i> sp.	
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Chloralictus</i> sp.	
	<i>Euglossa</i> sp.	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Pseudaugochlora pandora</i>	
	<i>Pseudaugochlora</i> sp.	
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
Gergelim	<i>Xylocopa cearensis</i>	-
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
Girassol	<i>Acamptopoeum prinii</i>	-
	<i>Acamptopoeum</i> sp.	
	<i>Agapostemon</i> sp.	
	<i>Augochlora</i> aff. <i>semiramis</i>	
	<i>Augochlora esox</i>	

Augochlora morrae
Augochlorella ephyra
Augochloropsis callichroa
Centris scopipes
Ceratina gossypii
Ceratina sp.
Dialictus picadensis
Dialictus sp.
Epicharis schrottky
Euglossa cordata
Euglossa townsendi
Eulaema nigrita
Exomalopsis analis
Exomalopsis auropilosa
Exomalopsis fulvofasciata
Exomalopsis minor
Exomalopsis sp.
Megachile laeta
Megachile orba
Megachile paulistana
Megachile sp.
Megachile terrestris
Melissodes nigroaenea
Neocorynura oiospermi
Oxaea flavescens
Paratetrapedia sp.
Paratetrapedia velutina
Pereirapis sp.
Pseudagapostemon ochromerus
Pseudaugochlora graminea
Xylocopa carbonaria

	<i>Xylocopa frontalis</i>	
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
	<i>Xylocopa hirsutissima</i>	
	<i>Xylocopa subciana</i>	
	<i>Xylocopa suspecta</i>	
Goiaba	<i>Augochlora</i> sp.	<i>Xylocopa frontalis</i>
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Centris fuscata</i>	
	<i>Epicharis flava</i>	
	<i>Euglossa</i> sp.	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Melitoma segmentaria</i>	
	<i>Oxaea austera</i>	
	<i>Oxaea flavescens</i>	
	<i>Xylocopa frontalis</i>	
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
Jaboticaba	<i>Chloralictus</i> sp.	-
Maçã	<i>Augochlorella michaelis</i>	-
	<i>Augochloropsis chloera</i>	
	<i>Augochloropsis multiplex</i>	
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Augochloropsis sympleres</i>	
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Dialictus pabulator</i>	
	<i>Dialictus</i> sp.	
	<i>Neocorynura</i> sp.	
	<i>Pseudagapostemon pruinosus</i>	
	<i>Xylocopa augusti</i>	
	<i>Xylocopa brasilianorum</i>	
	<i>Xylocopa chrysopoda</i>	

	<i>Xylocopa elegans</i>	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
	<i>Xylocopa varians</i>	
Maracujá	<i>Acanthopus excellens</i>	<i>Xylocopa frontalis</i>
	<i>Augochlora</i> sp.	<i>Xylocopa grisescens</i>
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Centris collaris</i>	
	<i>Centris denudans</i>	
	<i>Centris flavifrons</i>	
	<i>Centris longimana</i>	
	<i>Centris lutea</i>	
	<i>Centris scopipes</i>	
	<i>Centris similis</i>	
	<i>Centris</i> sp.	
	<i>Centris sponsa</i>	
	<i>Centris tarsata</i>	
	<i>Epicharis affinis</i>	
	<i>Epicharis bicolor</i>	
	<i>Epicharis fasciata</i>	
	<i>Epicharis flava</i>	
	<i>Euglossa cordata</i>	
	<i>Eulaema cingulata</i>	
	<i>Eulaema nigrita</i>	
	<i>Oxaea austera</i>	
	<i>Oxaea flavescens</i>	
	<i>Xylocopa brasilianorum</i>	
	<i>Xylocopa cearensis</i>	
	<i>Xylocopa frontalis</i>	
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
	<i>Xylocopa hirsutissima</i>	

	<i>Xylocopa ordinaria</i>	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
	<i>Xylocopa suspecta</i>	
Melão	<i>Halictus</i> sp.	-
	<i>Xylocopa grisescens</i>	
Mirtilo	<i>Augochloropsis</i> sp.	<i>Xylocopa frontalis</i>
	<i>Dialictus</i> sp.	
	<i>Paroxystoglossa</i> sp.	
	<i>Xylocopa augusti</i>	
	<i>Xylocopa frontalis</i>	
	<i>Xylocopa hirsutissima</i>	
	<i>Xylocopa subciana</i>	
Morango	<i>Anthrenoides meridionalis</i>	<i>Dialictus</i> sp.
	<i>Anthrenoides politus</i>	
	<i>Anthrenoides</i> sp.	
	<i>Augochlora amphitrite</i>	
	<i>Augochlora</i> sp.	
	<i>Augochlorella ephyra</i>	
	<i>Augochlorella iopoecila</i>	
	<i>Augochlorella</i> sp.	
	<i>Augochlorella urania</i>	
	<i>Augochloropsis cupreola</i>	
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Dialictus</i> sp.	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Exomalopsis auropilosa</i>	
	<i>Hylaeus</i> sp.	
	<i>Lanthanmelissa betinae</i>	
	<i>Megachile pleuralis</i>	

	<i>Neocorynura oiospermi</i>	
	<i>Nomiocolletes</i> sp.	
	<i>Psaenythia annulata</i>	
	<i>Psaenythia bergii</i>	
	<i>Psaenythia</i> sp.	
	<i>Pseudagapostemon</i> cf. <i>flammula</i>	
	<i>Pseudagapostemon pruinus</i>	
	<i>Rhophitulus</i> aff. <i>eustictus</i>	
	<i>Rhophitulus flavitarsis</i>	
	<i>Rhophitulus</i> sp.	
	<i>Thectochlora alaris</i>	
	<i>Thectochlora basiatra</i>	
Pêssego	<i>Augochlora dolichocephala</i>	-
	<i>Ceratina</i> sp.	
	<i>Xylocopa</i> sp.	
Pimentão	<i>Augochlora morrae</i>	-
	<i>Augochlora</i> sp.	
	<i>Augochlora thalia</i>	
	<i>Augochlorella acarinata</i>	
	<i>Augochlorella theia</i>	
	<i>Augochloropsis aurifluens</i>	
	<i>Augochloropsis cleopatra</i>	
	<i>Augochloropsis heterochroa</i>	
	<i>Augochloropsis laeta</i>	
	<i>Augochloropsis wallacei</i>	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Exomalopsis auropilosa</i>	
	<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	
	<i>Halictus lanei</i>	
	<i>Hylaeus tricolor</i>	
	<i>Lasioglossum picadense</i>	

	<i>Lasioglossum ypirangense</i>	
	<i>Pereirapis rizophila</i>	
Soja	<i>Ancyloscelis</i> sp.	-
	<i>Augochlora</i> sp.	
	<i>Augochlorella</i> sp.	
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Centris analis</i>	
	<i>Dialictus</i> sp.	
	<i>Epicharis flava</i>	
	<i>Eulaema nigrita</i>	
	<i>Exomalopsis analis</i>	
	<i>Florilegus</i> sp.	
	<i>Halictus</i> sp.	
	<i>Megachile</i> sp.	
	<i>Melitomella grisescens</i>	
	<i>Psaenythia</i> sp.	
	<i>Xylocopa brasilianorum</i>	
Tomate	<i>Ancyloscelis</i> sp.	<i>Exomalopsis analis</i>
	<i>Augochlora</i> sp.	
	<i>Augochloropsis callichroa</i>	
	<i>Augochloropsis cupreola</i>	
	<i>Augochloropsis electra</i>	
	<i>Augochloropsis smithiana</i>	
	<i>Augochloropsis</i> sp.	
	<i>Centris aenea</i>	
	<i>Centris fuscata</i>	
	<i>Centris</i> sp.	
	<i>Centris tarsata</i>	
	<i>Centris varia</i>	
	<i>Dialictus</i> sp.	

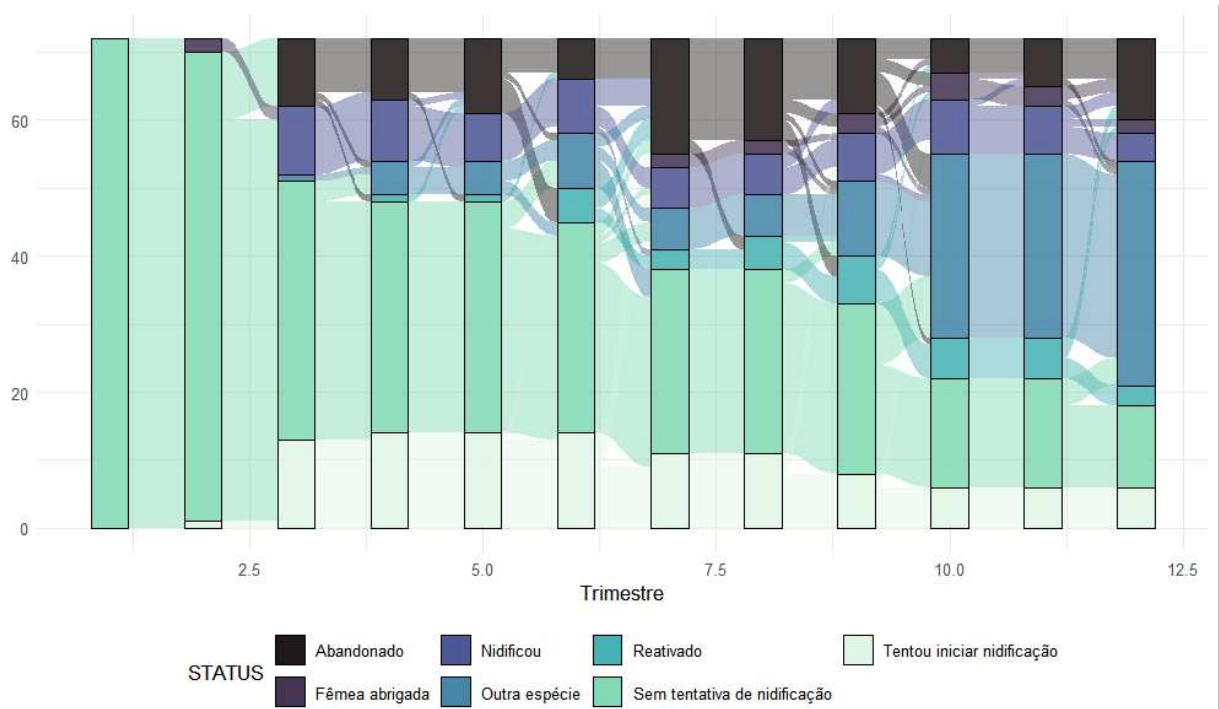
Epicharis sp.
Epicharis sp.
Eulaema nigrita
Exomalopsis analis
Exomalopsis auropilosa
Exomalopsis fulvofasciata
Exomalopsis minor
Exomalopsis sp.
Halictus sp.
Oxaea flavescens
Paratetrapedia connexa
Pseudaugochlora erythrogaster
Pseudaugochlora graminea
Pseudaugochlora indistincta
Pseudaugochlora sp.
Thygater analis
Xylocopa frontalis
Xylocopa sp.
Xylocopa suspecta

Urucum

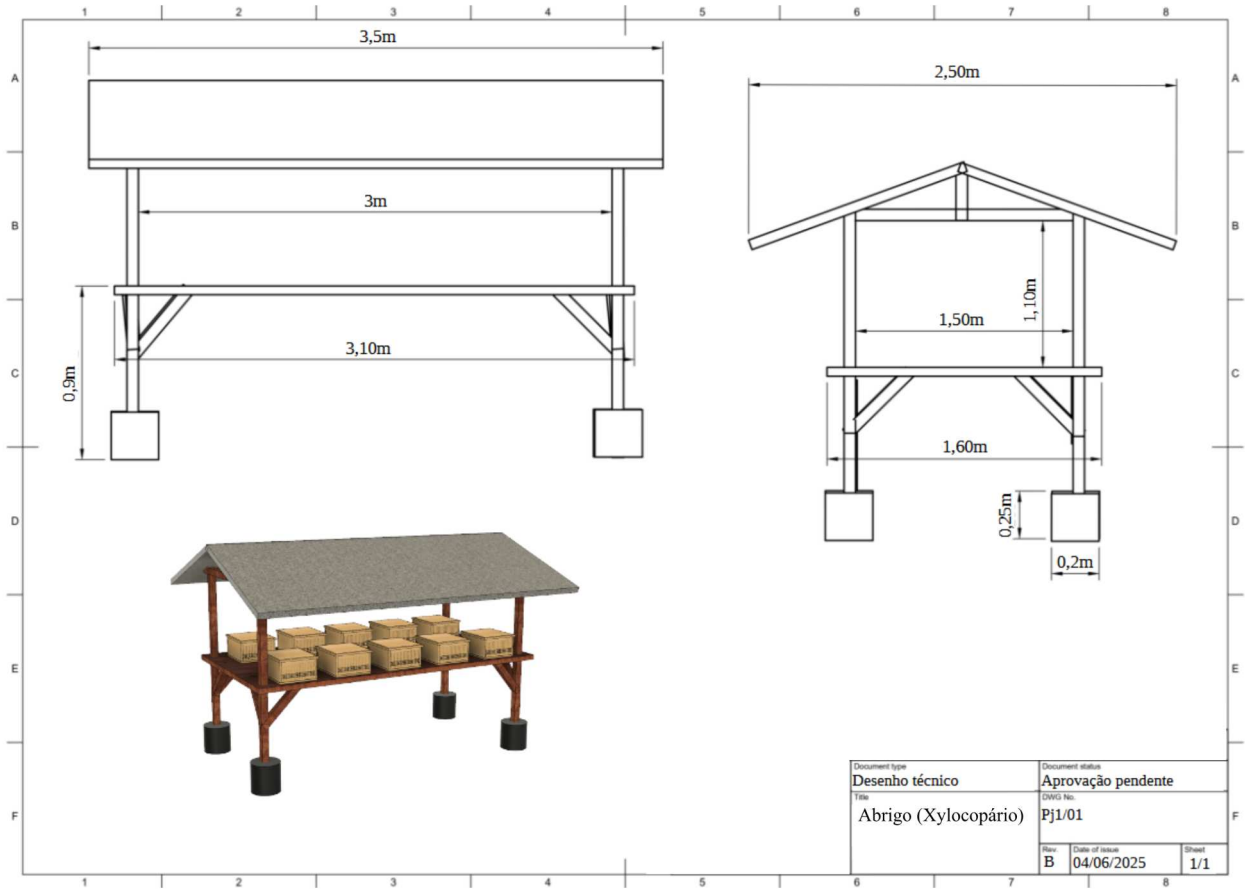
<i>Augochloropsis</i> cf. <i>melanochaeta</i>	<i>Augochloropsis</i> sp.
<i>Augochloropsis</i> cf. <i>smithiana</i>	<i>Centris sponsa</i>
<i>Augochloropsis crassigena</i>	<i>Epicharis flava</i>
<i>Augochloropsis electra</i>	<i>Eulaema nigrita</i>
<i>Augochloropsis</i> sp.	<i>Oxaea flavescens</i>
<i>Augochloropsis wallacei</i>	<i>Xylocopa frontalis</i>
<i>Centris aenea</i>	
<i>Centris</i> cf. <i>mocsaryi</i>	
<i>Centris collaris</i>	
<i>Centris flavifrons</i>	
<i>Centris fuscata</i>	

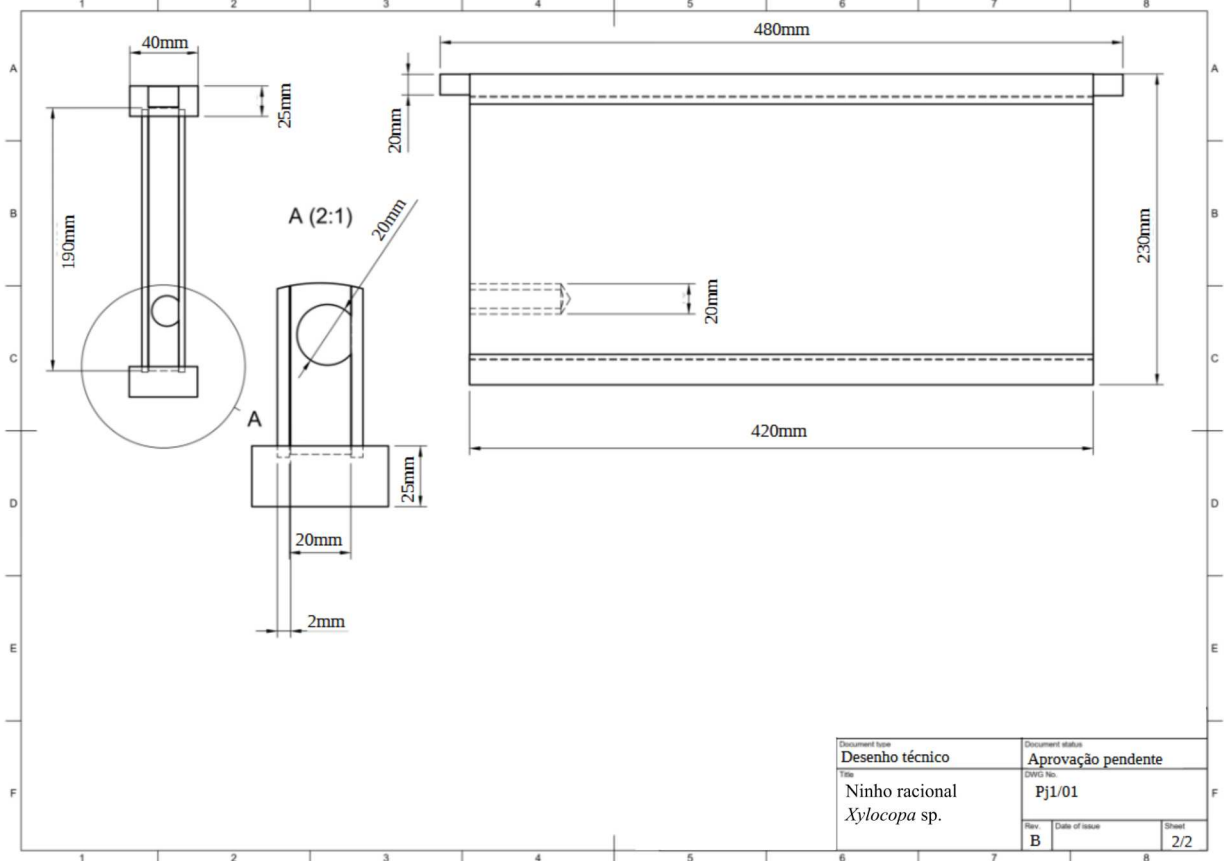
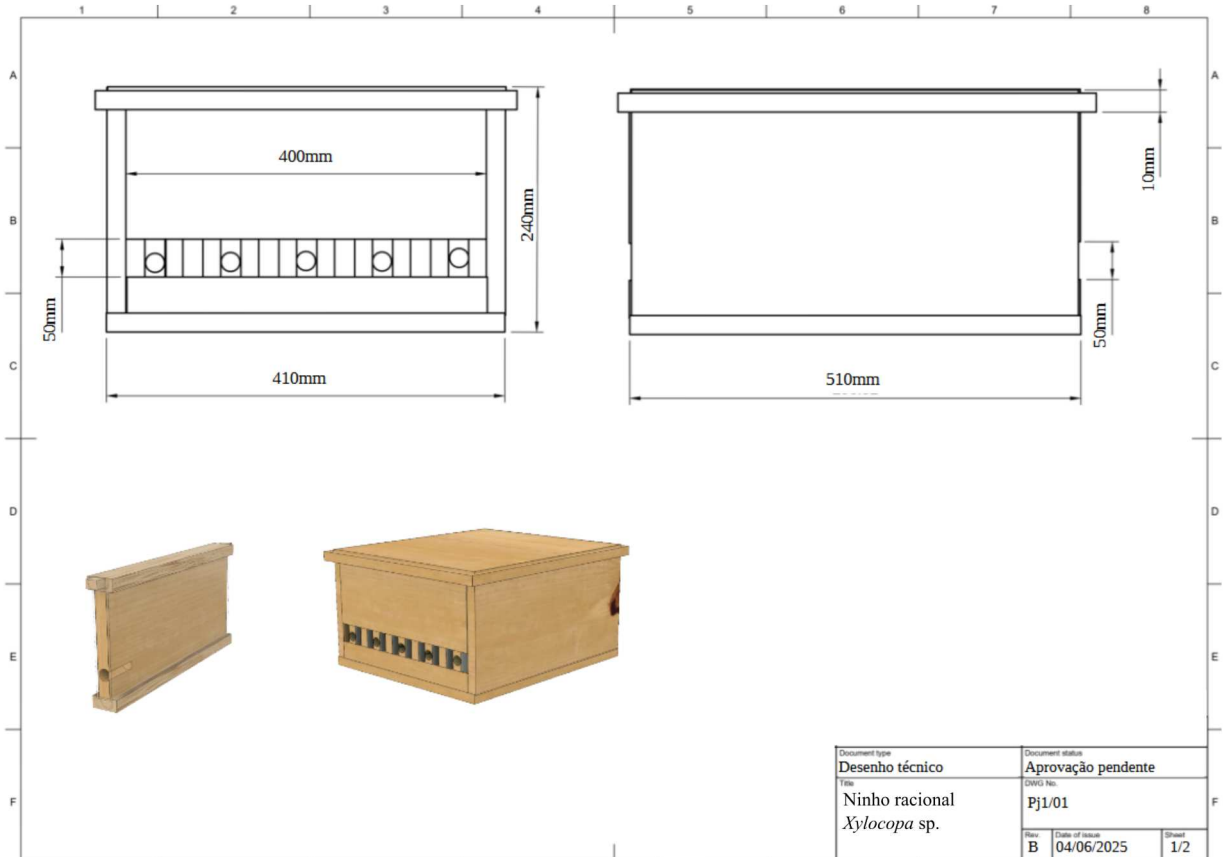
Centris obsoleta
Centris sp.
Centris sponsa
Epicharis affinis
Epicharis analis
Epicharis bicolor
Epicharis flava
Euglossa sp.
Eulaema nigrita
Exomalopsis analis
Exomalopsis auropilosa
Exomalopsis fulvofasciata
Hylaeus sp.
Megalopta sp.
Oxaea flavescens
Oxaea sp.
Pseudaugochlora graminea
Ptiloglossa cf. *aenigmatica*
Temnossoma laevigatum
Thygater analis
Xylocopa frontalis
Xylocopa grisescens
Xylocopa muscaria
Xylocopa sp.
Xylocopa suspecta

**APÊNDICE B – FLUXO DE NINHOS RACIONAIS DE *XYLOCOPA FRONTALIS*
ENTRE STATUS**



APÊNDICE C – NINHOS RACIONAIS E ABRIGOS PARA *XYLOCOPA FRONTALIS*





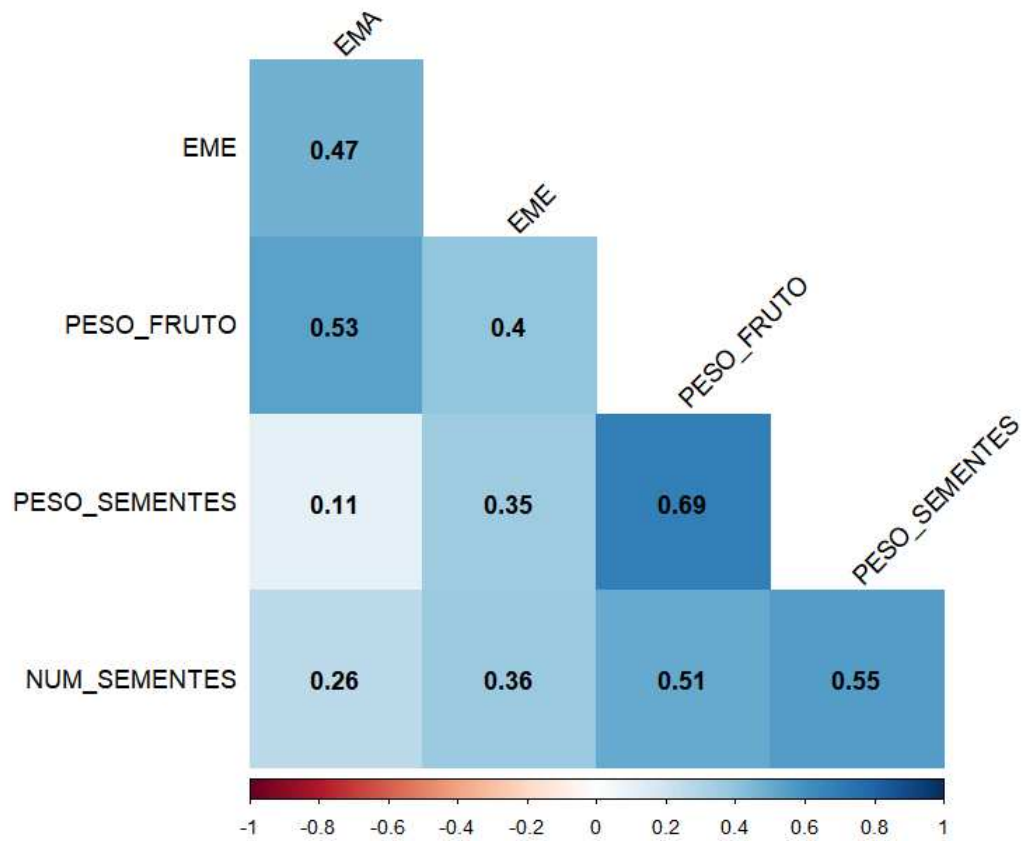
**APÊNDICE D – NINHO RACIONAL COLONIZADO POR VESPA DO GÊNERO
*TRYPOXYLON***



**APÊNDICE E – MEDIÇÃO DE EQUADOR MAIOR (A) E DISTÂNCIA POLAR (B)
EM FRUTO DE URUCUM (*BIXA ORELLANA*)**



**APÊNDICE F – ÍNDICE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE
PARÂMETROS DE FRUTOS DE URUCUM (*BIXA ORELLANA*)**



**APÊNDICE G – “NUVEM” DE PÓLEN LIBERADA DURANTE
FORRAGEAMENTO NAS FLORES DO URUCUZEIRO**

