



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

VITÓRIA INNA MARY DE SOUSA MUNIZ

PARÂMETROS REPRODUTIVOS E ALIMENTARES DA ABELHA SOLITÁRIA
***Epanthidium tigrinum* (Schr.) (HYMENOPTERA, MEGACHILIDAE) PARA**
CRIATÓRIO RACIONAL

FORTALEZA

2021

VITÓRIA INNA MARY DE SOUSA MUNIZ

PARÂMETROS REPRODUTIVOS E ALIMENTARES DA ABELHA SOLITÁRIA
Epanthidium tigrinum (Schr.) (HYMENOPTERA, MEGACHILIDAE) PARA CRIATÓRIO
RACIONAL

Dissertação submetida a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Orientador: Prof. Ph.D. Breno Magalhães Freitas.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M936p Muniz, Vitória Inna Mary de Sousa.
Parâmetros reprodutivos e alimentares da abelha solitária *Epanthidium tigrinum* (Schr.) (Hymenoptera, Megachilidae) para criatório racional / Vitória Inna Mary de Sousa Muniz. – 2021.
101 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.
1. Manejo de abelhas solitárias. 2. Polinização. 3. Dieta. 4. Sucesso reprodutivo. 5. Sazonalidade. I.
Título.

CDD 636.08

VITÓRIA INNA MARY DE SOUSA MUNIZ

PARÂMETROS REPRODUTIVOS E ALIMENTARES DA ABELHA SOLITÁRIA
Epanthidium tigrinum (Schr.) (HYMENOPTERA, MEGACHILIDAE) PARA CRIATÓRIO
RACIONAL

Dissertação submetida a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Aprovada em: 26/04/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D. Breno Magalhães Freitas (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Everton Alves

Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

À todas as histórias não nascidas
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus Jeová, sou grata pela dádiva da vida e pelas oportunidades que tive ao longo de minha caminhada.

Em especial, agradeço a toda minha família, principalmente aos meus pais José Maria Ribeiro Muniz e Eliane Maria de Sousa Muniz, que se empenham de forma ilimitada para o meu sucesso profissional e pessoal, sempre estando do meu lado e me passando ensinamentos essenciais para minha formação.

Às minhas tias Maria Neusa, Raimunda Daniela, Dulce Helena, Ruth Sousa, Maria de Fátima e os meus vós José Luís Gonzaga e Maria da Conceição pelo apoio, amizade e os momentos de descontração durante essa caminhada, em especial a minha tia Rita de Cassia Muniz, que me acolheu em sua residência durante o mestrado.

Ao professor Dr. Breno Magalhães Freitas pela orientação e principalmente pelo conhecimento compartilhado e a amizade. Obrigada por confiar na minha capacidade de desenvolver meu trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, o que possibilitou a obtenção do título de mestre em Zootecnia.

À coordenadora do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Prof.^a Elzânia Sales Pereira, e a secretária do Programa, Francisca Prudêncio Bezerra, por todo apoio e prontidão sempre que necessário.

Ao Dr. José Elton de Melo Nascimento, pela identificação das amostras de pólen, por sugestão de análises que enriqueceram este trabalho, por tirar dúvidas e acima de tudo pela paciência e amizade.

Ao professor Dr. José Everton Alves que despertou em mim o interesse por trabalhar com abelhas e polinização e por me aconselhar a me especializar nessa área e principalmente pela amizade e boas orientações.

Aos amigos de todas as horas, que desenvolvi ao longo do curso, Pedro de Assis Oliveira, Larysson Feitosa dos Santos, Paloma Eleutério Bezerra, Janaely Silva e Epifânia Rocha, pela parceria e compartilhamento dos desafios.

A todos os colegas do Grupo de Pesquisa com Abelhas da UFC que sempre estiveram à disposição pra me ajudar: Conceição Parente, David Rezende, Nicolas Queiroz, Leticia Paiva, Dalila Martins, Hiara Meneses, Victor Monteiro, Leonardo Gurgel, Elves Mardônio, Mateus Becco e Nádia Carvalho.

Às minhas amigadas antigas Tamires Vasconcelos, Luziane Albuquerque, Nívea Maria, Karina Lopes, Juliana Honório, Michele Cristina, João Victor de Paula, Felipe Barroso, Marcela Sheilla, Linda Hellen, Rita Ednice, Janariel Nascimento, Driele Silveira e Conceição Albuquerque e aos meus irmãos Brennon Jimenez e Tâmillia Maria.

Aos professores membros da banca examinadora, pela disponibilidade e considerações a respeito desse estudo.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Zootecnia.

Ao Dr. Francisco Deoclecio Guerra Paulino, pelo apoio, atenção e pela boa vontade em ajudar, e aos funcionários Carlos Gomes e Hélio Rocha Lima, por todo apoio sempre que foi preciso.

Finalmente, agradeço a todos que me auxiliaram na construção desse trabalho e que de alguma forma me ajudaram a chegar até essa etapa da minha vida.

“Mas ela ao mesmo tempo diz que tudo vai mudar porque ela vai ser o que quis, inventando um lugar onde a gente e, a natureza feliz vivam sempre em comunhão, e a tigresa possa mais do que o leão.”

(Tigresa-Caetano Veloso)

RESUMO

A abelha *Epanthidium tigrinum* é nativa do Brasil e apresenta potencial para ser utilizada na polinização em cultivos agrícolas. Porém, a pouca informação existente sobre seus hábitos reprodutivos e alimentares têm impedido o criatório e manejo dessas abelhas de forma racional. Este trabalho teve como objetivo investigar a aceitação de ninhos armadilha, nidificação e influência da sazonalidade ao longo de um ciclo anual sobre a nidificação de *E. tigrinum* e sobre o alimento que esta fornece para as suas crias e, as implicações desses aspectos sobre o potencial de manejo da abelha. Ninhos-armadilha foram confeccionados em oito classes de diâmetro diferentes e ofertados para as abelhas, as fêmeas foram monitoradas diariamente, para acompanhar a fundação e o fechamento dos ninhos-armadilha em cada classe de diâmetro. Os ninhos concluídos foram mantidos em temperatura ambiente no mesmo local do experimento, até a emergência das abelhas adultas. Dados sobre a sazonalidade na construção dos ninhos, arquitetura dos ninhos, taxa de emergência das crias, razão sexual, mortalidade e dieta dos imaturos por meio de análise polínica dos resíduos fecais foram obtidos e analisados. Os resultados mostraram que *E. tigrinum* nidifica bem em ninhos armadilhas com diâmetros entre 0,45 e 0,55 cm, não apresenta sazonalidade, produzindo gerações o ano inteiro, porém a temperatura tem efeito direto sobre seu sucesso reprodutivo. A razão sexual foi deslocada para as fêmeas. A análise do nicho trófico demonstrou que essa abelha é polilética, no entanto, tem capacidade de ampliar ou restringir seu nicho, de acordo com a disponibilidade de recursos no ambiente. Por meio da análise das redes de interações, foi possível visualizar que *E. tigrinum* estabelece um maior número de interações no período pós-chuvoso, tendo predominado interações com as espécies *Byrsonima crassifolia* (murici) e *Vigna unguiculata* (feijão-de-corda). A disponibilidade de recursos teve um efeito sutil sobre a taxa de nidificação das abelhas, relacionada a participação do pólen do murici na dieta. É possível concluir que *E. tigrinum* apresenta potencial para criatório e manejo em larga escala, desde que atendidos os parâmetros reprodutivos e alimentares apontados nesse estudo.

Palavras-chave: Manejo de abelhas solitárias. Polinização. Dieta. Sucesso reprodutivo. Sazonalidade.

ABSTRACT

Epanthidium tigrinum is a native bee from Brazil showing potential to be used for pollination in agricultural crops. However, the little information about their reproductive and feeding habits has prevented the breeding and management of these bees in a rational way. This study aimed to investigate the acceptance of trap nests, nesting and the influence of seasonality over an annual cycle on the nesting of *E. tigrinum* and on the food it provides for their young and the implications of these aspects on the potential of bee management. Trap nests were made in eight different diameter classes and offered to bees. The females were monitored daily to monitor the foundation and closure of the trap nests in each diameter class. The completed nests were kept at room temperature in the same place of the experiment until the emergence of adult bees. Data on seasonality in the construction of the nests, architecture of the nests, rate of emergence of the offspring, sex ratio, mortality and diet of the immatures through pollen analysis of fecal waste were obtained and analyzed. The results showed that *E. tigrinum* nests well in trap nests with diameters between 0.45 and 0.55 cm, it does not present seasonality producing generations all year round, but the temperature has a direct effect on its reproductive success. The sex ratio was shifted to females. The analysis of the trophic niche showed that this bee is polylectic, however, it has the capacity to expand or restrict its niche, according to the availability of resources in the environment. Through the analysis of the interaction networks, it was possible to visualize that *E. tigrinum* establishes a greater number of interactions in the post-rainy period, with interactions with the species *Byrsonima crassifolia* (nance) and *Vigna unguiculata* (cowpea) predominating. The availability of resources had a subtle effect on the nesting rate of bees, related to the participation of nance pollen in the diet. It is possible to conclude that *E. tigrinum* presents potential for breeding and management on a large scale, provided that the reproductive and feeding parameters indicated in this study are met.

Keywords: Management of solitary bees. Pollination. Diet. Reproductive success. Climate. Seasonality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização do Setor de Abelhas, Departamento de Zootecnia do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará, com destaque para área de estabelecimento dos ninhos de <i>Epanthidium tigrinum</i>	34
Figura 2	– Detalhe do acondicionamento em canudos plásticos transparentes dos ninhos-armadilha de <i>Epanthidium tigrinum</i> coletados (A) e incubatório mantido na mesma área de instalação dos ninhos-armadilha (B).....	36
Figura 3	– Frequência de ninhos construídos por <i>Epanthidium tigrinum</i> de acordo com o diâmetro das cavidades de ninhos-armadilha ofertados no período de maio de 2019 a novembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	41
Figura 4	– Frequência de ninhos construídos por <i>Epanthidium tigrinum</i> em relação a ausência ou presença de essência elaborada a partir de resíduos obtidos de ninhos-armadilha inativos e desativados, no período de maio de 2019 a novembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	41
Figura 5	– Nidificação mensal de abelhas <i>Epanthidium tigrinum</i> em ninhos-armadilha, no período de maio de 2019 a novembro de 2020 (exceto março de 2020), no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	42
Figura 6	– Ninho-armadilha compartilhado por duas espécies diferentes, ninho de <i>Epanthidium tigrinum</i> a esquerda e de <i>Vespa</i> sp. à direita, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	43
Figura 7	– Detalhe da entrada de um ninho-armadilha aberto, ocupado por <i>Epanthidium tigrinum</i> , com destaque para um dos depósitos de resina que a fêmea costumeiramente deposita para usar durante a construção do ninho, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	45

Figura 8	– Detalhe da entrada de um ninho-armadilha aberto, ocupado por <i>Epanthidium tigrinum</i> , demonstrando a presença de fragmentos vegetais fibrosos coletados próximo ao Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	45
Figura 9	– Boxplots do tempo de construção (H) dos ninhos por <i>Epanthidium tigrinum</i> para o período pré-chuvoso, período chuvoso e período pós-chuvoso, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	46
Figura 10	– Frequência do comportamento de nidificação e forrageio (A) e recursos utilizados (B) de 6h às 17h para <i>Epanthidium tigrinum</i> em ninhos-armadilha, no período de julho de 2020 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	47
Figura 11	– <i>Epanthidium tigrinum</i> coletando resina de meliponíneos fornecida próximo aos ninhos-armadilha, em junho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	48
Figura 12	– <i>Epanthidium tigrinum</i> coletando cera de <i>Apis mellifera</i> proveniente de quadros de colmeia Langstroth próximo aos ninhos-armadilha, em agosto de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	49
Figura 13	– Esquema representativo do comportamento de “voltinha” que <i>Epanthidium tigrinum</i> executa na entrada dos ninhos-armadilha após retornar do campo.....	50
Figura 14	– <i>Epanthidium tigrinum</i> fechando um ninho-armadilha, com destaque para os materiais utilizados na construção do tampão: resina e fragmentos vegetais, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	51
Figura 15	– Boxplot do número de células produzidas por <i>Epanthidium tigrinum</i> ao longo de maio/2019 a setembro/2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	53

Figura 16	– Boxplots do número de células produzidas por <i>Epanthidium tigrinum</i> no período pré-chuvoso, período chuvoso e período pós-chuvoso, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	53
Figura 17	– Número de indivíduos emergidos produzidos por <i>Epanthidium tigrinum</i> no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	54
Figura 18	– Gráficos de dispersão do i) Comprimento médio das células <i>versus</i> número de células, ii) Comprimento médio vestibular <i>versus</i> número de células, e iii) Comprimento total <i>versus</i> número de células produzidas por <i>Epanthidium tigrinum</i> , no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	55
Figura 19	– Boxplot para a proporção de machos (M) e fêmeas (F) de <i>Epanthidium tigrinum</i> por classe de diâmetro, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	56
Figura 20	– Boxplots dos comprimentos total, vestibular e médio das células em relação ao número de fêmeas e machos emergidos de <i>Epanthidium tigrinum</i> , no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	57
Figura 21	– Boxplot do tempo de emergência (em horas) de acordo com o sexo das crias de <i>Epanthidium tigrinum</i> , no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	58
Figura 22	– Número de mortes ao longo das fases de desenvolvimento: ovo; larva; pupa não pigmentada (PNP); pupa pigmentada (PP) e adultos pré emergentes da espécie <i>Epanthidium tigrinum</i> , no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	58

Figura 23	– <i>Epanthidium tigrinum</i> depositando resina na saída do ninho durante uma invasão de formigas (A) e detalhe do ninho-armadilha BV145 revelando a presença de restos mortais de formigas presos a resina (B), no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	59
Figura 24	– Boxplots do comprimento médio de células dos ninhos de <i>Epanthidium tigrinum</i> , para o período pré-chuvoso (PPC), período chuvoso (PC) e período pós-chuvoso (PPC), no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	60
Figura 25	– Arquitetura interna dos ninhos de <i>Epanthidium tigrinum</i> evidenciando as células de cria orientadas horizontalmente (A) e transversalmente (B); as partições (P); a área vestibular (AV); a parede do opérculo (PO) e a parede inicial (PI), coletados no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	61
Figura 26	– Frequência dos tipos de orientações das células de crias (horizontal e transversal) de <i>Epanthidium tigrinum</i> em relação ao uso das classes de diâmetros das cavidades, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	62
Figura 27	– Arquitetura interna de um ninho de <i>Epanthidium tigrinum</i> evidenciando a presença de duas áreas vestibulares (A.V.1; A.V.2), coletado no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	63
Figura 28	– Fotomicrografias dos grãos de pólen das espécies que participaram da dieta dos imaturos de <i>Epanthidium tigrinum</i> durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará. (A-AR). Aumento de 40x.	67
Figura 29	– Frequência absoluta dos principais tipos de pólen presentes nas amostras cropalinológicas das crias de <i>Epanthidium tigrinum</i> , durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	70

Figura 30	– Amplitude do nicho polínico (S') (A), Equitatividade (J') (B) e Dominância de Berger-Parker (C) dos tipos polínicos usados por <i>Epanthidium tigrinum</i> , durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	71
Figura 31	– Gráfico bipartido mostrando a proporção de interações tróficas entre período pré-chuvoso, período chuvoso e período pós-chuvoso (2019 a 2020) e os principais tipos de pólen presentes nas amostras cropalinológicas das crias de <i>Epanthidium tigrinum</i> , coletadas no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	73
Figura 32	– Análise de agrupamento da utilização de recursos polínicos coletados por <i>Epanthidium tigrinum</i> no período pré-chuvoso, período chuvoso e período pós-chuvoso (2019 a 2020), de acordo com a similaridade do tipo de pólen, com base na similaridade de Jaccard, utilizando o método de grupo pareado (UPGMA).....	74
Figura 33	– Diagramas de dispersão do número de células/ninho <i>versus</i> temperatura máxima, do número de ninhos <i>versus</i> temperatura mínima e do número de ninhos <i>versus</i> o percentual de <i>Byrsonima crassifolia</i> na dieta de <i>Epanthidium tigrinum</i> , obtidos para as amostras coletadas no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Distribuição e ocorrência de gêneros da subfamília Megachilinae que possuem maior distribuição no território brasileiro.....	26
Tabela 2	– Correlações entre o comprimento médio das células, comprimento vestibular das células e comprimento total do ninho com o número de células produzidas por <i>Epanthidium tigrinum</i> , no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	54
Tabela 3	– Relação entre a emergência de crias machos e fêmeas de <i>Epanthidium tigrinum</i> com aspectos da arquitetura interna do ninho, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	56
Tabela 4	– Medidas (cm) das principais estruturas internas dos ninhos de <i>Epanthidium tigrinum</i> , coletados em ninhos-armadilha, no período de maio/2019 a setembro/2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	60
Tabela 5	– Frequência relativa dos tipos polínicos (espécies) utilizados na dieta dos imaturos de <i>Epanthidium tigrinum</i> durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.....	65
Tabela 6	– Correlações entre o número de células, número de ninhos e as variáveis ambientais (temperaturas, umidade, chuva e vento), porcentual de <i>Vigna unguiculata</i> e <i>Byrsonima crassifolia</i> na dieta de <i>Epanthidium tigrinum</i> e as métricas de diversidade, obtidos para as amostras coletadas no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AV	Área vestibular
CE	<i>Cell probability present</i>
ER	<i>Random presence</i>
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
NA	Ninhos-armadilha
NODF	<i>Nestedness Metric Based On Overlap And Decreasing Fill</i>
P	Partição
PI	Parede inicial
PC	Período chuvoso
PO	Parede do opérculo
PPC	Período pré-chuvoso
PPOC	Período pós-chuvoso
UPGMA	<i>Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
2	OBJETIVOS.....	22
2.1	Objetivos gerais.....	22
2.2	Objetivos específicos.....	22
3	REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1	As abelhas e sua importância econômica e social.....	23
3.2	Abelhas solitárias.....	23
3.3	Família Megachilidae.....	25
3.4	Tribo Anthidiini e gênero <i>Epanthidium</i>	27
3.5	Ninhos-armadilha.....	28
3.6	Ferramentas palinológicas associadas ao estudo da dieta de Megachilidae....	30
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1	Descrição da área de estudo.....	33
4.2	Ninhos-armadilha e amostragem.....	34
4.3	Aspectos da nidificação de <i>Epanthidium tigrinum</i> em ninhos-armadilha.....	35
4.3.1	<i>Diâmetro de ninhos e presença de essência</i>	35
4.3.2	<i>Sazonalidade</i>	35
4.3.3	<i>Comportamento de nidificação, horário de forrageio e recursos coletados</i>	35
4.3.4	<i>Desenvolvimento dos imaturos e inimigos naturais</i>	36
4.3.5	<i>Indivíduos emergidos, razão sexual e mortalidade</i>	36
4.4	Arquitetura interna dos ninhos.....	37
4.5	Análises quantitativas e qualitativas do nicho polínico.....	37
4.6	Análises estatísticas.....	38
5	RESULTADOS.....	40
5.1	Aspectos da nidificação de <i>Epanthidium tigrinum</i> em ninhos-armadilha.....	40
5.2	Comportamento de nidificação, horário de forrageio e recursos utilizados...	46
5.3	Parâmetros reprodutivos da abelha <i>Epanthidium tigrinum</i>	52
5.4	Arquitetura interna dos ninhos.....	59
5.5	Análise do nicho polínico de <i>Epanthidium tigrinum</i>	63
6	DISCUSSÃO.....	76
6.1	Aspectos da nidificação de <i>Epanthidium tigrinum</i> em ninhos-armadilha.....	76
6.2	Comportamento de nidificação, horário de forrageio e recursos utilizados...	80

6.3	Parâmetros reprodutivos da abelha <i>Epanthidium tigrinum</i>	82
6.4	Arquitetura interna dos ninhos	85
6.5	Análise do nicho polínico de <i>Epanthidium tigrinum</i>	87
7	CONCLUSÕES	90
	REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

Existem cerca de 20.000 espécies de abelhas, dentre as quais aproximadamente 85% destas apresentam hábitos de vida solitário, caracterizado pela construção de ninhos realizada por uma única fêmea (SILVA *et al.*, 2014; ROSKOV *et al.*, 2020). Estima-se que 75% das culturas agrícolas mundiais necessitem da polinização por animais (KLEIN *et al.*, 2020). Uma parte considerável desse serviço é fornecida por abelhas solitárias, que possuem técnicas de manejo e criatório ainda não totalmente elucidadas (GARIBALDI *et al.*, 2013; HEVIA *et al.*, 2016; PARK *et al.*, 2016).

As espécies de abelhas sociais são as mais utilizadas para a polinização de cultivos comerciais, especialmente *Apis mellifera* L. No entanto, *A. mellifera* é uma abelha exótica no Brasil e generalista em relação às fontes de alimentos. Frequentemente podem visitar espécies de flores fora da cultura alvo para polinização, nas quais são inseridas. Além disso, alguns estudos apontam que essas abelhas não são tão eficientes na polinização de determinadas culturas, quando comparada a algumas espécies de hábitos solitários, devido à baixa legitimidade da sua visita (MONZÓN, BOSCH; RETANA, 2004; VILHENA; AUGUSTO, 2007; EERAERTS *et al.*, 2020).

Nas zonas temperadas do planeta, alguns grupos de abelhas solitárias (*Osmia* Panzer. e *Megachile* L.) da família Megachilidae são utilizados na agricultura (PITTS-SINGER; CANE, 2011; SHEFFIELD, 2014; BOSCH *et al.*, 2021). De uma maneira geral, as técnicas implantadas que permitem a produção dessas abelhas em larga escala baseiam-se: na disponibilização de ninhos-armadilha; métodos de incubação; remoção meticulosa das células dos ninhos, transporte para as áreas agrícolas e na sincronização da emergência das abelhas com o florescimento da cultura explorada (PITTS-SINGER; JAME, 2008; PITTS-SINGER; CANE, 2011; VOLLET-NETO; MENEZES, 2018).

No Brasil, apenas *A. mellifera* tem sido manejada em larga escala para polinização de culturas, embora estudos preliminares venham sendo realizados com outros grupos de abelhas, como meliponíneos, *Xylocopa* Latreille e *Centris* Fabricius (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2003; GARÓFALO, MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004). Segundo Garófalo *et al.* (2004), membros das tribos Megachilini e Anthidiini podem ser utilizados para o incremento da produção de leguminosas que são tradicionalmente consumidas no Brasil, como o feijão (*Phaseolus* spp.) e a soja (*Glycine max*). Além disso, essas abelhas também seriam polinizadoras potenciais de Asteraceae, também podendo contribuir para a produção de sementes de muitas plantas ornamentais, comestíveis e medicinais.

Estudos sobre a ecologia e o comportamento dos Anthidiini no Brasil ainda são escassos, devido à dificuldade de encontrar locais de nidificação dessas abelhas solitárias (CAMAROTTI-DE-LIMA; MARTINS, 2005). A utilização de ninhos-armadilha no campo, vem se mostrando um método eficiente para a resolução deste problema, através desse método as amostragens podem ser realizadas de forma padronizada em diversos ambientes, além de serem obtidas informações sobre a biologia das espécies capturadas (COSTA; GONÇALVES, 2019)

As abelhas do gênero *Epanthidium* Moure., dentre os Anthidiini que coletam resinas, são classificadas com um grande potencial para manejo (GARÓFALO, MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004; MARQUES, 2019; GOMES *et al.*, 2020). A espécie *Epanthidium tigrinum* (Schr.), coloniza com sucesso ninhos-armadilha, podendo ser transportadas para áreas de cultivo e, constrói considerável número de ninhos em um razoável período de tempo, quando a resina é fornecida próxima a locais de nidificação (GOMES *et al.*, 2020).

Apesar de já existirem alguns aspectos bionômicos da espécie *E. tigrinum* descritos (GOMES *et al.*, 2020), a influência que as condições ambientais durante um ano impõem na produção de ninhos, células, aspectos da arquitetura interna do ninho e até do uso de recursos florais não foi bem elucidada. Dessa forma, aspectos sobre o ciclo biológico, a nidificação e os recursos alimentares utilizados por *E. tigrinum* serão investigados nesse trabalho, visando respaldar e colaborar para elaboração de técnicas eficazes de manejo e criatório para essa espécie.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Conhecer parâmetros reprodutivos e alimentares da abelha solitária *Epanthidium tigrinum* Schr. (Hymenoptera, Megachilidae) visando determinar o seu potencial para criatório racional.

2.2 Objetivos Específicos

- 1 – Investigar a nidificação e preferência de *Epanthidium tigrinum* por ninhos-armadilha;
- 2 – Conhecer o ciclo, parâmetros e recursos reprodutivos de *Epanthidium tigrinum* em condições tropicais;
- 3 – Conhecer os hábitos e recursos alimentares utilizados por *Epanthidium tigrinum*;
- 4 – Avaliar o potencial de *Epanthidium tigrinum* para criatório racional em larga escala.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 As abelhas e sua importância econômica e social

As abelhas são insetos que pertencem a ordem Hymenoptera, existem aproximadamente 20.000 espécies descritas, que são distribuídas principalmente nas zonas tropicais e subtropicais (SILVA *et al.*, 2014; ROSKOV *et al.*, 2020). Apesar de serem conhecidas por produtos explorados pela humanidade como o mel, própolis, cera e geleia real, a maior importância das abelhas reside na polinização das plantas silvestres e cultivadas (COSTA-MAIA, LOURENÇO; TOLEDO, 2010).

Cerca de 75% das culturas agrícolas são dependentes dos serviços de polinização e aproximadamente 90% das plantas com flores necessitam da visita direta de abelhas para garantir o sucesso reprodutivo (KLEIN *et al.*, 2020). Os serviços de polinização prestados pelas abelhas também aumentam a qualidade e as taxas de vigamentos dos frutos, além de promoverem o uso eficiente das terras, elevando o número de sementes e frutos por hectare (GARIBALDI *et al.*, 2013).

Apesar da grande diversidade, poucas são as espécies que são manejadas comercialmente para a polinização de plantas cultivadas (BOSCH *et al.*, 2021). As espécies de abelhas sociais são as mais utilizadas para a polinização de cultivos comerciais, especialmente *Apis mellifera* L., pois suas colônias possuem grande número de operárias forrageiras, apresentam plasticidade no uso de recursos florais e são adaptadas a diferentes ecossistemas. Além de ser a abelha que possui a biologia mais compreendida, com técnicas de manejo e criação bem disseminadas (GARIBALDI *et al.*, 2013).

Embora *A. mellifera* seja utilizada amplamente na polinização de diversos cultivos, estudos apontam que essas abelhas não são tão eficientes quanto a algumas espécies de abelhas solitárias na polinização de determinadas culturas (AUGUSTO *et al.*, 2005; VILHENA; AUGUSTO, 2007; EERAERTS *et al.*, 2020). Atualmente, os serviços de polinização prestados por *A. mellifera*, assim como de outros polinizadores encontram-se ameaçados, devido à perda e fragmentação de habitat, pragas, doenças, espécies invasoras, agrotóxicos e mudanças climáticas (FREITAS *et al.*, 2009; OLIVEIRA, 2015; BROWN *et al.*, 2016).

Esses problemas associados à necessidade da diversificação de polinizadores em áreas agrícolas (KLEIN *et al.*, 2020; BOSCH *et al.*, 2021) são responsáveis pelo aumento do interesse em estudos que visam avaliar o papel de abelhas solitárias como polinizadoras de cultivos.

3.2 Abelhas solitárias

Aproximadamente 85% das abelhas possuem hábitos de vida solitário (ROUBIK, 1992), no Brasil são descritas cerca de 2000 espécies, sendo a grande maioria delas, solitárias (SILVA *et al.*, 2014). O modo de vida solitário se caracteriza pela construção de ninhos por uma única fêmea, sem a cooperação de outras fêmeas da mesma espécie. Sendo assim, os recursos florais para o provisionamento das células são buscados de forma independente e logo após a oviposição, os ninhos são operculados e abandonados, sem que ocorra uma sobreposição entre as gerações (ROUBIK, 1992; SILVA *et al.*, 2014).

Os materiais utilizados na construção dos ninhos, assim como os locais escolhidos para nidificação, são bastantes variados entre as abelhas solitárias. Elas podem utilizar ocos de plantas, cavidades preexistentes em madeira, cavidades no chão, especialmente em locais protegidos, e existem ainda algumas poucas espécies que constroem ninhos em locais expostos (COSTA; GONÇALVES, 2019).

Muitos dos recursos utilizados pelas espécies de abelhas de vida solitária para provisionarem suas células provêm de alguns grupos de plantas. Como exemplo destes recursos, temos os óleos florais que são utilizados pelas tribos Centridini e Tetrapediini para o revestimento de células, com a finalidade de protegê-las da umidade e os odores florais utilizados por machos de Euglossini como atrativos para o acasalamento (PANSARIN *et al.*, 2009; NEFF; SIMPSON, 2017). Existem ainda algumas famílias botânicas que fornecem resina através de ferimentos no caule ou através de glândulas produtoras de resina nas flores. Esse material é coletado com frequência por abelhas da tribo Anthidiini, que o utilizam para a construção de ninhos (ARMBRUSTER, 1993; BARÔNIO *et al.*, 2018; TÖLKE *et al.*, 2020).

Apesar da grande diversidade de espécies solitárias, poucas vêm sendo utilizadas pelo homem para a polinização de cultivos comerciais (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2005; BOSCH *et al.*, 2021). Na Europa e nos Estados Unidos, abelhas do gênero *Osmia* Panzer., *Megachile* L. e *Nomia* L. são abundantes e economicamente importantes, sendo utilizadas para a polinização do tomate (*Solanum lycopersicum* L.), cereja (*Prunus avium* L.) maçã (*Malus domestica* Bork.) Pêra (*Pyrus communis* L.), damasco (*Prunus armeniaca* L.) e alfafa (*Medicago sativa* L.) (MATSUMOTO *et al.*, 2009; GRUBER, 2011; BIDDINGER *et al.*, 2013; SHEFFIELD, 2014).

As espécies de abelhas solitárias são manejadas através da introdução de ninhos-armadilha nas áreas de interesse. No Brasil, representantes das famílias Megachilidae e Apidae são coletados com frequência em ninhos-armadilha, onde foram capturadas cerca de 60 espécies (GARÓFALO, MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004; COSTA; GONÇALVES, 2019). Algumas espécies dessa lista são potenciais candidatas a programas de polinização, como por

exemplo, espécies de Centridini que são consideradas agentes polinizadores de espécies de Malpighiáceas, do cajueiro (*Anacardiaceae*) e da tamarindo (*Caesalpineaceae*) (FREITAS, 1997; CASTRO, 2002). Por sua vez, abelhas do gênero *Xylocopa* são consideradas polinizadoras eficientes da castanha do Brasil (*Bertholia excelsa* Humn. & Bonpl.) e do maracujazeiro (*Passiflora* spp.), observou-se também que abelhas Euglossini são polinizadoras de Solanaceae, (MAUÉS, 2002; MAGALHÃES; FREITAS, 2013).

Os membros da família Megachilidae podem ser utilizados para o incremento da produção de leguminosas que são tradicionalmente consumidas no Brasil, como o feijão (*Phaseolus* spp.) e a soja (*Glycine max*) (GARÓFALO, MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004), que nas últimas décadas foram cultivados em várias regiões do País em pequenas e grandes escalas (CONAB, 2020). A presença de abelhas Megachilini e Anthidiini nos cultivos de leguminosas aumenta consideravelmente o tamanho da cápsula e o número de sementes. Essas abelhas também são potenciais polinizadoras de integrantes da família Asteraceae e podem contribuir para a produção de sementes de muitas plantas ornamentais, comestíveis ou medicinais. (GARÓFALO, MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004).

Portanto, as informações biológicas e zootécnicas obtidas de abelhas solitárias com potencial para manejo, em especial para grupos de Megachilidae, são essenciais para o bom desempenho dos programas de polinização de cultivos produzidos em larga escala no Brasil.

3.3 Família Megachilidae

A família Megachilidae apresenta distribuição cosmopolita, constitui-se de um grupo muito diversificado, sendo considerada a terceira maior família de abelhas, com cerca de 4100 espécies conhecidas, descritas em aproximadamente 76 gêneros (GONZALEZ *et al.*, 2012).

A sistemática de Megachilidae é complexa e há muito tempo vem sendo discutida, porém ainda é pouco compreendida (GONZALEZ *et al.*, 2012). Segundo a classificação de Silveira *et al.*, (2002), a família Megachilidae é composta pelas subfamílias Fideliinae e Megachilinae. Os Fidelineos ocorrem em regiões da Ásia, África e América do Sul, sem representantes descritos no Brasil. A subfamília Megachilinae é composta por cinco tribos: Megachilini, Osmiini, Dyoxini, Lithurgini e Anthidiini.

No entanto, a classificação sugerida por Gonzalez *et al.*, (2012), propõe Fideliinae, Pararhophitinae, Megachilinae e Lithurginae como subfamílias de Megachilidae, onde a subfamília Lithurginae é dividida nas tribos Lithurgini e Protolithurgini e a subfamília Megachilinae é composta pelas tribos Megachilini, Osmiini, Dyoxini, Anthidiini, Aspidosmiini, Ctenoplectrellini, Glypitapinia.

No Brasil, Megachilidae é representada apenas por espécies da subfamília Megachilinae, que possui ocorrência na maior parte do território brasileiro. Na Tabela 1 é demonstrado os grupos que possuem maior ocorrência no Brasil, assim como suas localizações.

Tabela 1 - Distribuição e ocorrência de gêneros da subfamília Megachilinae que possuem maior distribuição no território brasileiro.

Subfamília	Tribo	Gênero	Localização
Megachilinae	Anthiidini	<i>Anthidium</i> Fabricius	BA; CE; GO; MA; MT; MG; PR; RJ; RN; RS; SC; SP.
		<i>Epanthidium</i> Moure	BA; CE; ES; GO; MA; MG; MT; MS; PB; PR; RN; RS; SP.
		<i>Hypanthidium</i> Cockerell	AC; AM; AP; BA; GO; MA; MG; MS; MT; PA; PB; PR; RJ; RO; RS; SC; CE.
		<i>Saranthidium</i> Moure & Hurd	BA; CE; ES; MG; MT; PR; RJ; SC; SP.
	Lithurgini	<i>Lithurgus</i> Belthord <i>Microthurge</i> Michener	CE; MA; MG; PA; RN; RS; SP.
	Megachilini	<i>Coelioxys</i> L.	RS; MT; MG; PR; RJ; SC; SP; RN; PB; CE; MS; BA; AC; AP; ES; GO; MA; PA.
		<i>Megachile</i> L.	SP; RS; CE; MS; PR; RS; SC; MT; AM; BA; AC; DF; ES; GO; MA; PA; PB; RN; RO; RR.

Fonte: elaborada pela autora; (SILVEIRA *et al.*, 2002; MICHENER, 2007).

Como demonstrado, Megachilidae é uma família rica em espécies, além disso, as abelhas dessa família são importantes polinizadoras de ambientes naturais, urbanos e agrícolas (MORETTI *et al.*, 2006). As espécies não-parasitas são caracterizadas pela presença de uma escopa, localizada na parte ventral do abdome, coberta densamente de pelos longos e rígidos. Nesse grupo, os materiais coletados para a construção do ninho, são transportados através da mandíbula (MICHENER, 2007).

Outras características morfométricas que tornam essa família facilmente distinguível das demais, incluem o labro retangular articulado com o clipeo, presença do processo dististipital, ausência do pente estipital, ausência do processo apical, sulco esternal ausente, perda da placa basitibal e ausência de fibras pigidial e pré-pigidial (MICHENER, 2007).

Muitos dos materiais transportados na mandíbula, para a construção dos ninhos de espécies de Megachilidae, já foram identificados e se constituem basicamente de fragmentos de folhas e restos vegetais. Assim como grande parte das espécies de abelhas solitárias, as espécies dessa família utilizam cavidades em troncos, para instalar seus ninhos. Os membros de Megachilidae são encontrados nidificando principalmente em áreas abertas, de forma específica, os materiais utilizados para a construção do ninho, constituem-se de resinas, pequenos pedaços de pedra, lama, lasca de madeira, argila e etc. Esses materiais são utilizados para revestir as células de cria, que para Megachilidae, não são revestidas com secreções da glândula de Dufour (ABDALLA; CRUZ-LANDIM, 2001). As propriedades físico-químicas presentes em alguns desses materiais, especialmente na resina coletada por esse grupo, não foram bem descritas, porém foi constatado que alguns fitoquímicos presentes nesse material aumentavam a mortalidade de larvas, enquanto outros forneciam proteção contra bactérias e fungos (ALVES-DOS-SANTOS, 2004; SINU; BRONSTEIN, 2018).

A arquitetura do ninho de Megachilidae é caracterizada pela construção de células de cria, opérculo, e às vezes, células vestibulares. As células de crias, são detectadas através da presença do imaturo, restos de cria e material de provisionamento. As células vestibulares são células vazias encontradas entre a última célula de cria e a parede de fechamento do ninho (KROMBEIN, 1967). Acredita-se que a construção de células vazias ocorra quando a atividade dos parasitas seja mais intensa, portanto, a elaboração de células vestibulares pode ser considerada como uma estratégia de defesa contra o ataque de hospedeiros indesejáveis (MUNSTER-SWENDSEN; CALABUIG, 2000).

Alguns aspectos da arquitetura interna de espécies da família Megachilidae ainda são desconhecidos, principalmente no que diz respeito à influência destes sobre o potencial de manejo das espécies analisadas.

3.4 Tribo Anthidiini e gênero *Epanthidium*

A tribo Anthidiini compreende aproximadamente 600 espécies distribuídas por todo o planeta e cerca de 300 espécies descritas em 40 gêneros espalhadas pelas regiões neotropicais. Os Anthidiini, são identificados taxonomicamente, através da presença de máculas brancas, amarelas e/ou vermelhas no tegumento; mandíbula da fêmea mais larga que a do macho, com três ou mais dentes; ausência de pelos densos; garras tarsais da fêmea fendidas ou com dente basal e pterostigma curto (MICHENER; GRISWOLD, 1994).

A maioria dos representantes tem hábitos solitários, com alguns gêneros apresentando comportamento cleptoparasita, contudo, os hábitos de nidificação da maioria das espécies dessa

tribo não são bem conhecidos (MICHENER, 2007; URBAN; MOURE, 2012). Os Anthidiini nidificam em ninhos expostos ou em cavidades pré-existent, algumas espécies podem escavar seus ninhos no solo (ALVES-DOS-SANTOS, 2004; CAMAROTTI-DE-LIMA; MARTINS, 2005; GONZALEZ *et al.*, 2019). Para a construção dos ninhos são utilizados diversos materiais, que incluem resina, folhas, pedaços de flores, fibras vegetais e seixos. Segundo Michener (2007), o tipo de material coletado pelas fêmeas para a nidificação, subdivide a tribo em dois grupos: o A, onde as abelhas coletam resina, que pode ser misturada com barro, terra e fragmentos de folhas; e o grupo B, no qual são utilizadas fibras vegetais na elaboração dos ninhos.

Alguns dados da biologia de nidificação dos Anthidiini são conhecidos através de espécies que nidificam em ninhos-armadilha, foram relatadas cerca de 26 espécies e 12 gêneros ocupando essas armadilhas. A arquitetura dos ninhos é conhecida para os gêneros *Anthidium* Fabricius., *Anthodioctes* Holmberg, *Carloticola* Moure & Urban., *Ctenanthidium* Urban., *Duckeanthidium* Moure & Hurd. e *Epanthidium*, enquanto outros, como no caso de *Allanthidium* Moure. e *Chrisanthidium* Urban. possuem sua biologia pouco compreendida (PARIZOTTO; MELO, 2015).

Dentre os gêneros que foram parcialmente estudados, *Epanthidium* apresenta cerca de 20 espécies neotropicais, que ocorrem do México até a Argentina (PARIZOTTO; MELO, 2015). Foi relatado para espécie *Epanthidium tigrinum* Sch. a construção de ninhos utilizando resina misturada com lama ou areia e em algumas observações a resina possuía cor escura (CAMAROTTI-DE-LIMA; MARTINS, 2005; MESQUITA, 2009). Os diâmetros dos substratos utilizados para a elaboração dos ninhos, variaram de 0,64 cm a 2,04 cm ($\pm 0,5$) (MESQUITA, 2009). Nos trabalhos de Gomes *et al.* (2020) e Marques (2019), foram utilizados diâmetros de 0,45 cm e 0,8cm, respectivamente. Em ambos os estudos, as células de cria foram construídas de forma linear, dispostas horizontalmente em relação a cavidade e com a presença ou não de vestibulo. O número médio de células por ninho foi de 4,5 ($\pm 2,5$), para Marques (2019) e de 5,06 ($\pm 2,32$), no trabalho de Gomes *et al.* (2020).

No entanto, ainda existem poucas informações sobre hábitos de reprodução, padrões de sazonalidade na nidificação e no uso de recursos florais, e de que forma esses aspectos influenciam no potencial de manejo de Anthidiini, especialmente para a espécie *E. tigrinum*.

3.5 Ninhos-armadilha

Grande parte da vida das fêmeas de abelhas solitárias é dedicada a busca por locais de nidificação, construção das células de cria e coleta do alimento larval, porém, os ninhos dessas

abelhas em ambientes naturais são difíceis de serem localizados (COSTA; GONÇALVES, 2019). Uma solução para esse problema foi o desenvolvimento de ninhos-armadilha. Essa técnica permite a obtenção de dados bionômicos sobre as espécies fundadoras como: razão sexual, identificação da natureza do alimento provisionado nas células, arquitetura dos ninhos, além de investigar a relação com outros insetos que se associam aos ninhos (cleptoparasitas) (COSTA; GONÇALVES, 2019).

A metodologia baseia-se na tática de nidificação em cavidades pré-existentes que diversas abelhas solitárias e vespas apresentam. Dessa forma, são ofertadas cavidades artificiais, confeccionadas a partir de diversos materiais, como feixes de caules ocos, tubos de papel ou papelão, tubos de cartolina e etc. A forma, o diâmetro e a disposição no campo dos ninhos-armadilha também são bastante variáveis e influenciam a seleção das abelhas no uso das cavidades. Além disso, quando as armadilhas são dispostas em blocos agregados, aumenta-se a probabilidade do uso (CAMILLO *et al.*, 1995; MACIVOR; PACKER, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2016).

Como consequência do uso bem-sucedido de ninhos-armadilha, essa técnica tornou-se comum em estudos ao redor do mundo (COSTA; GONÇALVES, 2019). Esses ninhos são utilizados para diversos fins, como amostragem e biomonitoramento de espécies-chave, para a comparação de habitats entre diferentes regiões, auxílio na implementação de abelhas em programas de polinização e para o estudo da biologia e comportamento de grupos particulares (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2003; ARAÚJO *et al.*, 2016; STANGLER *et al.*, 2016; OLIVEIRA; GONÇALVES, 2017).

Em levantamentos realizados no Brasil, os principais grupos atraídos por ninhos-armadilha, incluem *Centris* Fabricius, *Euglossa* L., *Eufriesea* Cockerell., *Tetrapedia* Klug., *Xylocopa* e *Megachile* (GARÓFALO; MARTINS, 2004; LOYOLA; MARTINS, 2006; BUSCHINI *et al.*, 2009). Embora a utilização de ninhos-armadilha tenha trazido bons resultados para muitas pesquisas, ainda existem problemas em relação ao seu uso, como por exemplo, o ataque de formigas, aves e outros predadores às cavidades; presença de umidade nos ninhos; sombreamento inadequado; fornecimento de baixa diversidade de diâmetros das cavidades e especialmente a alta mortalidade de crias após a coleta dos ninhos (STAAB *et al.*, 2018).

Portanto, alguns aspectos dessa técnica, como o tamanho do diâmetro, a aplicação de essências e etc., e a influência desses aspectos sobre a atratividade desses ninhos para abelhas solitárias, precisam ser investigadas, quando se analisa o potencial de manejo de espécies solitárias.

3.6 Ferramentas palinológicas associadas ao estudo da dieta de Megachilidae

Para analisar a alimentação de abelhas Megachilidae, é necessário identificar o nicho trófico de cada espécie. O conhecimento das espécies botânicas que são usadas como fontes alimentares possibilita a descrição das predileções alimentares das abelhas, o que viabiliza a definição das relações tróficas em um ecossistema, colaborando para a formação da capacidade produtiva de uma área, além do desenvolvimento de linhas de conservação de ecossistemas naturais (AGUIAR; ZANELLA, 2005; NOVAIS *et al.*, 2013).

Análises palinológicas oferecem conhecimento sobre a flora de um local, por meio desse instrumento é possível distinguir os períodos de florescimento das plantas e de suas abundâncias, e elaborar o perfil anual de disponibilidade de néctar e pólen para as abelhas. Através da análise desse perfil, podem ser elaborados calendários florais reconhecendo a disponibilidade desses recursos no campo e os possíveis períodos de carência de alimento. (FREITAS; SILVA, 2006; SILVA-FILHO *et al.*, 2010). A fidelidade floral, a constância de visitas e a capacidade de voo das abelhas são informações que também podem ser conseguidos por meio da identificação das fontes polínicas usadas pelas abelhas (LIMA, 2000).

As fontes polínicas utilizadas por abelhas Megachilidae são identificadas através das cargas de pólen que são trazidas pelas fêmeas para os ninhos, a partir da coleta de pólen provisionado em ninhos naturais ou artificiais. O uso de ninhos-armadilha é uma maneira prática de se analisar o pólen armazenado. A observação das fêmeas de abelhas solitárias nas flores costuma ser outro método muito utilizado, mas com pouca precisão (SABINO, 2010; MARQUES, 2019).

Dentro da família Megachilidae são descritas interações com espécies vegetais de Amaranthaceae, Anacardiaceae, Arecaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Onagraceae, Oxalidaceae, Pontederiaceae, Sapindaceae, Scrophulariaceae, Rosaceae, Solanaceae e Verbenaceae, que são utilizadas para coleta de recursos florais distintos (PINHEIRO-MACHADO *et al.*, 2002; SCHLINDWEIN, 2004; MICHENER, 2007; BUSCHINI *et al.*, 2009; SABINO, 2010; SANTOS, 2010; MARINHO *et al.*, 2018; PINILLA-GALLEGO, *et al.*, 2018).

As interações tróficas de Megachilidae são bem estudadas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, entretanto, poucos estudos foram conduzidos fora dessas regiões (MARINHO *et al.*, 2018). Os trabalhos pioneiros que descreveram as relações estabelecidas por abelhas da família Megachilidae e plantas utilizadas como fontes polínicas foram realizados no Paraná, em Floresta Ombrófila Mista e áreas alteradas, onde Buschini *et al.* (2009), encontraram 99 tipos

polínicos identificados a nível de espécie, para *Megachile (Moureapis)* sp. em ninhos-armadilha. Apesar da grande quantidade de tipos polínicos presentes nas lâminas, *Megachile* sp. concentrou sua coleta de pólen em *Ludwigia peruviana* (L.) H. Hara e *Ludwigia sericea* (Cambess.) (Onagraceae), que corresponderam juntas a 99,6% de todos os tipos polínicos coletados. Os autores concluíram que *Megachile* sp. é uma espécie oligolética.

Estudos de fonte de pólen realizados na região Sudeste, no estado de Minas Gerais, em Floresta Estacional Semidecidual e Floresta de Galeria, avaliando a dieta da espécie *Megachile anthidioides* Smith, F., constataram que esta é uma espécie oligolética, apesar de ter utilizado 12 tipos polínicos em sua dieta ao longo de um ano. *Megachile anthidioides* utilizou como fonte de pólen dominante os tipos *Baccharis* sp. e *Vernonia* sp. (Asteraceae) (SABINO, 2010). Na mesma região, no estado do Rio de Janeiro, em fragmentos de Mata Atlântica, Mello (2014) analisou o nicho trófico de cinco espécies: *Carloticola paraguayensis* Schro., *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* Mitchell, *Megachile (Chrysosarus)* sp1, *Megachile (Pseudocentron) nudiventris* Mitchell e *Megachile (Ptilosarus)* sp1. O autor observou que as abelhas utilizaram, no provisionamento das células de cria, 54 tipos polínicos, que pertenciam a 18 famílias de plantas. As famílias com maior riqueza de tipos polínicos utilizados pelas abelhas foram: Fabaceae (9), Asteraceae (8) e Bignoniaceae (4). *Megachile (C.) pseudanthidioides* foi a espécie que apresentou a maior amplitude de nicho, enquanto que *Megachile (Ptilosarus)* sp1 foi considerada oligolética, visto que utilizou cerca de 85,80% do pólen de *Mimosa ceratonia* L. em suas provisões.

Análises a cerca da dieta de abelhas Megachilidae realizadas em fragmento de Floresta Semidecídua no Estado de São Paulo demonstraram que *Megachile (Austromegachile) facialis* Vachal e *Anthodioctes megachiloides* Holmberg são espécies oligoléticas e coletaram apenas pólen de uma e duas fontes, respectivamente, que consistiram dos tipos *Centrolobium tomentosum* Guillemain ex. Benth., Tipo *Lonchocarpus* (Fabaceae) e o Tipo *Dolichandra* (Bignoniaceae). *Epanthidium tigrinum* e *Megachile (Chrysosarus) guaranitica* Schrottky coletaram 4 e 8 fontes polínicas, respectivamente, no entanto, foram consideradas oligoléticas porque *E. tigrinum* concentrou sua coleta de pólen no Tipo *Cajanus* (Fabaceae) e *M. (C.) guaranítica* preferiu *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (Fabaceae) (ROCHA-FILHO et al., 2018).

Ainda no estado de São Paulo, Mello (2019) analisou o nicho trófico de algumas espécies de Megachilidae em área de Cerrado (*stricto sensu*) e Mata Estacional Semidecidual, e observou que essas espécies utilizaram como alimento para suas proles, 32 tipos polínicos distribuídos em 14 famílias. As famílias de plantas com maior riqueza de tipos polínicos foram

Fabaceae (11 tipos) e Asteraceae (3 tipos). A abelha *Anthodiocetes* sp. utilizou como fontes de pólen principais, os tipos *Gliricidia* (Fabaceae) e *Serjania* (Sapindaceae). Os tipos mais frequentes nas amostras de *Epanthidium erythrocephalum* Schrottky foram *Desmodium* (Fabaceae) e *Pyrostegia venusta* (Ker.) Miers (Bignoniaceae). A maior frequência de utilização para *Epanthidium townsendi* Cockerell foi uma espécie não identificada de Fabaceae. O autor também constatou que para Anthidiini, a família mais importante foi Fabaceae.

Na região Nordeste a espécie *Megachile dentipes* Vachal em uma Floresta ombrófila densa de terras baixas, no estado de Pernambuco, coletou sete fontes polínicas, tratando-se de uma espécie polilética, que coletou pólen principalmente das famílias botânicas: Asteraceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae e Scrophulariaceae (SANTOS, 2011). Na Baixada Maranhense, na região amazônica os resíduos pós-emergenciais de três espécies de *Megachile* foram analisados, Marinho *et al.* (2018), observaram que *Megachile brasiliensis* Dalla Torre é uma espécie oligolética, utilizando principalmente pólen do tipo *Attalea* sp. (Arecaceae). Também foi observado que, *Megachile stilbonotaspis* Moure, J. S e *Megachile sejuncta* Cockerell utilizaram principalmente pólen das fontes *Attalea* sp., *Tilesia* sp. e *Lepidaploa* sp (Asteraceae) e foram classificadas como espécies estritamente polilética.

Para o gênero *Epanthidium* na Região Nordeste e, em outras localidades do Brasil, já foram descritas interações com as famílias botânicas Anacardiaceae, Asteraceae, Apiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malphigiaceae, Myrtaceae, Polygalaceae, Verbenaceae, Violaceae, entre outras, em vegetações do tipo: Floresta Estacional Decidua do Bioma Mata Atlântica; Cerrado; Mata de Tabuleiro e entre outros (TAURA *et al.*, 2007; IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2011; GOMES, 2016; SOMAVILLA *et al.*, 2018). No Ceará, foi observado que *E. tigrinum* coletou recursos de 27 plantas que pertenciam a 13 famílias botânicas, sendo o pólen de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (Malphigiaceae) classificado como dominante na sua dieta e presente em 68,39% de todo o pólen coletado (GOMES, 2016).

Diante do demonstrado, nota-se uma preferência de espécies de Megachilidae no Brasil por representantes das famílias Fabaceae e Asteraceae. A importância dessas famílias para membros de Megachilidae já foi demonstrada em diversos estudos (GARÓFALO, MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004) em ambientes distintos, como floresta úmida (SIERRA; PARDO, 2009), Caatinga (AGUIAR; SANTOS 2007; SANTOS *et al.*, 2013), áreas urbanas (AGOSTINI; SAZIMA 2003), Cerrado (ALMEIDA, 2002; VIEIRA *et al.* 2008), entre outras. Os membros dessa família também possuem grande potencial para manejo em culturas de interesse econômico (PITTS-SINGER; CANE, 2011).

Os representantes de Asteraceae e Fabaceae são considerados importantes na dieta de Megachilidae por serem espécies com longo período de floração, com ampla frequência e que fornecem recursos florais abundantes (RAMALHO, 1990; RAMALHO *et al.*, 1990; 2007). Além disso, muitos membros dessa família possuem adaptações fisiológicas para utilização dos grãos de pólen de Asteraceae e Fabaceae (MÜLLER; KUHLMANN, 2008; PRAZ *et al.*, 2008; HAIDER *et al.*, 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

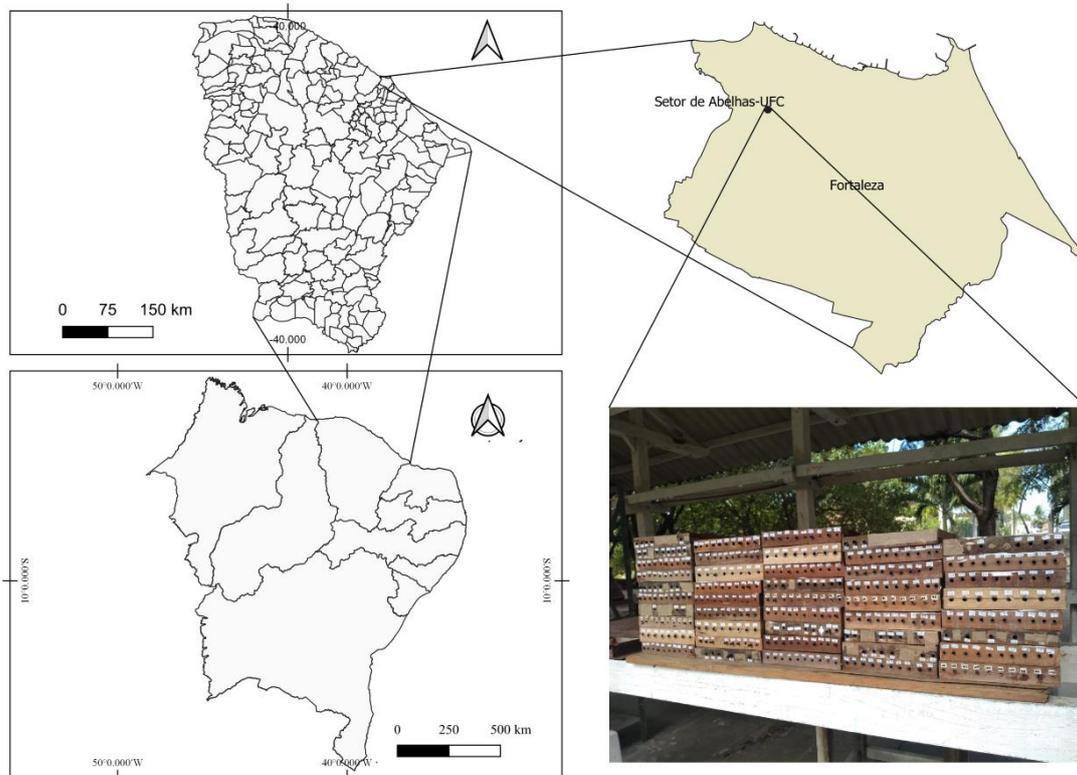
4.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi conduzido durante o período de maio de 2019 a novembro de 2020, no Setor de Abelhas, Departamento de Zootecnia do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará, situado no município de Fortaleza - CE (03°43'02"S e 38°32'35"W e 16m de altitude) (Figura 1) (IPECE, 2017).

O clima da região, segundo Köppen (1918), é classificado como Aw', caracterizado como Tropical quente subúmido, com período chuvoso compreendendo os meses de janeiro a maio. A pluviosidade média anual é de 1338,0 mm com temperatura média de 26,9°C, sendo as médias anuais mínimas e máximas, respectivamente, 23,6 e 30,4°C. Umidade relativa do ar de 78%, insolação de 2.856,5 horas anuais e velocidade dos ventos de 3,7 m/s (IPECE, 2017).

O local do estudo, onde foram instalados blocos com ninhos-armadilha, é encravado na área urbana de Fortaleza e rodeado por um pequeno fragmento de cobertura vegetal de Mata de Tabuleiro (MORO *et al.*, 2015), onde são encontradas espécies silvestres e frutíferas nativas e exóticas, como coqueiro (*Cocos nucifera* L.), maracujazeiro (*Passiflora* sp. L.), abacateiro (*Persea americana* Mill.), limoeiro (*Citrus ×limon* (L.) Osbeck), mangueira (*Mangifera indica* L.), cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), aceroleira (*Malphigia emarginata* DC.) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.).

Figura 1 - Localização do Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia, no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, com destaque para área de estabelecimento dos ninhos de *Epanthidium tigrinum*.



Fonte: elaborada pela autora.

4.2 Ninhos-armadilha e amostragem

No presente estudo, os ninhos armadilha (NA) foram montados a 130 cm do solo em um galpão aberto de 10 m de comprimento e 3 m de largura com um telhado de amianto para proteção do sol e da chuva. Os ninhos-armadilha eram formados por quarenta e duas tábuas de madeira, cada qual com 10 ranhuras semi-circulares de forma que a sobreposição das tábuas formava os orifícios onde eram inseridos tubos de cartolina, que foram fechados na extremidade com cera de *A. mellifera*, em adaptação da técnica de ninhos-armadilha proposta por Krombein (1967). Os tubos de cartolina foram confeccionados com 12 cm de comprimento e divididos proporcionalmente em oito classes em relação ao diâmetro (a-0,34 cm; b-0,35; c-0,4 cm; d-0,45 cm; e-0,5 cm; f-0,55 cm; g-0,6 cm e h-1 cm).

Pensando-se em uma maneira de atrair mais fêmeas para nidificar nos Nas, resíduos de ninhos de *Epanthidium tigrinum*, que já haviam sido desativados, foram utilizados para a elaboração de uma essência, adicionados ao Etanol Etílico hidratado de cereais. A aplicação da essência nos NAs foi dividida em duas classes (a-presença e b-ausência). Os NAs agrupados

em classes com relação ao diâmetro e a presença de essência, foram distribuídos aleatoriamente ao longo dos blocos. Ao todo foram dispostas 420 cavidades.

Para evitar o comportamento de saque entre as abelhas *E. tigrinum*, relatado por Gomes *et al.* (2020), resina coletada de ninhos dos meliponíneos *Melipona subnitida* Ducke e *Plebeia* sp. Schwarz foi ofertada ao longo do período de estudo. Logo após a coleta, a resina foi distribuída em pequenas porções em torno das instalações dos blocos com NAs.

4.3 Aspectos da nidificação de *Epanthidum tigrinum* em ninhos-armadilha

4.3.1 Diâmetro de ninhos e presença de essência

Para avaliar uma possível preferência das fêmeas de *E. tigrinum* por diâmetros de ninhos de alguma das classes estudadas e a presença ou ausência de essência, o número de ninhos fundados foi agrupado por diâmetro e essência e contabilizados.

4.3.2 Sazonalidade

Um levantamento de maio de 2019 a novembro de 2020 foi feito a fim de averiguar a fundação de ninhos e número de células de crias de *E. tigrinum* ao longo dos período pré-chuvoso (dezembro a janeiro), período chuvoso (fevereiro a maio) e período pós-chuvoso (junho a novembro) definido de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME, 2020). Os dados do número de ninhos fundados também foram usados para investigar o número de gerações que essa espécie possui ao longo do ano (uni, bi ou multivoltino). Concomitante ao levantamento, variáveis climáticas também foram coletadas na estação meteorológica da Universidade Federal do Ceará, situada a 500 m do local do estudo.

4.3.3 Comportamento de nidificação, horário de forrageio e recursos coletados

Fêmeas que nidificaram nos NAs tiveram suas atividades acompanhadas individualmente desde o momento em que iniciaram a construção do ninho até a sua conclusão, e também, no caso da fundação de outros ninhos posteriormente. Para tanto, tão logo uma jovem fêmea escolhia um NA, esta era capturada na entrada do ninho-armadilha com o auxílio de um tubo Falcon e em seguida adormecida em um *freezer*. Posteriormente, a abelha era marcada com tinta atóxica no tórax, por meio de um pincel boleador para decoração de unhas modelo D e Z 3378.

Em seguida as fêmeas de *E. tigrinum* foram monitoradas durante 75 dias entre os meses de julho de 2020 a setembro de 2020. As observações foram realizadas ininterruptamente do amanhecer (05:00h) ao anoitecer (18:00h), a fim de serem registrados dados sobre o horário

do início do forrageio, recursos coletados e tempo de conclusão das células, assim como informações sobre o número de ninhos fundados por cada fêmea e os tipos de materiais utilizados para construção dos ninhos.

4.3.4 Desenvolvimento dos imaturos e inimigos naturais

Os NAs foram monitorados diariamente com o objetivo de determinar o ciclo de desenvolvimento dos imaturos de *E. tigrinum*, compreendendo o período de tempo entre a oviposição a emergência dos adultos. Após a conclusão de cada ninho por sua fêmea fundadora, esse ninho era retirado do bloco e substituído por outro do mesmo diâmetro.

O ninho que foi concluído era identificado e armazenado em canudos de plástico transparente, com 21 cm de comprimento e 0,8 cm de diâmetro, fechados com rolha de cortiça e tecido voal (Figura 2A). Perfurações feitas nos canudos permitiam a aeração até a emergência dos imaturos. Esses canudos contendo os NAs eram então mantidos em um incubatório construído na mesma área experimental, protegidos da chuva e sol direto, até a emergência dos adultos que ficavam retidos pelo tecido de voal (Figura 2B). Os ninhos eram verificados diariamente para registrar o número e sexo dos adultos emergidos, bem como a ocorrência de possíveis cleptoparasitas e inimigos naturais.

Figura 2 - Detalhe do acondicionamento em canudos plásticos transparentes dos ninhos-armadilha de *Epanthidium tigrinum* coletados (A) e incubatório mantido na mesma área de instalação dos ninhos-armadilha (B).



Fonte: elaborada pela autora.

4.3.5 Indivíduos emergidos, razão sexual e mortalidade

Os números de indivíduos emergidos e não emergidos foram contabilizados mensalmente, ao longo de um ano (maio de 2019 a setembro de 2020). A razão sexual foi mensurada, calculando-se a proporção do número de fêmeas e machos emergidos dos ninhos. Para avaliar a taxa de mortalidade dessa espécie em NA, bem como investigar se o número de indivíduos emergidos é maior em alguma época do ano (período pré-chuvoso; período chuvoso; período pós-chuvoso). Os indivíduos que não emergiram foram agrupados nas seguintes classes: a- Morte em um estágio inicial: identificado pela presença de alimentos não consumidos que, após exame microscópico, permitiu constatar que a morte ocorreu durante o ovo ou em um estágio larval inicial; b- Morte em um estágio larval tardio: confirmada pela evidência de provisões consumidas e ausência de um casulo; c- Morte no estágio de pupa não pigmentada: detectada pela presença de casulo e a não pigmentação do indivíduo; d- Morte no estágio de pupa pigmentada: confirmada pela presença de casulo e pigmentação do indivíduo; e-morte do indivíduo adulto: identificada pelo grau da esclerotização dos restos mortais e pela presença ou ausência de asas desenvolvidas.

4.4 Arquitetura interna dos ninhos

A arquitetura interna dos ninhos construídos no NAs foi investigada a partir dos seguintes parâmetros: número de células por ninho, presença ou não de células vestibulares, comprimento total dos ninhos, e comprimento de cada célula. A forma das células, a disposição e orientação em relação a cavidade, partições e opérculos também foram descritas. As medições realizadas no interior do ninho foram feitas com o auxílio do paquímetro digital modelo 316119 MTX.

4.5 Análises quantitativas e qualitativas do nicho polínico

Os resíduos obtidos após a emergência das abelhas, ou seja, as fezes dos imaturos, foram coletados individualmente e acondicionados em tubos Falcon, com 2 ml de solução de álcool a 70%. A partir desses resíduos, foram adicionados 2 ml de água destilada e glicerina (50%) e, posteriormente foi realizada a acetólise através do método de Erdtman (1960). As amostras permaneceram em repouso até a confecção das lâminas.

As lâminas foram preparadas fixando com gelatina glicerinada de Kisser não corada, os grãos de pólen presentes nos resíduos coletados nos tubos Falcon. Posteriormente, as lâminas foram levadas a uma placa de aquecimento modelo RC VELP, onde foram aquecidas brandamente até o derretimento da gelatina. Neste momento foi posto por sobre a gelatina com o pólen, uma lamínula e em seguida vedada com esmalte incolor e etiquetadas (BARTH, 1970;

BARTH; 1988; SILVA *et al.*, 2014). Três lâminas foram preparadas para cada amostra, e então levadas para análise no microscópio ótico modelo K223 Kasvi, onde foi realizada uma análise qualitativa e quantitativa das amostras em triplicata.

Nas análises qualitativas, foram identificados os grãos de pólen das espécies vegetais que participaram da dieta de *E. tigrinum*, por comparação com as lâminas de referência depositadas na Palinoteca do Laboratório de Abelhas da Universidade Federal do Ceará (UFC). Também foi utilizada literatura especializada para a identificação do material coletado (SILVA *et al.*, 2010; BAUERMANN *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014).

Para as análises quantitativas foram contados os primeiros 400 grãos de pólen por lâmina, por meio de deslizamentos verticais, de uma forma que todos os campos amostrados fossem considerados (LOUVEAUX *et al.*, 1978). As percentagens de classes de ocorrência foram determinadas de acordo com a classificação proposta por Louveaux *et al.*, (1970; 1978): pólen dominante (PD), aquele presente em mais de 45% do total de grãos de pólen da amostra; pólen acessório (PA), aquele que corresponde ao intervalo de 15 a 45% do total da amostra; pólen isolado importante (PII) quando o pólen corresponde de 3 a 15% do total da amostra; e pólen isolado ocasional (PIO) é a denominação para o pólen que está presente em menos de 3% da amostra.

4.6 Análises estatísticas

O comprimento de células construídas, o tempo de construção dos ninhos, o comportamento de nidificação, a razão sexual, a taxa de mortalidade e parasitismo foram analisados através de estatísticas descritivas.

As quantidades de ninhos fundados, células construídas e número de emergidos foram analisadas por meio do teste Qui-quadrado que verificou se as médias foram semelhante entre os meses analisados e os períodos sazonais em nível de 5% de significância. O teste Qui-quadrado também foi empregado para investigar uma possível “preferência” ao nível de 5% de significância, em relação ao diâmetro e a presença de essência nos NAs construídos, e o tipo de disposição de células mais utilizada, além de averiguar se existia homogeneidade entre a frequência das fases de interrupção do desenvolvimento das crias de *E. tigrinum*

O tempo de construção dos ninhos e o comprimento foram analisados por meio do teste Kruskal-Wallis, que verificou se as médias foram diferentes entre as estações (período pré-chuvoso; período chuvoso; período pós-chuvoso) em nível de 5% de significância. O teste Kruskal-Wallis também foi empregado pra investigar uma possível relação entre a emergência de machos e fêmeas com o diâmetro dos NAs, além de ser utilizado para observar se existiam

diferenças entre o tempo médio de emergência entre os sexos das crias em nível de 5% de significância.

A relação entre o comprimento médio das células; comprimento vestibular médio e comprimento total médio do ninho construído com o número de células foi analisada por meio da correlação de Spearman em nível de 5% de significância, devido a não-normalidade dos dados. Correlações entre o número de células e ninhos e as variáveis ambientais (temperaturas, umidade, chuva e vento), o percentual de *Vigna unguiculata* e *Byrsonima crassifolia* na dieta e as métricas de diversidade foram também analisadas usando a correlação de Spearman.

Para os dados de dieta, além do número de espécie botânicas utilizadas, foram calculados os índices de Shannon, de Pielou, de Berger-Parker e Jaccard.

- Índice de diversidade de Shannon: foi utilizado para calcular por mês a amplitude do nicho alimentar da abelha, o índice é dado pela seguinte formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$$

Onde: p_i = abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra $p_i = \frac{n_i}{N}$

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = Número de indivíduos total da amostra.

- Índice de equitatividade de Pielou: foi utilizado para a análise da uniformidade e regularidade das espécies usadas pela abelha mensalmente, o índice é dado pela seguinte formula:

$$P' = \frac{H'}{H_{max}}$$

Onde: $H_{max} = \ln(S)$

H' é o Índice de Shannon

S é o número total de espécies

- Índice de dominância de Berger-Parker: foi utilizado para determinar a presença de espécies dominantes na dieta mensal, o índice é dado pela seguinte formula:

$$D = \frac{N_{max}}{N}$$

Onde: N_{max} é o número de indivíduos da espécie mais abundante

N é o número total de indivíduos amostrados

- Índice de similaridade de Jaccard: foi utilizado para analisar a similaridade da abundância das espécies utilizadas na dieta de *E. tigrinum* entre os períodos sazonais, por meio análise de agrupamento através de cluster (MAGURRAN, 2013).

O conjunto de interações entre os períodos sazonais que *E. tigrinum* foi estudada quanto à dieta e os recursos coletados foram representados através de grafos bipartidos gerados através do programa R (pacote: bipartite).

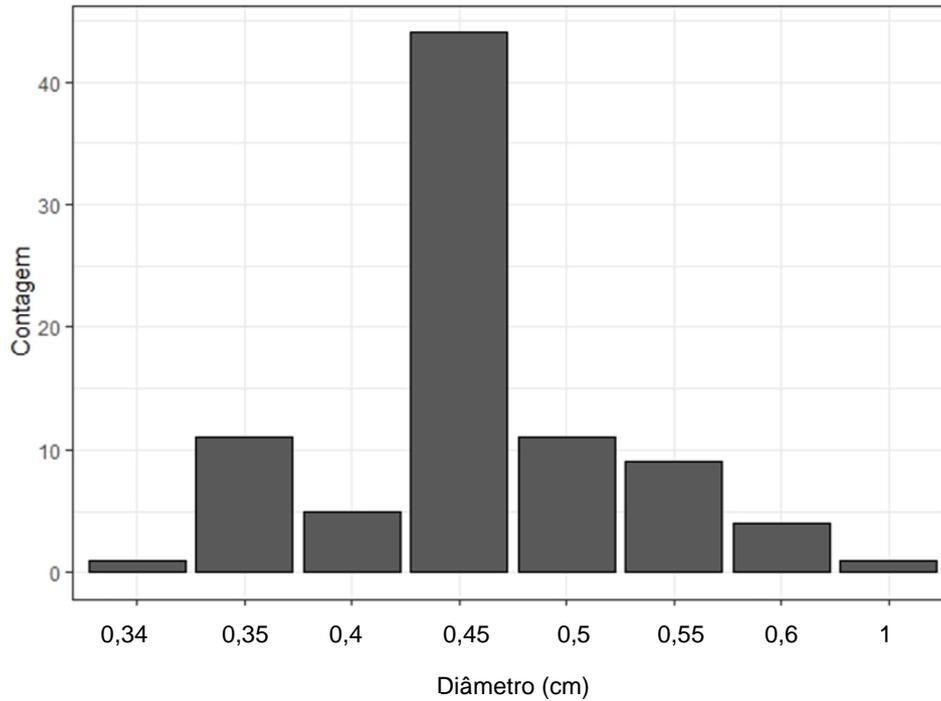
As métricas de rede foram analisadas a partir da conectância e do grau de aninhamento, em que a conectância foi obtida pela equação $C = TI/(NP)$, em que C é a razão entre o número de interações observadas (TI), e MP o universo de interações possíveis (N= número de períodos sazonais envolvidos e P= quantidade de tipos polínicos observados) (ALMEIDA-NETO; ULRICH, 2011). O aninhamento foi determinado a partir do NODF (*Nestedness Metric Based On Overlap And Decreasing Fill*) (ALMEIDA-NETO; ULRICH, 2011), usando o modelo nulo ER (*random presence*) e o modelo nulo CE (*cell probability present*), aconselhado devido sua consistência teórica (GUIMARÃES JR; GUIMARÃES, 2006). Para a métrica do aninhamento, foi utilizado o software ANINHADO (GUIMARÃES JR.; GUIMARÃES, 2006). As demais estatísticas foram analisadas por meio do programa R versão 4.0.3.

5 RESULTADOS

5.1 Aspectos da nidificação de *Epanthidum tigrinum* em ninhos-armadilha

Em relação a aceitação dos ninhos-armadilha foi observado que, quanto ao diâmetro, as abelhas *E. tigrinum* nidificaram em ninhos de todas as classes de diâmetros. No entanto, essas abelhas demonstraram uma preferência significativa ($X^2 = 571,94, p = -2417$) por nidificar em ninhos-armadilha como 0,45 cm de diâmetro (Figura 3).

Figura 3 - Frequência de ninhos construídos por *Epanthidium tigrinum* de acordo com o diâmetro das cavidades de ninhos-armadilha ofertados no período de maio de 2019 a novembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

Quanto à essência elaborada a partir de resíduos obtidos de NAs desativados, foram observados 15 ninhos fundados com essência e 116 sem essência, demonstrando uma clara preferência das abelhas por ninhos sem a essência testada ($X^2=77,87$; $p<-1$) (Figura 4).

Figura 4 - Frequência de ninhos construídos por *Epanthidium tigrinum* em relação a ausência ou presença de essência elaborada a partir de resíduos obtidos de ninhos-armadilha inativos e desativados, no período de maio de 2019 a novembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

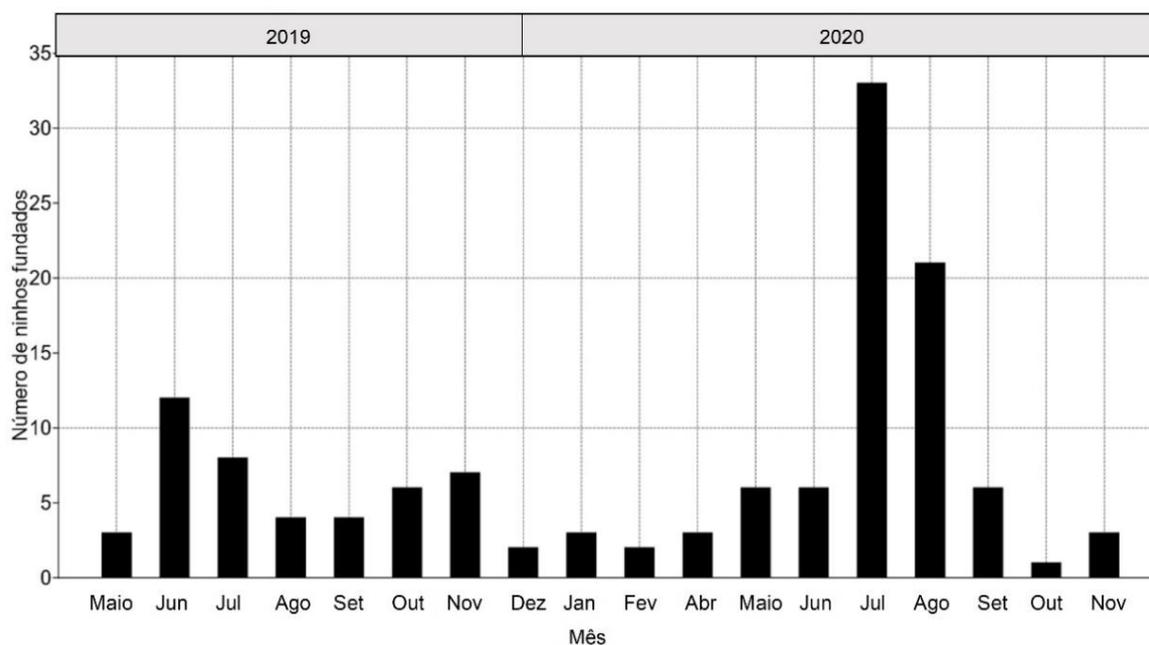


Fonte: elaborada pela autora.

As abelhas *E. tigrinum* construíram 131 ninhos durante o período do experimento (maio de 2019 a novembro de 2020), representando 31,19% do total de ninhos-armadilha disponibilizados (n=420) (Figura 5). Pôde-se observar que as fêmeas ocuparam os ninhos durante todos os 19 meses do experimento. No entanto, não foi possível registrar os dados do mês de março de 2020, devido ao início da pandemia do Coronavírus Covid-19 e suspensão preventiva de todas as atividades presenciais na Universidade Federal do Ceará durante aquele mês.

No ano de 2019 o mês com maior frequência de ocupação de ninhos foi junho com 12 ninhos fundados (26,08%), seguido por julho com oito (17,39%). Já em 2020, os meses com maior taxa de fundação de ninhos foram julho com 33 ninhos fundados (39,28%), seguido por agosto com 21 (25,00%). Considerando todos os meses estudados nos dois anos, o mês de julho de 2020 foi o que apresentou maior taxa de nidificação (25,19%) em relação aos demais (Figura 5).

Figura 5 - Nidificação mensal de abelhas *Epanthidium tigrinum* em ninhos-armadilha, no período de maio de 2019 a novembro de 2020 (exceto março de 2020), no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



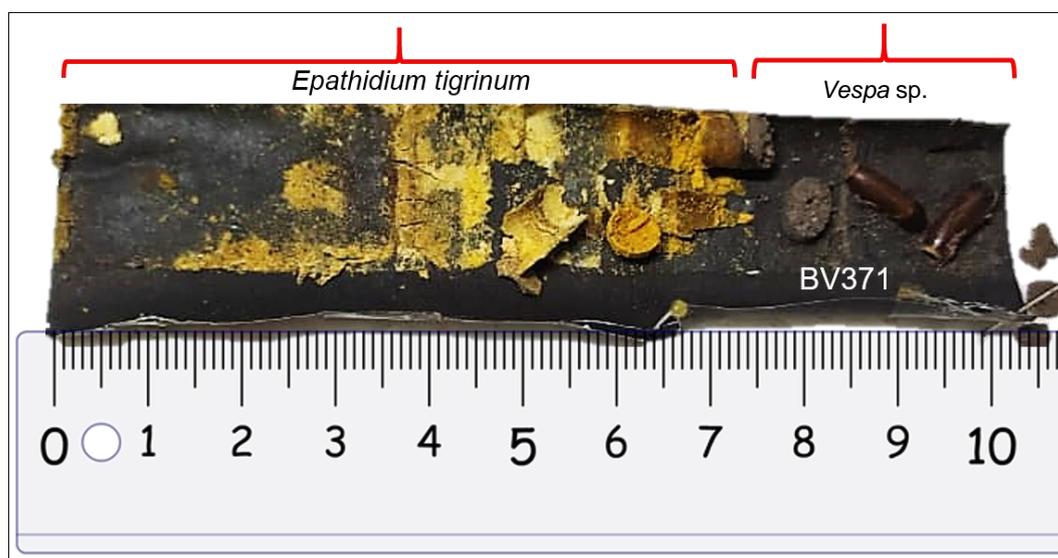
Fonte: elaborada pela autora.

Durante o período experimental, especialmente no período pré-chuvoso e período chuvoso, foi observado que em muitas ocasiões as abelhas chegavam a ocupar os ninhos-

armadilha, mas, no entanto, os abandonavam sem construir células ou até chegavam a construir um número pequeno de células, mas não fechavam o ninho.

Dos 131 ninhos coletados, 38,16% não foram concluídos e 25,58% foram compartilhados com outras espécies (*Tetrapedia* sp., *Centris analis* e *Vespa* sp.) (Figura 6). Além disso, alguns ninhos coletados eram falsos, com uma parede construída próxima ou rente à abertura e com nenhuma célula dentro.

Figura 6 - Ninho-armadilha compartilhado por duas espécies diferentes, ninho de *Epanthidium tigrinum* à esquerda e de *Vespa* sp. à direita, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

O comportamento de construção das células de crias foi analisado a partir da observação de 60 NAs, dentre os 131 fundados, enquanto que o tempo de construção foi avaliado a partir de 115 NAs. Esse comportamento se iniciava quando a fêmea de *E. tigrinum* inspecionava várias cavidades dos blocos de NAs, entrando rapidamente e logo em seguida saindo. Após as inspeções das cavidades, ela selecionava uma e permanecia nesta, exibindo um comportamento de guarda por um tempo e, em seguida iniciava a construção do ninho, ou então iniciava somente no dia seguinte, caso a escolha do ninho tivesse sido feita já perto do sol se por.

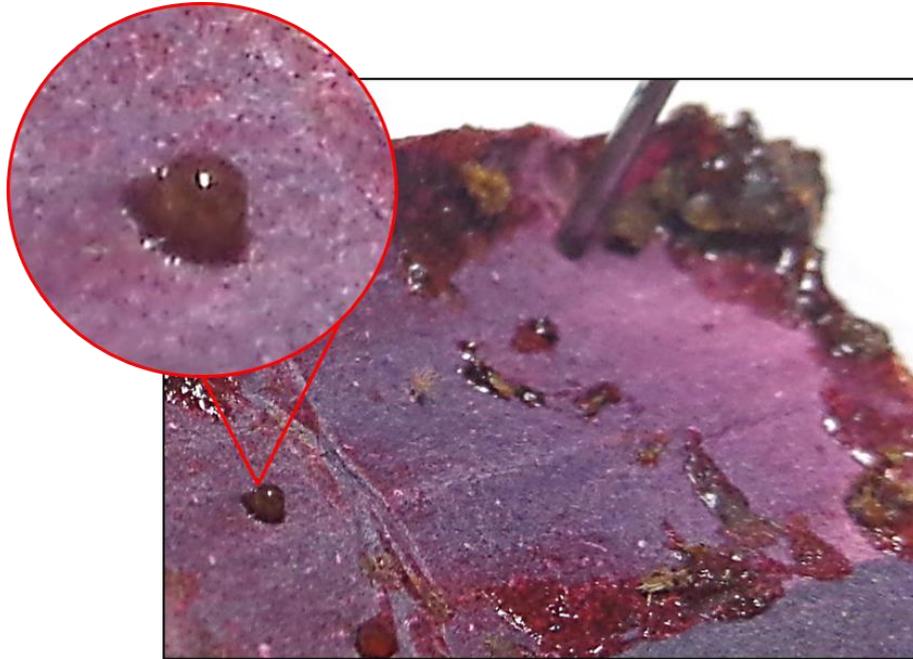
A construção de uma célula começava pela coleta de resina, que se dava próximo ao local de nidificação. Geralmente as fêmeas coletavam a resina de abelhas sem ferrão fornecida na área do galpão, mas em alguns casos coletavam de plantas resiníferas das redondezas. Os indivíduos coletavam a resina e a depositavam em forma de bolotas próximas a entrada do ninho, de uma forma que pudessem molda-las em um momento posterior. Esse armazenamento

de resina foi constatado dentro dos ninhos quando a arquitetura do ninho era examinada (Figura 7).

A resina, em alguns casos, era adicionada de fragmentos vegetais de origem não identificada que se assemelhavam a folhas, pétalas e fibras, que estiveram presentes em outros momentos durante as observações da arquitetura dos ninhos-armadilha (Figura 8). Além disso, quando as fêmeas fundavam ninhos a partir de ninhos desativados ou anteriormente ocupados por *C. analis*, *Tetrapedia* sp. e vespas, a resina também podia ser adicionada de areia e/ou barro. Depois de revestir a parede da parte inferior da célula, a fêmea aprovisionava o pólen e o néctar na forma de uma massa uniforme antes de ovopositar, para em seguida opercular a célula com uma camada de resina. Essa camada de resina entre as células se denomina de partição. Além da resina, também são utilizados fragmentos vegetais. A partição delimitava o final da célula, servindo também de base para a construção das próximas células. O processo aqui descrito para a construção das células de cria se repetia sucessivamente nas células posteriores até finalizar a última célula e concluir o ninho.

A fêmea de *E. tigrinum* levava de 24 a 120 horas para finalizar uma célula, e $299,5 \pm 19,46$ horas, em média, para concluir um ninho. O menor tempo observado por uma fêmea para construir um ninho foi de apenas 24 horas, registrado quando a fêmea abandonava o ninho após construir apenas uma célula (n=3). Por outro lado, algumas fêmeas construía dois a três ninhos simultaneamente (n=5), o que fazia com que o tempo para concluir qualquer um desses ninhos fosse bem longo; o ninho que mais demorou levou 1416 horas para ser concluído. O tempo de construção dos ninhos não sofreu influência da sazonalidade ($X^2=0,04992$; $p>0,05$) (Figura 9).

Figura 7 - Detalhe da entrada de um ninho-armadilha aberto, ocupado por *Epanthidium tigrinum*, com destaque para um dos depósitos de resina que a fêmea costumeiramente deposita para usar durante a construção do ninho, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



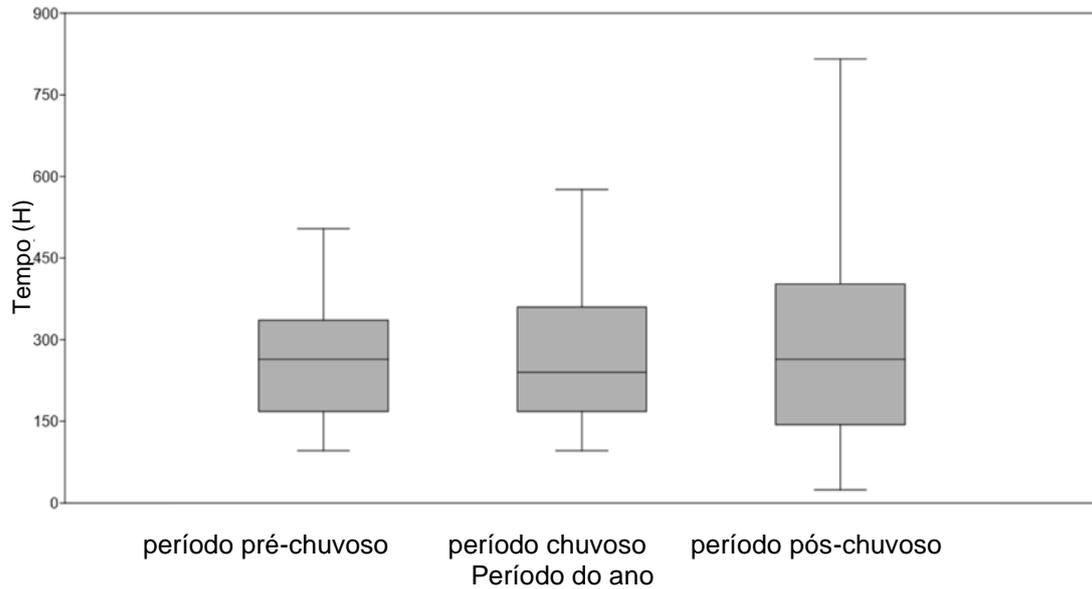
Fonte: elaborada pela autora

Figura 8 - Detalhe da entrada de um ninho-armadilha aberto, ocupado por *Epanthidium tigrinum*, demonstrando a presença de fragmentos vegetais fibrosos coletados próximo ao Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora

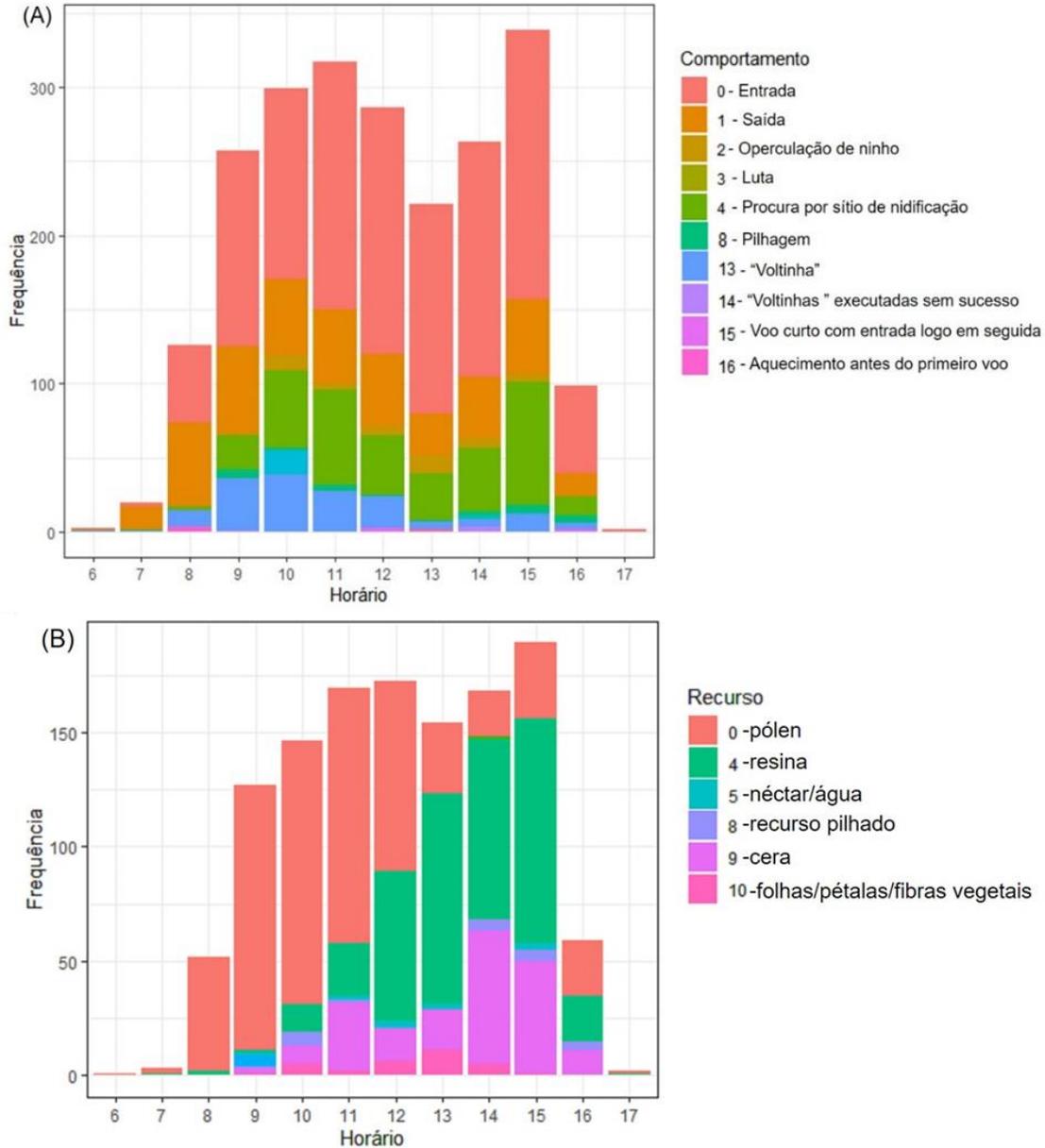
Figura 9 - Boxplots do tempo de construção (H) dos ninhos por *Epanthidium tigrinum* para o período pré-chuvoso, período chuvoso e período pós-chuvoso, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



5.2 Comportamento de nidificação, horário de forrageio e recursos utilizados

A abelha *E. tigrinum* inicia a construção dos ninhos, como já citado anteriormente, com a coleta de resina, que é utilizada tanto para impermeabilização das células, quanto para elaboração do tampão que sela o ninho. No horário de pico da coleta de resina (15:00h), as abelhas fizeram um total de 112 viagens para a coleta desse recurso, durante o período observado (Figura 10B). As viagens para a coleta de resina eram rápidas, com duração de um a três minutos (Figura 11).

Figura 10 - Frequência do comportamento de nidificação e forrageio (A) e recursos utilizados (B) de 6h às 17h para *Epanthidium tigrinum* em ninhos-armadilha, no período de julho de 2020 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 11 - *Epanthidium tigrinum* coletando resina de meliponíneos fornecida próximo aos ninhos-armadilha, em junho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

No entanto, em alguns momentos (22,66% das observações) as abelhas iam para o campo coletar resina e essas viagens demoravam cerca de 20 a 30 minutos para a coleta desse recurso. A resina que as abelhas coletavam no campo era identificada pela aparência quando as abelhas retornavam aos ninhos com esta presa na mandíbula em forma de bolotas. Geralmente, essa resina tinha uma coloração âmbar, amarelo-claro ou transparente, contrastando com a resina escura dos meliponíneos que era ofertada. No presente estudo, a origem botânica das resinas coletadas no campo não pôde ser identificada.

Além da coleta de resinas botânicas e de abelhas sem ferrão, alguns indivíduos também coletaram cera de abelha *Apis mellifera* proveniente de quadros usados de colmeia Langstroth que estavam próximos ao local de instalação dos blocos (Figura 12). Essas fêmeas utilizaram quase que exclusivamente cera para elaboração das células e no horário de maior coleta do recurso (14:00h), fizeram um total de 67 viagens durante o período observado (Figura 10B). As viagens para a coleta de cera também eram rápidas, com duração de um a três minutos.

Figura 12 - *Epanthidium tigrinum* coletando cera de *Apis mellifera* proveniente de quadros de colmeia Langstroth próximo aos ninhos-armadilha, em agosto de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

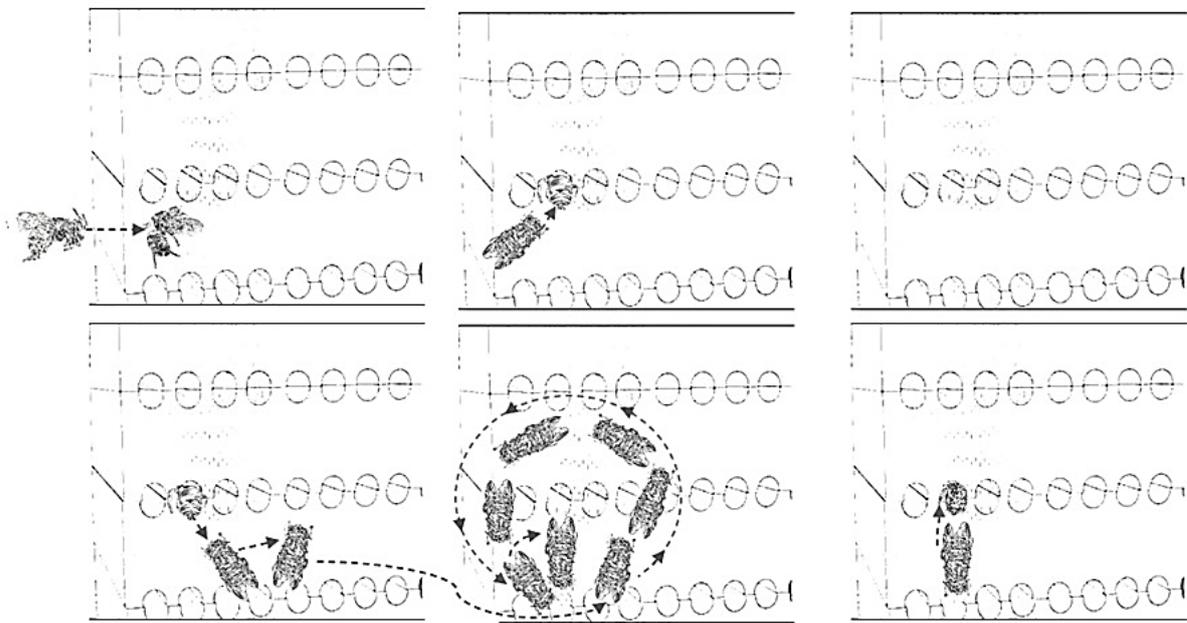
Após a coleta da resina e/ou da cera, as abelhas ainda coletaram materiais vegetais, que consistiam de pétalas, folhas e fibras que também foram utilizados na construção das paredes das células e no tampão que sela os ninhos. Tendo sido necessário um total de 15 viagens para coleta desse recurso no horário de maior pico (13:00h) durante o período observado (Figura 10B).

As abelhas *E. tigrinum* iniciaram o forrageio, em média, às 08:31h \pm 70 min. Mas em alguns dias, foram observadas abelhas que iniciaram suas atividades por volta das 06:00h e, em dias nublados e com precipitação cedo da manhã, as abelhas iniciavam eventualmente o forrageio por volta das 10:00h (Figura 10A). No período da manhã, as fêmeas coletavam com mais frequência o pólen, sendo a coleta deste recurso reduzida gradativamente ao longo do dia. (Figura 10B). No período da tarde ocorria um maior fluxo de entrada de resina, principalmente entre às 14:00 e 15:00h. O néctar/água era coletado ao longo do dia, porém com menos frequência do que o pólen e a resina (Figura 10B). O tempo para a coleta de pólen variou em cerca de 8 a 170 minutos. As abelhas fizeram 331 viagens para a coleta de pólen entre as 09:00 e 11:00h durante o período observado (Figura 10B).

Ao chegar do campo com pólen, *E. tigrinum* entrava diretamente no ninho com a cabeça voltada para o interior e, em seguida saía do ninho com o abdome voltado para fora,

dava uma volta em torno do ninho sem voar e retornava ao interior deste com o pólen presente na escopa, mas nesse momento com o abdome voltado para o interior. Depois desse giro as fêmeas aprovisionavam o pólen nas células. Essa “voltinha” em torno do ninho geralmente acontecia quando a abelha coletava pólen, mas eventualmente aconteceu também durante a coleta de resina e de outros materiais vegetais (Figura 13).

Figura 13 - Esquema representativo do comportamento de “voltinha” que *Epanthidium tigrinum* executa na entrada dos ninhos-armadilha após retornar do campo.



Fonte: elaborada por ALVES, J.E (2021)

O processo todo durava de um a dez minutos e, em alguns casos as abelhas não conseguiam executar essa “voltinha”. Nesse caso, depois de várias tentativas, começavam a visitar outras cavidades talvez procurando um novo local para nidificação ou tentando depositar um pouco dos recursos coletados em outra cavidade, dessa forma podendo entrar com mais facilidade em seu ninho original. Esse comportamento foi registrado sete vezes (Figura 10A).

Outros comportamentos registrados com menor frequência foram: o combate direto com outros indivíduos da mesma espécie, com machos e fêmeas de *C. analis* e *Tetrapedia diversipes*. e com inimigos naturais (formigas), todos defendendo seus ninhos contra a usurpação por esses indivíduos; o aquecimento dos músculos do tórax antes do primeiro voo matinal; voo curto com entrada no ninho logo em seguida, que provavelmente ou seria para limpeza do ninho ou para defecar; e a pilhagem de outros ninhos que foi registrada 27 vezes durante o período observado (Figura 10A). No ano de 2019, as abelhas claramente apresentaram esse comportamento de pilhagem com mais frequência, havendo inclusive um caso em junho

de 2019, de um indivíduo que nunca foi ao campo e construiu o seu ninho somente pilhando os recursos coletados pelas fêmeas vizinhas.

Após a última coleta de pólen para a provisão de uma célula, a fêmea ovopositava e depois iniciava a construção das partições. Esse momento era percebido quando a fêmea que vinha coletando pólen passou a coletar resina. Em seguida, voltava a coletar pólen, e assim sucessivamente, até iniciar a conclusão do ninho. Após concluir a partição da última célula de cria do ninho, a fêmea constrói, na maioria dos casos, uma estrutura denominada de parede de fechamento (Figura 14). Para a construção dessas estruturas nos ninhos foram registradas 45 viagens para todas as fêmeas, durante o período observado. O fechamento do ninho acontecia nos horários mais quentes do dia (10:00 as 15:00h), dada a maior facilidade de manipulação da resina ou cera (Figura 10A).

Figura 14 - *Epanthidium tigrinum* fechando um ninho-armadilha, com destaque para os materiais utilizados na construção do tampão: resina e fragmentos vegetais, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

Após o fechamento dos ninhos, algumas fêmeas permaneciam ativas e procuravam novas cavidades, e eventualmente algumas dessas fêmeas construía novos ninhos no bloco, e voltavam aos seus ninhos já fechados, inspecionavam com as peças bucais a área do fechamento avaliando o estado da resina e/ou a possível retirada de pequenas porções para a construção dos

novos ninhos. Observou-se também o compartilhamento de recursos entre ninhos construídos simultaneamente por uma mesma fêmea.

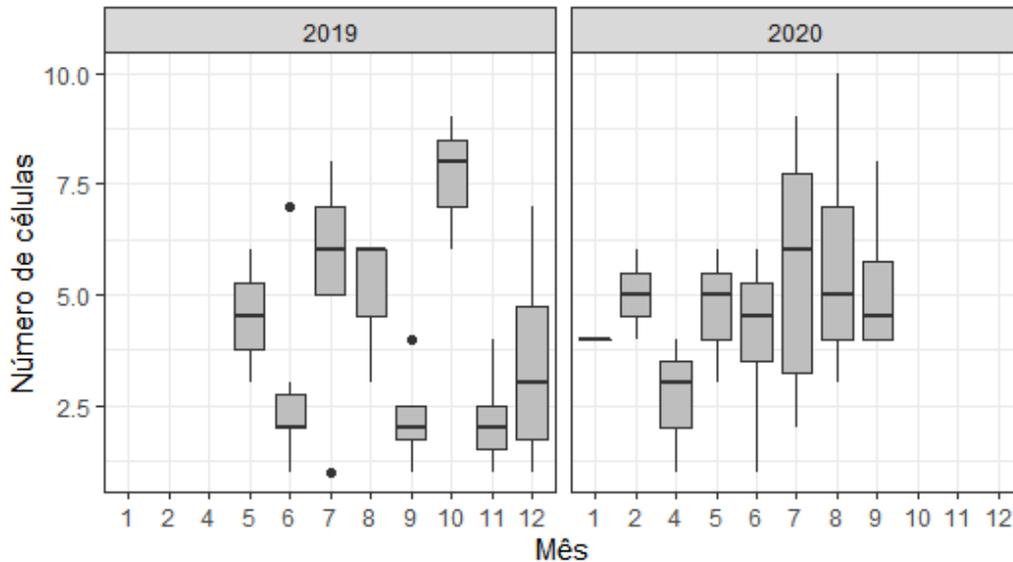
O comportamento de procura por sítio de nidificação foi observado das 09:00 às 16:00h, principalmente no horário das 15:00h. Esse comportamento foi registrado 353 vezes para todo o período observado, visto que as abelhas visitavam dezenas de cavidades para a escolha do NA para nidificação. O final das atividades das abelhas, normalmente acontecia ao entardecer, por volta das 16:00h, embora em uma ocasião uma abelha tenha terminado suas atividades por volta das 17:00h (Figura 10A).

5.3 Parâmetros reprodutivos da abelha *Epanthidium tigrinum*

Durante o período em que foram avaliados os aspectos reprodutivos de fêmeas de *E. tigrinum* (maio de 2019 a setembro de 2020), as abelhas construíram um total de 416 células. O número de células construídas variou significativamente ($X^2= 17,177$; $p = 0,01629$) ao longo dos meses (Figura 15).

Sendo assim, o mês de outubro de 2019 apresentou um número de células por ninho significativamente ($p<0,05$) maior em relação ao mês de novembro. Além disso, o mês de outubro apresentou número de células por ninho marginalmente (isto é, $0,5<p<0,10$) maior que os meses de junho e setembro. Um resultado semelhante foi observado entre os meses de julho e novembro. Pôde-se observar também que *E. tigrinum* apresentou várias gerações por ano, o que demonstra um ciclo de vida multivoltino nas condições ambientais do estudo (Figura 15).

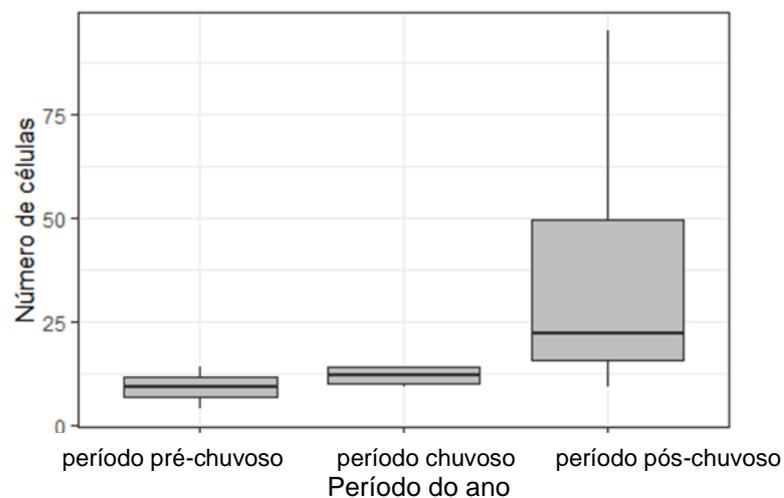
Figura 15 - Boxplot do número de células produzidas por *Epanthidium tigrinum* ao longo de maio/2019 a setembro/2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

Considerando os períodos pré-chuvoso, chuvoso e pós-chuvoso, há uma significativa diferença ($X^2=7,7932$; $p=0,02031$) quanto ao número de células construídas por ninho, com o período após as chuvas apresentando um número de células por ninho significativamente maior que o período anterior às chuvas ($p=0,032$) e que ao período chuvoso ($p=0,026$) (Figura 16).

Figura 16 - Boxplots do número de células produzidas por *Epanthidium tigrinum* no período pré-chuvoso, período chuvoso e período pós-chuvoso, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

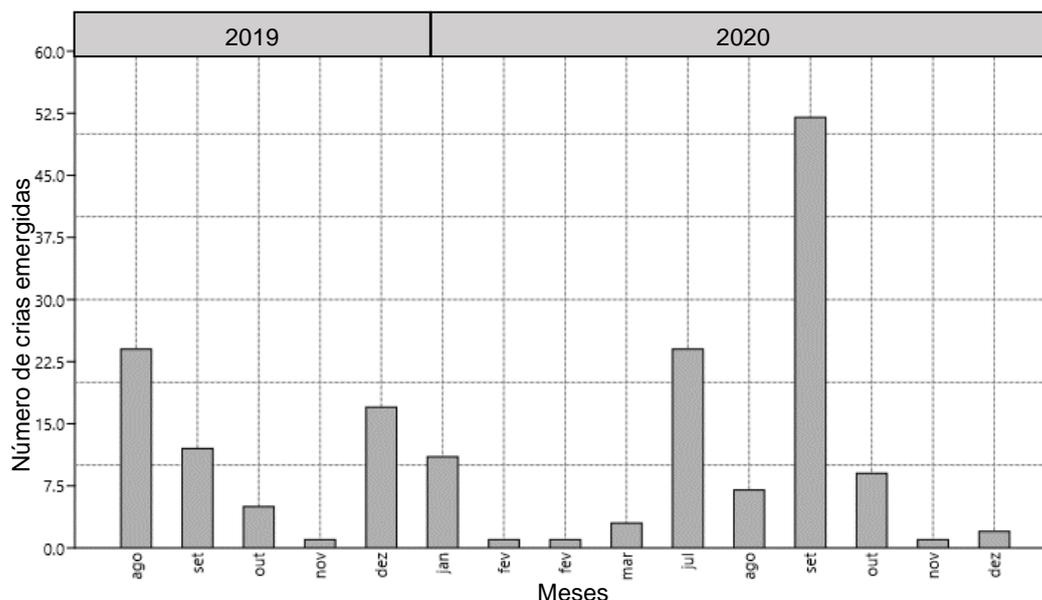


Fonte: elaborada pela autora.

Das 416 células de crias construídas nos ninhos analisados, emergiram 279 adultos de *E. tigrinum*. Destas, 97 emergências foram acompanhadas, das quais 54 eram fêmeas e 43 eram

machos, resultando em uma razão sexual de 1:0,79. O mês que apresentou maior número de emergidos foi setembro de 2020, com 52 indivíduos, seguido por agosto de 2019 e julho de 2020 com 24 adultos emergidos, cada (Figura 17).

Figura 17 - Número de indivíduos emergidos produzidos por *Epanthidium tigrinum* no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

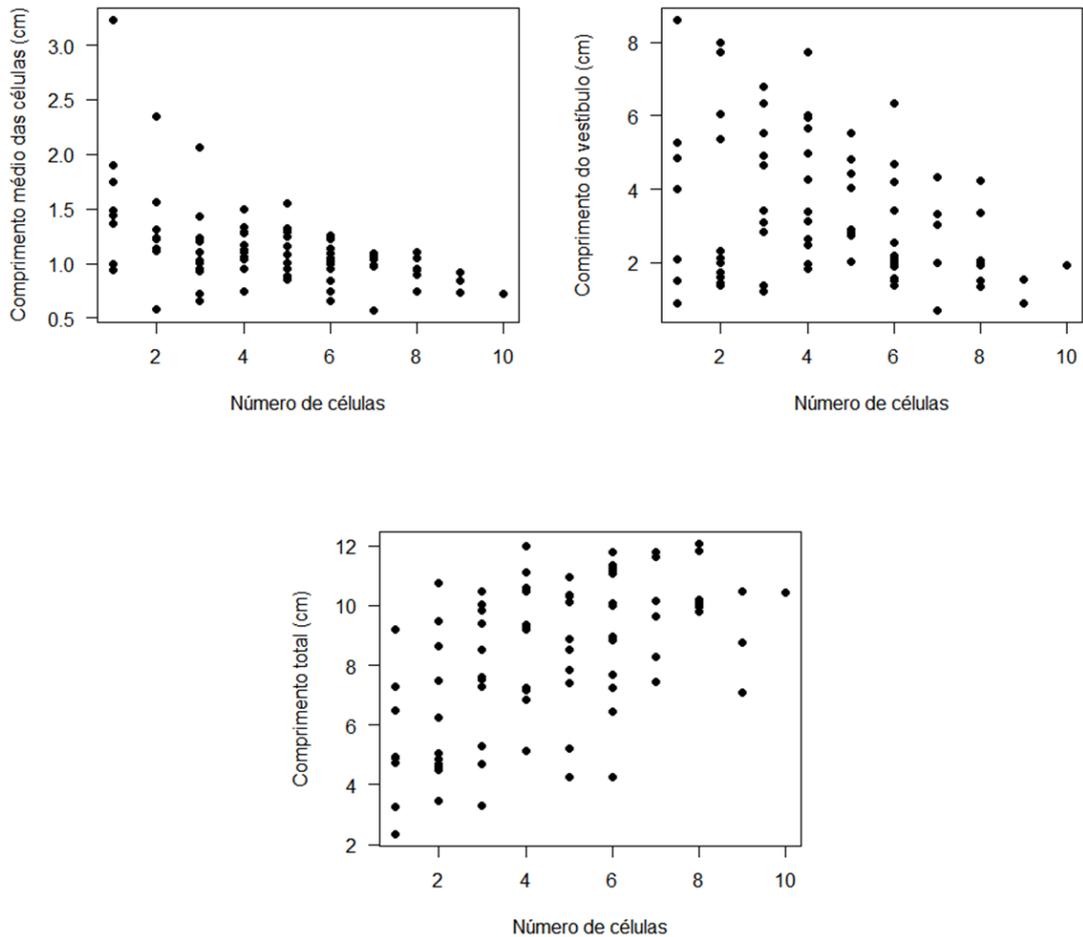
A relação entre o comprimento médio das células, comprimento médio vestibular e comprimento total do ninho com o número de células produzidas foi analisada, podendo ser constatado que o comprimento médio das células, bem como o comprimento vestibular, decresceu com o aumento do número de células construídas por ninho ($p < 0,05$). Por outro lado, o comprimento total do ninho era ampliado à medida que aumentava o número de células por ninho (Tabela 2 e Figura 18).

Tabela 2- Correlações entre o comprimento médio das células, comprimento vestibular das células e comprimento total do ninho com o número de células produzidas por *Epanthidium tigrinum*, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

Correlação	r_s	p valor
Comprimento médio das células <i>versus</i> número de células	-0.4949559	0.000000127
Comprimento vestibular <i>versus</i> número de células	-0.2557473	0.02576
Comprimento total <i>versus</i> número de células	0.53162	0.00000001388

Fonte: elaborada pela autora.

Figura 18 - Gráficos de dispersão do i) Comprimento médio das células *versus* número de células, ii) Comprimento médio vestibular *versus* número de células, e iii) Comprimento total *versus* número de células produzidas por *Epanthidium tigrinum*, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

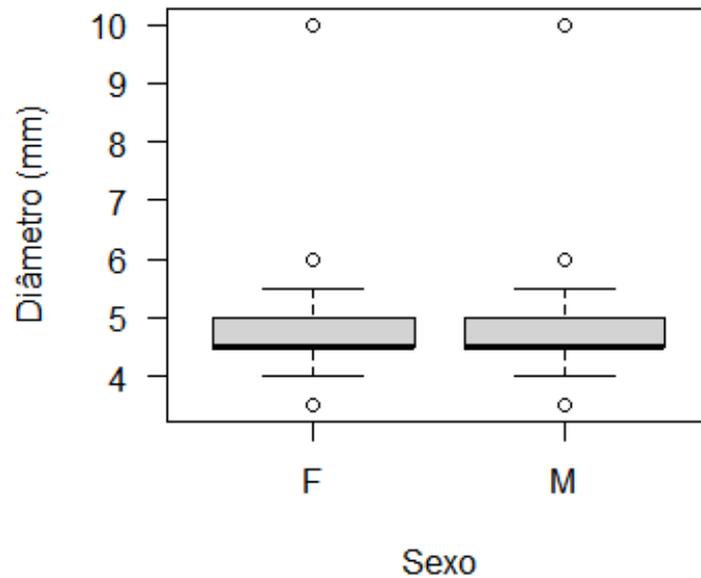
Uma possível influência do diâmetro dos NAs e alguns aspectos da arquitetura interna do ninho (comprimento médio das células; comprimento médio vestibular e comprimento total do ninho) sobre a proporção de machos e fêmeas emergidos foi investigada (Tabela 3). Os resultados mostraram que não existe relação entre as medidas de diâmetro dos ninhos e os aspectos da arquitetura interna do ninho com o sexo das crias de *E. tigrinum* (Figura 19 e 20).

Tabela 3 - Relação entre a emergência de crias machos e fêmeas de *Epanthidium tigrinum* com aspectos da arquitetura interna do ninho, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

Medidas	Sexo	χ^2	<i>p</i>
Comprimento total	Fêmea	4,7138	0,194
	Macho	1,9517	0,3769
Comprimento vestibular	Fêmea	5,2708	0,153
	Macho	1,2648	0,5313
Comprimento médio	Fêmea	3,1766	0,3652
	Macho	1,9216	0,3826

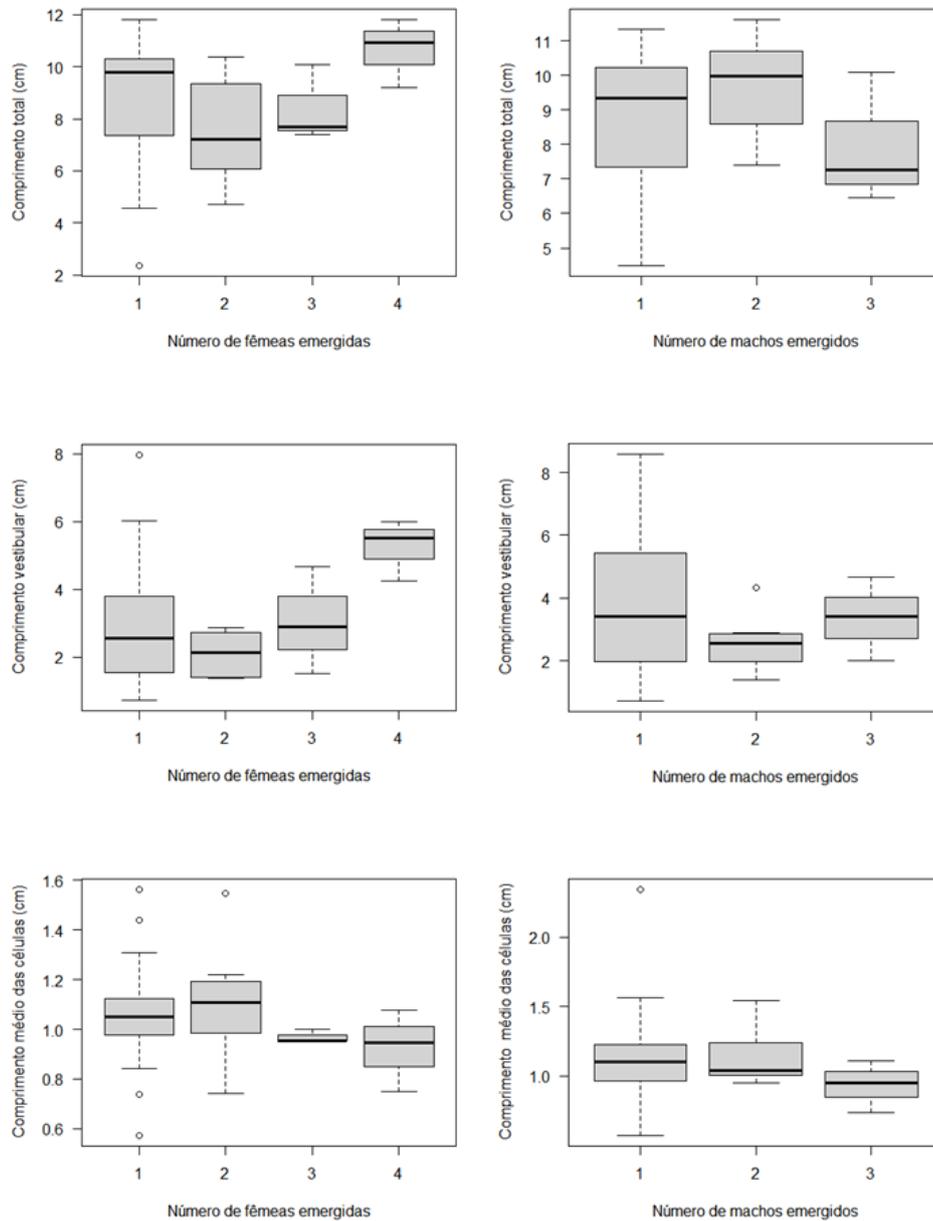
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 19 - Boxplot para a proporção de machos (M) e fêmeas (F) de *Epanthidium tigrinum* por classe de diâmetro, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

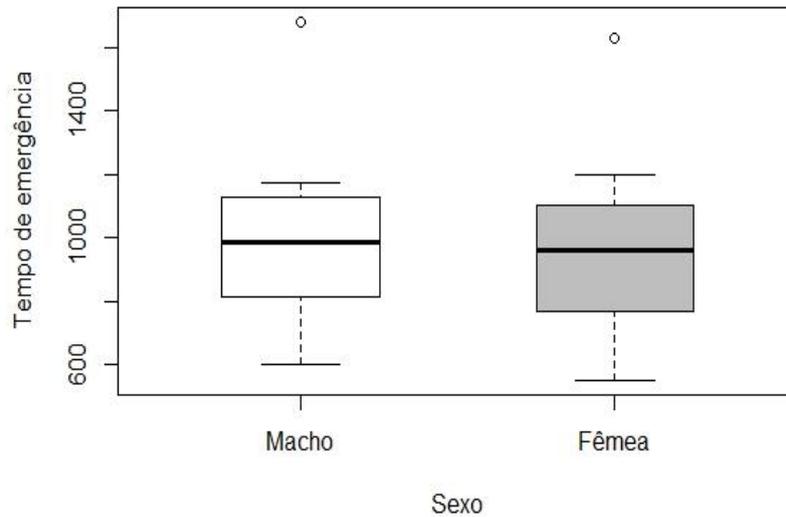
Figura 20 - Boxplots dos comprimentos total, vestibular e médio das células em relação ao número de fêmeas e machos emergidos de *Epanthidium tigrinum*, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

O tempo médio, em horas, para a emergência das crias foi de 989 horas para machos e 956 para fêmeas, não havendo diferença significativa ($t = 0,295$; $p=0,77$) no tempo de emergência dos sexos (Figura 21).

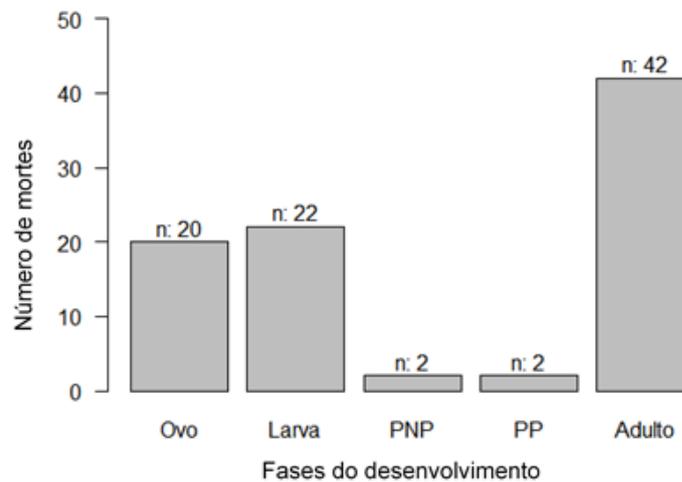
Figura 21 - Boxplot do tempo de emergência (em horas) de acordo com o sexo das crias de *Epanthidium tigrinum*, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

Em relação ao número de indivíduos não emergidos, observou-se que foram 84, resultando em uma taxa de mortalidade de 22,72% (n=363). As mortes dos indivíduos aconteceram tanto por falhas de desenvolvimentos nas fases iniciais e pré-emergência, como também variações naturais nas condições climáticas do ambiente do berçário. A mortalidade não ocorreu de modo homogêneo entre as fases de desenvolvimento ($X^2=62,91$; $p<-1$), com a maioria das mortes ocorrendo na fase adulto pré-emergente (Figura 22).

Figura 22 - Número de mortes ao longo das fases de desenvolvimento: ovo; larva; pupa não pigmentada (PNP); pupa pigmentada (PP) e adultos pré emergentes da espécie *Epanthidium tigrinum*, no período de maio de 2019 a setembro de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

Não houve casos de ninhos parasitados, no entanto, os ninhos ativos foram atacados por formigas em três ocasiões. As fêmeas lidaram com esses ataques, colocando resina nas saídas dos ninhos e no interior perto das saídas, de forma que esses inimigos ficaram presos à resina e não causaram danos maiores (Figura 23).

Os ninhos que foram construídos simultaneamente por algumas fêmeas ($n=5$), produziram 42 células, com uma média de $4,2 \pm 1,47$ células por ninho, onde emergiram 30 indivíduos e 12 não conseguiram completar o desenvolvimento.

Figura 23 - *Epanthidium tigrinum* depositando resina na saída do ninho durante uma invasão de formigas (A) e detalhe do ninho-armadilha BV145 revelando a presença de restos mortais de formigas presos a resina (B), no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

5.4 Arquitetura interna dos ninhos

Um total de 86 ninhos foram analisados e suas principais estruturas internas foram medidas e descritas (Tabela 4).

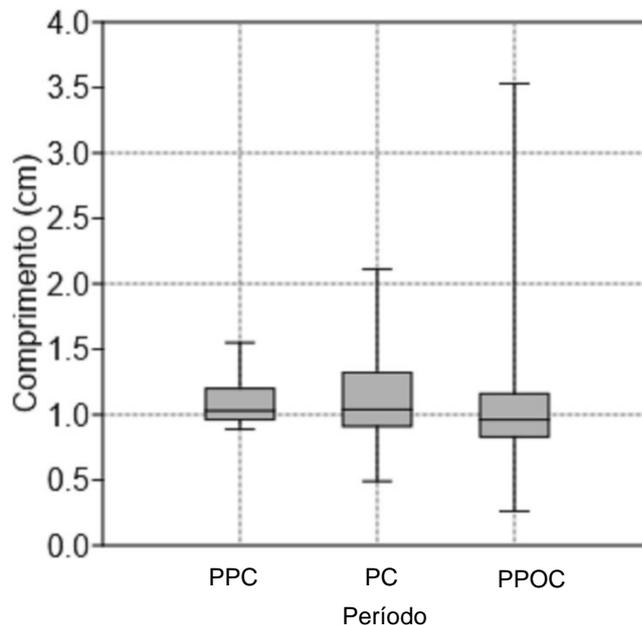
No que se refere a estrutura de todos os ninhos obtidos, o número de células por ninho variou de 1 a 10 ($n=86$). O comprimento dessas células variou de 0,26 a 3,53 cm e, a média geral do comprimento das células de crias foi de $1,05 \pm 0,41$ cm (Tabela 4). O comprimento médio das células, quando analisado em relação a sazonalidade, demonstrou que as células são significativamente menores na pós-estação chuvosa ($X^2=8,471$; $p < 0,05$) (Figura 24).

Tabela 4 - Medidas (cm) das principais estruturas internas dos ninhos de *Epanthidium tigrinum*, coletados em ninhos-armadilha, no período de maio/2019 a setembro/2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

Estrutura do ninho	N	Varição	Média ± dv
Comprimento total do ninho	86	2,35-12,07	8,27 ± 2,52
Comprimento das células de cria			
1ª célula	86	0,26-3,23	1,10 ± 0,38
2ª célula	78	0,54-3,4	1,11 ± 0,47
3ª célula	66	0,53-1,99	1,04 ± 0,28
4ª célula	66	0,53-1,99	1,00 ± 0,28
5ª célula	42	0,4-3,53	0,93 ± 0,61
6ª célula	31	0,57-1,71	0,92 ± 0,21
7ª célula	16	0,35-2,2	0,95 ± 0,38
8ª célula	16	0,53-1,42	0,90 ± 0,23
9ª célula	4	0,61-0,77	0,70 ± 0,06
10ª célula	1	0,79	0,79
Comprimento da célula vestibular	76	0,71-8,6	3,37 ± 1,92
Espessura da parede inicial	13	0,05-1,08	0,39 ± 0,35
Espessura da parede de fechamento	19	0,07-0,86	0,37 ± 0,27

Fonte: elaborada pela autora.

Figura 24 - Boxplots do comprimento médio de células dos ninhos de *Epanthidium tigrinum*, para o período pré-chuvoso (PPC), período chuvoso (PC) e período pós-chuvoso (PPOC), no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



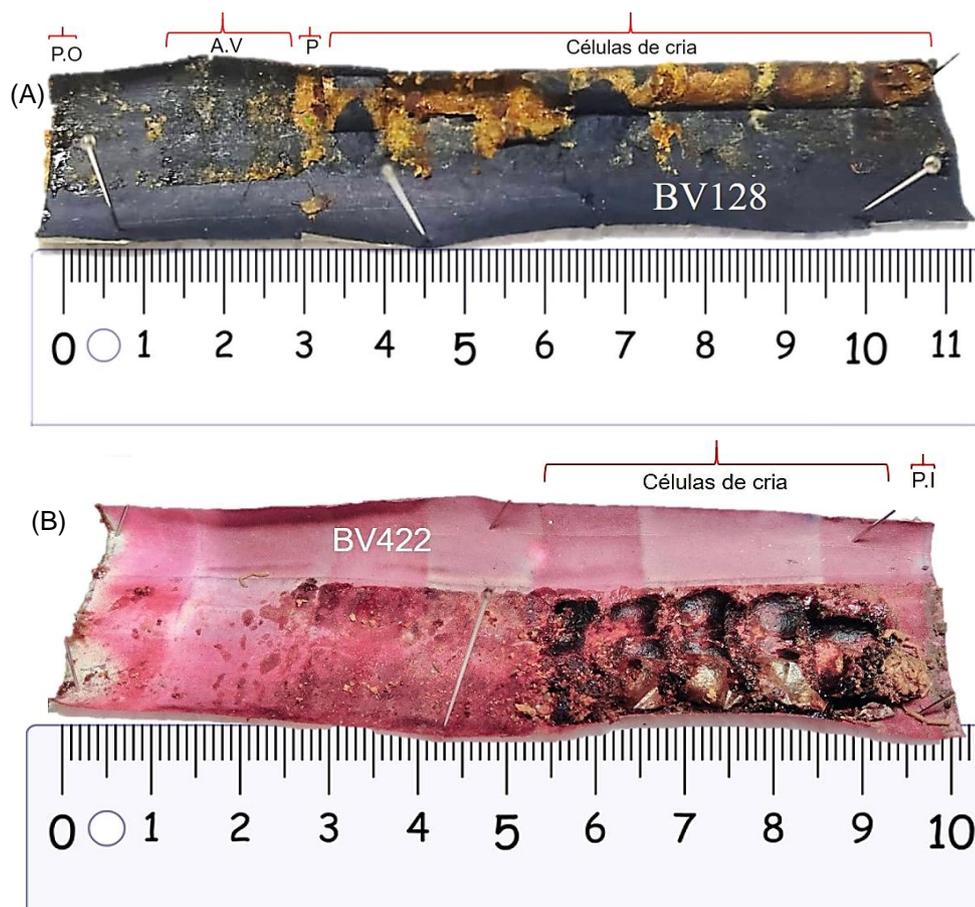
Fonte: elaborada pela autora

De maneira geral, o ninho de *E. tigrinum* constitui-se de uma série linear de células que podem ser orientadas horizontalmente (Figura 25A) ou transversalmente (Figura 25B) na cavidade e separadas por paredes (partições). Inicialmente todas as células de *E. tigrinum* possuíam uma arquitetura semelhante (células horizontais), no entanto, à medida que as abelhas

começaram a ocupar com mais frequência cavidades com diâmetros maiores (0,5 a 1 cm), eventualmente observou-se a construção de células transversais. Esse tipo de arquitetura foi observado em ninhos com diâmetro de 0,45 a 1 cm, e foi utilizada com mais frequência no diâmetro de 0,55 cm (Figura 26).

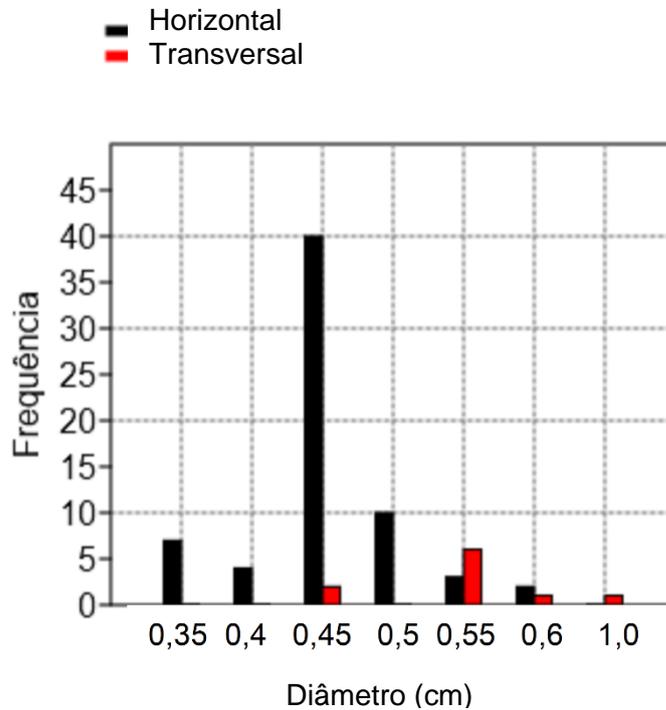
O número médio de células por ninho referente a arquitetura transversal foi de $5,7 \pm 2,21$ células, enquanto que para a arquitetura linear foi de $4,44 \pm 2,25$ células. No entanto, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o número médio de células por tipo de arquitetura utilizada. A única observação de dez células em um ninho ocorreu quando foi utilizada a arquitetura transversal. No entanto, a arquitetura do tipo horizontal ($n=77$) foi significativamente mais empregada em relação ao tipo transversal ($n=9$) ($X^2=53,767$; $p < 0,01$).

Figura 25 - Arquitetura interna dos ninhos de *Epanthidium tigrinum* evidenciando as células de cria orientadas horizontalmente (A) e transversalmente (B); as partições (P); a área vestibular (AV); a parede do opérculo (PO) e a parede inicial (PI), coletados no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora

Figura 26 - Frequência dos tipos de orientações das células de crias (horizontal e transversal) de *Epanthidium tigrinum* em relação ao uso das classes de diâmetros das cavidades, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

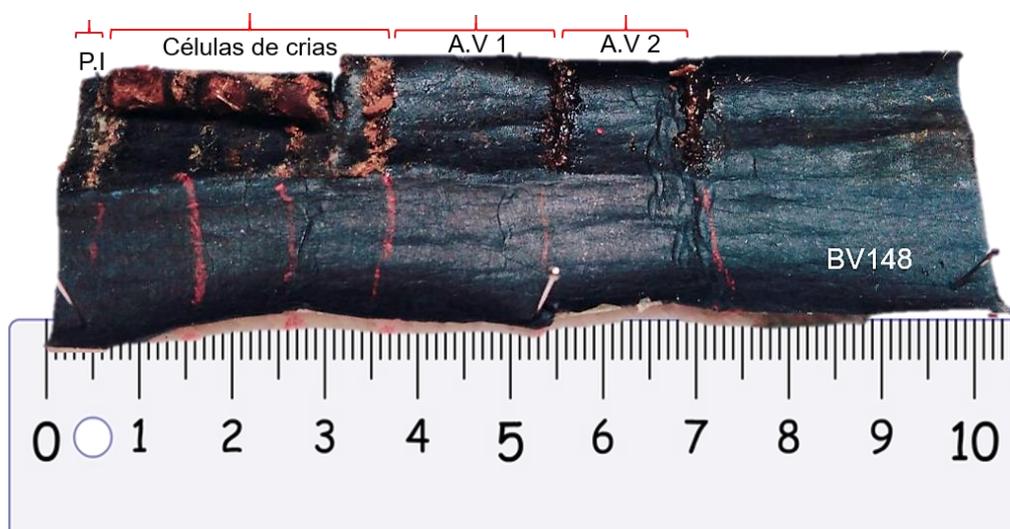


Fonte: elaborada pela autora.

O espaço que foi ocupado efetivamente pelo ninho variou entre 2,35 e 12,37 cm e teve comprimento médio de $8,27 \pm 2,52$ cm. Essa variação no tamanho das células ocorre dentro do próprio ninho, de forma que o comprimento médio das primeiras células confeccionadas, no fundo do ninho, era maior do que o das células posteriores, que ficavam mais próximas à saída do ninho (Tabela 3).

A presença de células vestibulares (célula vazia entre a parede do fechamento do ninho e a última célula aprovionada) foi registrada em 89,53% dos ninhos analisados, podendo estar presente em alguns casos até duas vezes no mesmo ninho ($n=3$) (Figura 27). O comprimento médio das células vestibulares foi de $3,37 \pm 1,92$ cm, e variou de 0,71 a 8,6 cm (Tabela 3).

Figura 27 - Arquitetura interna de um ninho de *Epanthidium tigrinum* evidenciando a presença de duas áreas vestibulares (A.V.1; A.V.2), coletado no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

Quando a última célula era concluída, as abelhas geralmente construíam uma parede na entrada do ninho, denominado de parede de fechamento. Essa parede esteve presente em 61,84% dos ninhos coletados. A espessura da parede de fechamento variou de 0,07 a 0,86 cm (Tabela 3).

Os casulos possuíam um formato cilíndrico e uma textura lisa, sendo compostos por um material frágil e translúcido semelhante ao celofane, com uma espessura fina, sendo a porção basal (extremidade posterior) mais escurecida, com uma coloração amarronzada, devido a presença de fezes (Figura 25 e 27).

5.5 Análise do nicho polínico de *Epanthidium tigrinum*

As análises cropalinológicas demonstraram que *E. tigrinum* coletou 24 tipos polínicos, pertencentes a 12 famílias botânicas, distribuídas em 22 gêneros, 23 espécies e um tipo indeterminado, apresentados na Figura 28. Os tipos de hábitos das plantas utilizadas por *E. tigrinum* para a coleta de pólen contou com ervas (41,66%), árvores (33,33%), arbustos (12,5%) e lianas (12,5%). Os meses com maiores riquezas de tipos polínicos foram novembro ($S'=16$) e julho, setembro, outubro e dezembro do ano de 2019 ($S'=15$) (Tabela 5).

As fêmeas de *E. tigrinum* visitaram várias fontes poliníferas, com destaque para espécies das famílias Fabaceae e Malpighiaceae que corresponderam juntas a 78,29% do número de grãos de pólen nas amostras, durante o período deste estudo. Fabaceae foi

representada por cinco tipos polínicos distintos enquanto que Malpighiaceae por três tipos. Outras famílias botânicas que tiveram indivíduos recebendo visitas de *E. tigrinum* com certa frequência, foram Bignoniaceae (5,26%), Anacardiaceae (4,59%), Euphorbiaceae (3,54%) e Onagraceae (2,99%) (Tabela 5).

Em relação a participação no total do pólen coletado, as espécies *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) e *Vigna unguiculata* (Fabaceae), corresponderam a 35,50% e 30,84% das amostras, respectivamente, sendo classificadas como pólen acessório. Os tipos *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth, *Anacardium occidentale* L., *Bunchosia aff. acuminata* Dobson e *Dalechampia scandens* L. foram utilizados para complementar a dieta e corresponderam juntos a 24,59% de todo o pólen coletado. Os demais tipos foram classificados como ocasionais, com representatividade muito baixa (Tabela 5). O tipo polínico mais frequente nas amostras foi o Tipo *B. crassifolia*, apresentando-se como pólen dominante (julho/2019; abril a julho de 2020), pólen acessório e eventualmente como isolado importante e ocasional (Tabela 5). O segundo tipo mais frequente foi *V. unguiculata*, também se apresentando como pólen dominante (junho a outubro de 2019), acessório e ocasionalmente, como isolado importante e ocasional. *Dalechampia scandens* também participou na composição da dieta das abelhas como fonte dominante, só que durante os meses de janeiro e fevereiro de 2020 (Tabela 5). De uma maneira geral, analisando-se os tipos polínicos na dieta das larvas ao longo dos meses, oito fontes fornecedoras de pólen se mostraram mais importantes para *E. tigrinum*, enquanto que a maior parte das demais espécies vegetais que contribuíram com pólen foram classificadas como isoladas e/ou ocasionais (participação <15%).

Tabela 5 - Frequência relativa dos tipos polínicos (espécies) utilizados na dieta dos imaturos de *Epanthidium tigrinum* durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

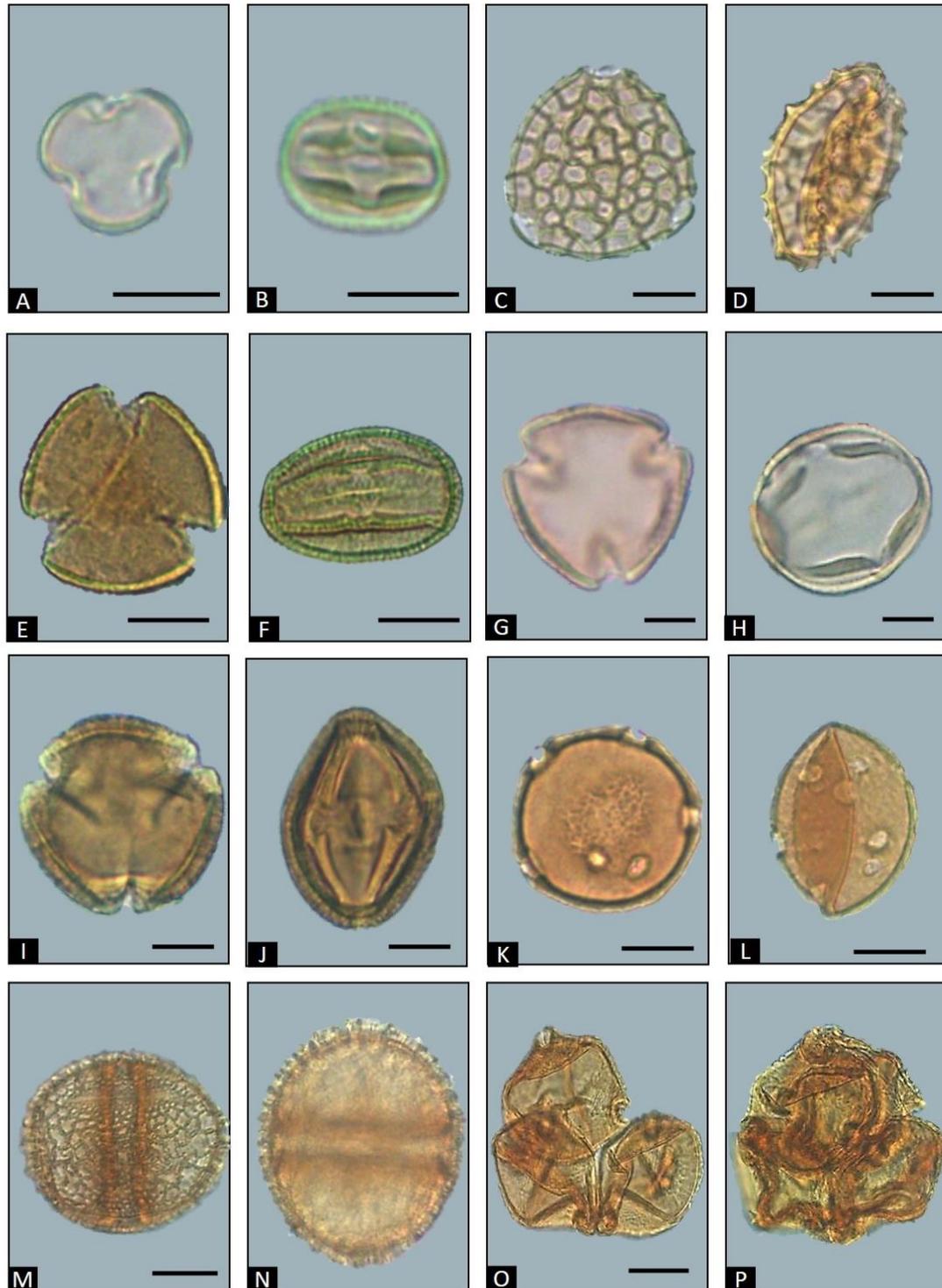
Família	Espécie/tipo	2019					2020					Abundância total				
		Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev		Abr	Maio	Jun	Jul
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	21,20	6,81	3,70	0,54	5,62	4,20	13,68	2,30	-	0,49	-	0,63	0,44	-	4,59
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	10,87	0,71	0,30	0,07	-	1,97	0,54	-	-	-	0,16	-	-	-	0,71
Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	0,30	0,34	0,42	1,00	0,12	1,97	1,31	0,57	-	-	-	-	0,08	0,26	0,50
	<i>Vernonanthura brasiliiana</i> (L.) H.Rob.	-	0,11	0,11	0,37	0,22	0,10	1,73	0,07	-	-	0,68	3,34	-	-	0,50
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. Ex Kunth	-	-	5,24	1,62	0,67	12,18	8,89	41,42	-	-	-	-	-	0,52	5,26
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	-	-	2,57	-	1,10	-	1,14	-	-	-	3,38	-	-	-	0,81
Euphorbiaceae	<i>Dalechampia scandens</i> L.	0,12	0,26	0,91	0,54	1,46	4,09	0,14	0,25	59,29	47,06	5,01	8,52	-	2,86	3,54
Fabaceae	<i>Dioclea grandiflora</i> Mart. ex Benth	-	-	-	-	-	0,16	1,28	0,07	1,50	-	-	0,08	-	-	0,17
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	6,38	3,94	9,85	3,21	0,57	8,96	18,79	22,82	-	12,09	0,76	0,29	1,08	-	6,92
	<i>Mimosa caesalpiniifolia</i> Benth	-	-	0,22	-	0,07	0,57	1,38	-	-	1,23	-	0,13	0,11	-	0,26
	<i>Mimosa candollei</i> R. Grether	6,74	-	-	-	-	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-	0,28
	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	16,59	36,24	51,17	78,04	71,03	56,06	10,62	2,05	-	2,12	-	0,13	0,15	1,43	30,84

Tabela 5 - Continuação: Frequência relativa dos tipos polínicos (espécies) utilizados na dieta dos imaturos de *Epanthidium tigrinum* durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

Família	Espécie/tipo	2019										2020			Abundância total	
		Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Abr	Maio	Jun		Jul
Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.	4,80	1,46	1,18	3,79	0,14	1,14	2,36	-	-	0,49	-	0,08	-	-	1,22
	Tipo Lamiaceae 1	-	-	-	-	-	-	-	0,71	0,38	0,16	-	-	-	-	0,06
Malpighiaceae	<i>Bunchosia acuminata</i> aff. Dobson	-	3,47	-	0,86	2,63	0,05	18,70	0,32	0,38	0,49	6,72	13,58	3,72	0,39	4,28
	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	32,44	46,22	23,14	9,87	14,67	5,13	17,55	25,96	0,38	14,79	57,47	66,12	90,70	88,83	35,50
	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	0,55	-	0,08	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04
Malvaceae	<i>Sida rubifolia</i> A.St.-Hil.	-	-	-	-	0,05	-	-	0,14	0,38	-	-	-	-	-	0,02
	<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,78	4,68	0,29
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,25	-	1,04	0,09
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,94	-	0,22
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	-	0,45	0,99	0,05	1,10	-	0,19	1,59	28,52	19,53	25,64	1,50	-	-	2,99
Portulacaceae	<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd.)	-	-	-	-	-	-	-	-	7,88	1,14	-	4,34	-	-	0,38
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	-	-	0,11	0,05	0,55	3,32	1,70	1,56	1,31	0,41	0,20	-	-	-	0,55
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Taxa_S'		10	11	15	13	15	15	16	15	9	12	9	13	9	8	

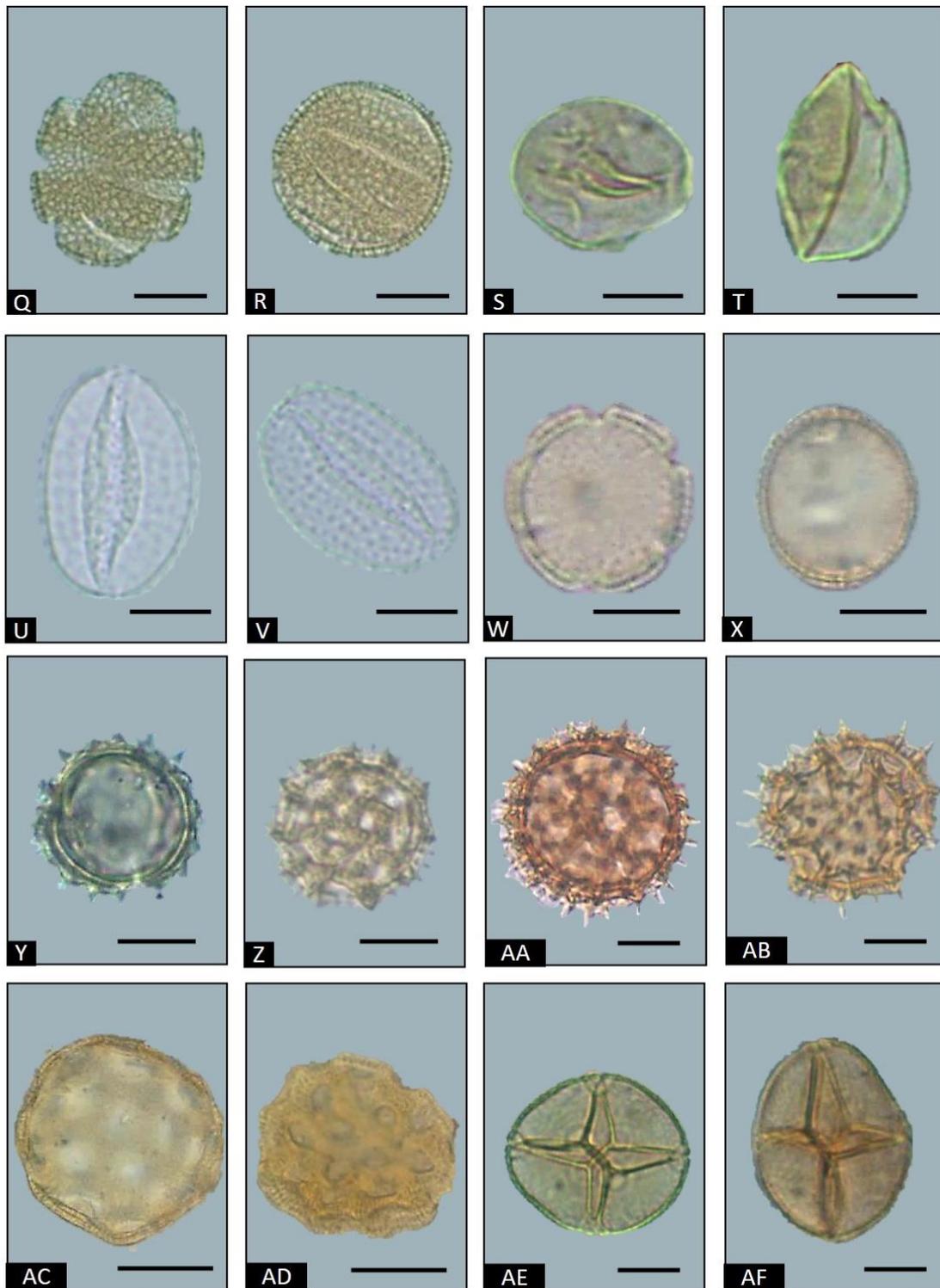
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 28 - Fotomicrografias dos grãos de pólen das espécies que participaram da dieta dos imaturos de *Epanthidium tigrinum* durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará. *Byrsonima crassifolia* (A, B); *Vigna unguiculata* (C, D); *Leucaena leucocephala* (E, F); *Tecoma stans* (G, H); *Anacardium occidentale* (I, J); *Bunchosia aff. acuminata* (K, L); *Dalechampia scandens* (M, N); *Ludwigia octovalvis* (O, P). Aumento de 40x.



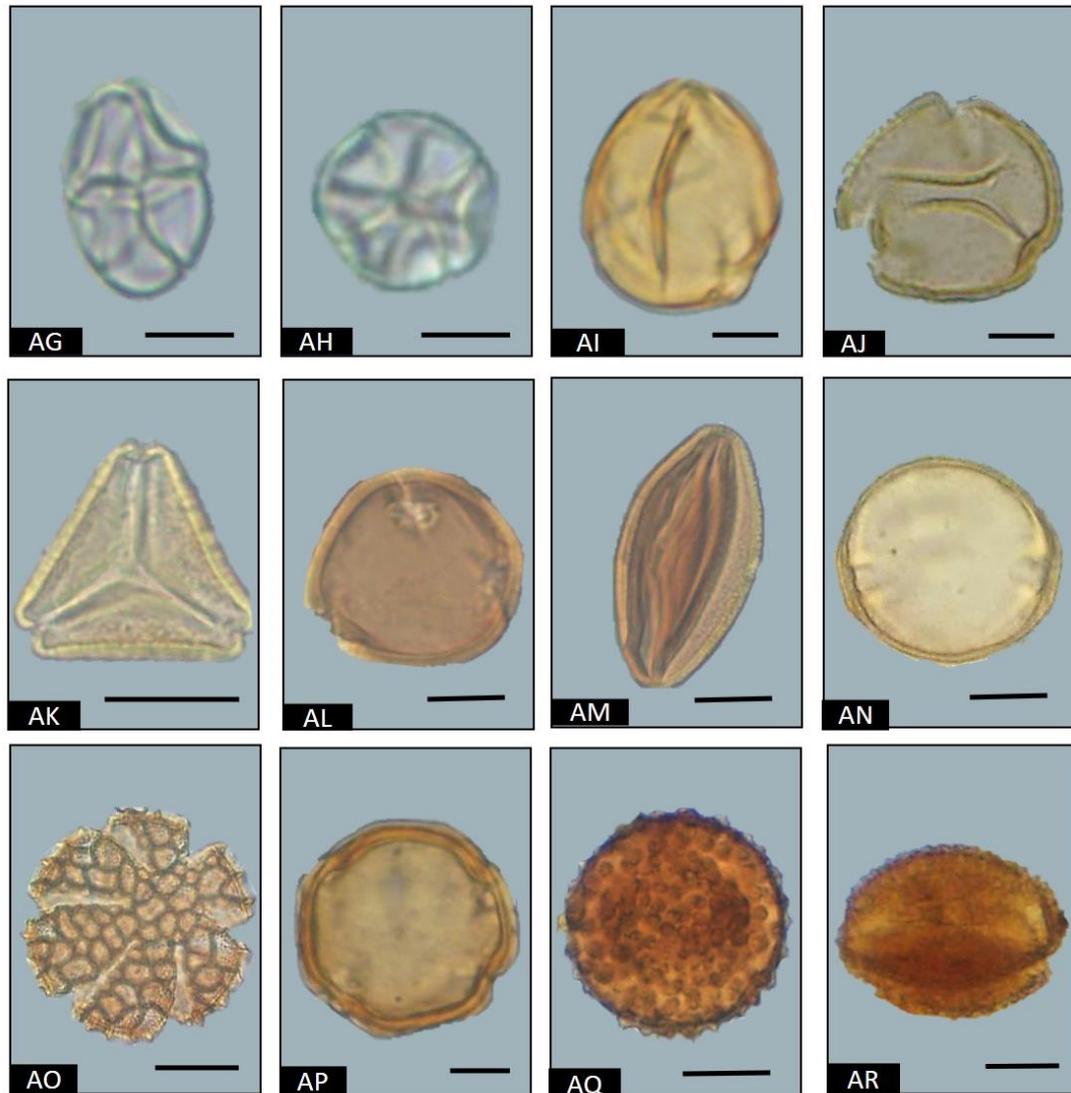
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 28 - Continuação: Fotomicrografias dos grãos de pólen das espécies que participaram da dieta dos imaturos de *Epanthidium tigrinum* durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará. *Hyptis suaveolen* (Q, R); *Cocos nucifera* (S, T); *Commelina erecta* (U, V); *Borreria verticillata* (W, X); *Vernonanthura brasiliana* (Y, Z); *Emilia sonchifolia* (AA, AB); *Talinum triangulare* (AC, AD); *Mimosa candollei* (AE, AF). Aumento de 40x.



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 28 - Continuação: Fotomicrografias dos grãos de pólen das espécies que participaram da dieta dos imaturos de *Epanthidium tigrinum* durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará. *Mimosa caesalpiniiifolia* (AG, AH); *Triumfetta rhomboidea* (AI, AJ); *Eucalyptus* sp. (AK); *Dioclea grandiflora* (AL, AM); *Moringa oleifera* (AN); Tipo Lamiaceae 1 (AO); *Malpighia emarginata* (AP); *Sida rubifolia* (AQ, AR). Aumento de 40x.



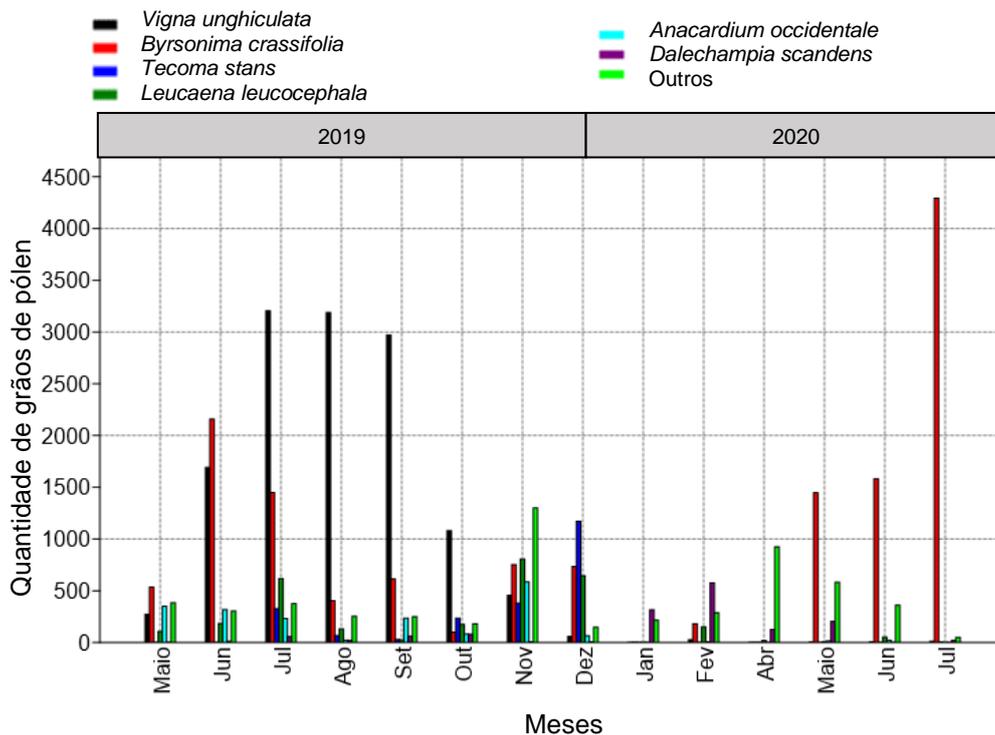
Fonte: elaborada pela autora.

Em relação a abundancia dos tipos polínicos presentes nas amostras durante o período pré-chuvoso, as espécies mais representativas foram *Tecoma stans* com cerca de 1300 grãos de pólen contabilizados nas lâminas das amostras do mês de dezembro de 2019 e *Dalechampia scandens* com aproximadamente 500 grãos de pólen amostrados para o mês de janeiro de 2020. Para o período chuvoso as espécies mais frequentes na dieta das abelhas foram *D. scandens* nos meses de fevereiro e abril de 2020 (aproximadamente 700 e 150 grãos de pólen, respectivamente) e *Byrsonima crassifolia* nos meses de maio de 2019 e maio de 2020 (aproximadamente 500 e 1500 grãos de pólen, respectivamente), *Anacardium occidentale*

também foi importante na composição da dieta das abelhas no mês de maio de 2019 (cerca de 400 grãos de pólen) (Figura 29).

No período pós-chuvoso o número de tipos polínicos foi maior quando comparados com o período pré-chuvoso e a período chuvoso (Tabela 5). As espécies mais representativas foram *Vigna unguiculata*, no qual foram contabilizados cerca de 3000 grãos de pólen por mês nas amostras dos meses de julho a setembro de 2019; o tipo *B. crassifolia*, onde foram contabilizados cerca de 1500 grãos de pólen por mês nas amostras dos meses de junho e julho de 2019, sendo esse tipo também responsável por uma dieta monofloral nos meses de junho e julho de 2020 (cerca de 1500 e 4500 grãos de pólen, respectivamente), e o tipo *Leucaena leucocephala* que demonstrou uma abundância de cerca de 800 grãos de pólen nas amostras do mês de novembro de 2019 (Figura 29).

Figura 29 - Frequência absoluta dos principais tipos de pólen presentes nas amostras cropopalinológicas das crias de *Epanthidium tigrinum*, durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



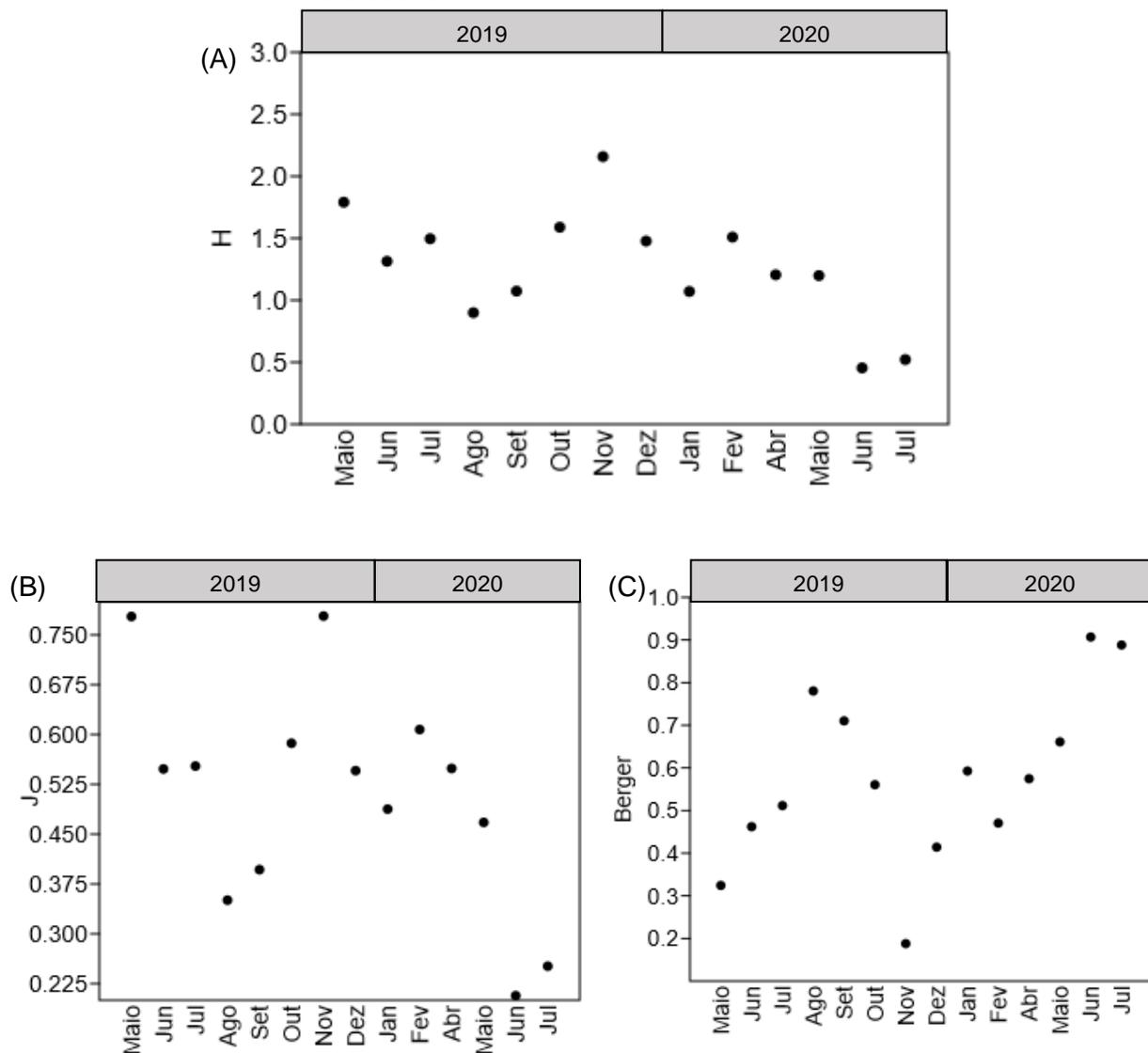
Fonte: elaborada pela autora.

A amplitude do nicho, dada pelo índice de Shannon (H'), indicou que no mês de novembro de 2019, *E. tigrinum* fez uma coleta mais extensa e diversificada ($H' = 2,158$) e que os demais meses apresentaram valores menores, mas similares entre si, exceto os meses de

junho ($H'=0,454$) e julho ($H'=0,522$) de 2020, onde as fêmeas utilizaram apenas 9 e 8 tipos polínicos, respectivamente (Figura 30A).

A análise de equitatividade (J') indica que *E. tigrinum* teve preferência por alguns recursos. Uma vez que foi observada a presença de espécies dominantes em sua dieta, que é refletida pelos valores relativamente baixos do índice de Pielou ($<0,5$), na maioria dos meses, especialmente nos meses de junho ($J'=0,207$) e julho ($J'=0,251$) de 2020. Por sua vez, a dominância (D') na utilização de *B. crassifolia* e *V. unguiculata* na dieta, é refletida nos valores relativamente altos ($>0,5$) do índice de Berger-Parker exibidos na maioria dos meses, especialmente nos meses de junho ($D'=0,907$) e julho ($D'=0,888$) de 2020 (Figura 30B e C).

Figura 30 - Amplitude do nicho polínico (H') (A), Equitatividade (J') (B) e Dominância de Berger-Parker (D') (C) dos tipos polínicos usados por *Epanthidium tigrinum*, durante o período de maio de 2019 a julho de 2020, no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

Redes de interações tróficas foram representadas como grafos bipartidos, demonstrando as relações dos períodos amostrados quanto a dieta com as plantas coletadas, e aquelas compartilhadas por todos os períodos estudados (Figura 31).

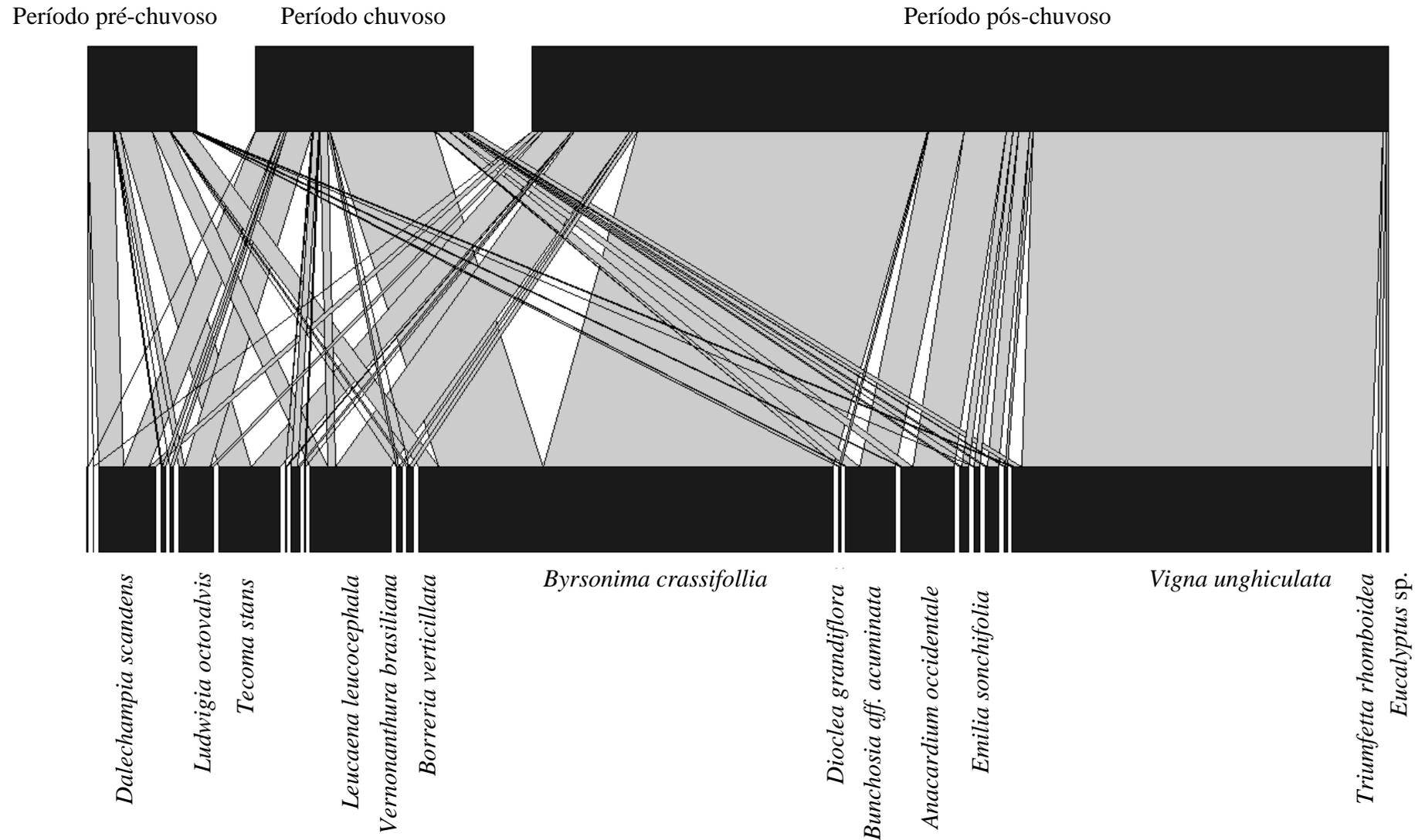
Dos 24 tipos polínicos identificados, 11 tipos foram compartilhados pelos três períodos estudados (*B. crassifolia*, *V. unguiculata*, *L. leucocephala*, *D. scandens*, *A. occidentale*, *Bunchosia aff. acuminata*, *L. octovalvis*, *Borreria verticillata*, *Vernonanthura brasiliensis*, *Emilia sonchifolia* e *Dioclea grandiflora*). Para o período pré-chuvoso e período chuvoso não houve tipos polínicos exclusivos, enquanto que para a período chuvoso dois tipos foram exclusivos (*Triumfetta rhomboidea* e *Eucalyptus* sp.) (Figura 31).

No período pós-chuvoso as abelhas estabeleceram mais interações quando comparadas com o período pré-chuvoso e o período chuvoso (Figura 31). O tipo *V. unguiculata* esteve presente em maiores proporções apenas no período pós-chuvoso e o tipo *B. crassifolia* manteve maiores proporções de interações com o período pós-chuvoso e foi o tipo polínico que estabeleceu maiores proporções com o período chuvoso. No mês de junho de 2020 a abelha demonstrou uma "especialização temporária", que ocorre quando um tipo polínico apresenta frequência mínima de 90% em relação ao total coletado (RAMALHO *et al.*, 1985) (Tabela 5). Para o período pré-chuvoso, as maiores interações foram estabelecidas com os tipos *Tecoma stans* e *D. scandens* (Figura 31).

Para os três períodos analisados quanto a dieta de *E. tigrinum*, nos dois anos, as métricas demonstraram uma conectância de 79,16%, com o grau de aninhamento para a presença e ausência dos tipos polínicos no modelo nulo ER (NODF = 56,05) e CE (NODF = 56,73) não significativos ($p=0,36$ e $p=0,45$; respectivamente) (a significância foi obtida a partir da construção de 1000 matrizes aleatórias para os dois modelos).

As métricas de rede demonstraram uma alta conectância, onde ocorreram 45 das 57 interações possíveis, mas um alto grau de aninhamento não significativo, entre os períodos analisados e as plantas utilizadas como recursos polínicos por *E. tigrinum*.

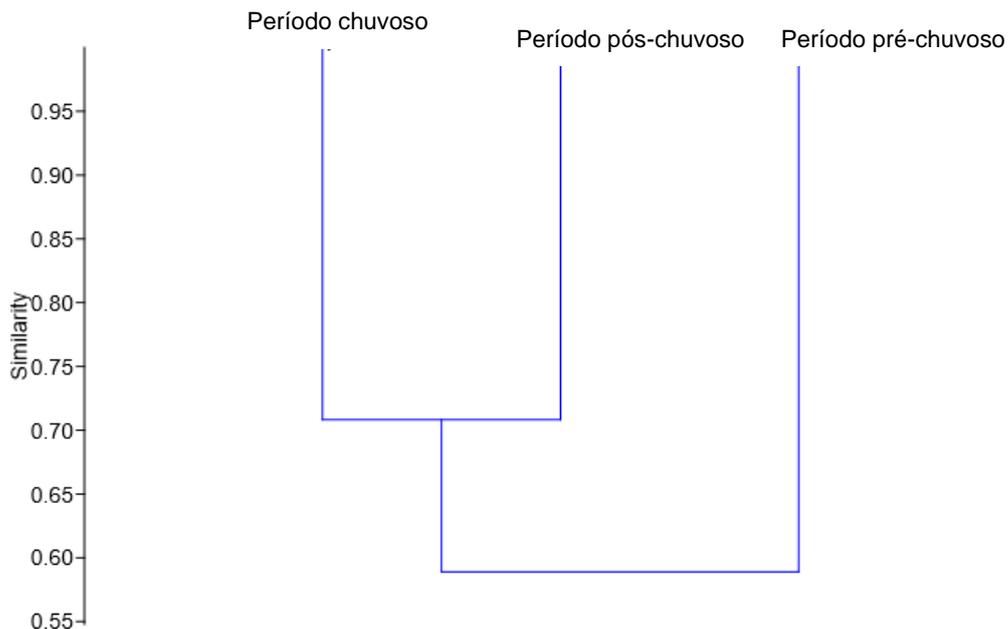
Figura 31 - Gráfico bipartido mostrando a proporção de interações tróficas entre período pré-chuvoso, período chuvoso e período pós-chuvoso (2019 a 2020) e os principais tipos de pólen presentes nas amostras cropalinológicas das crias de *Epanthidium tigrinum*, coletadas no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

A análise de agrupamento gerou dois grupos diferentes com base na similaridade dos tipos de pólen utilizados na dieta de *E. tigrinum* entre os períodos. O pólen coletado mostrou uma elevada semelhança entre os períodos, com uma similaridade mínima de aproximadamente 57% (correlação cofenética=0,8241) (Figura 32). No grupo formado pelo período chuvoso e período pós-chuvoso foram utilizadas principalmente as fontes de pólen de *B. crassifolia* e *V. unguiculata*. O grupo formado pelo período pré-chuvoso foi agrupado por não ter utilizado as fontes de pólen principais (*V. unguiculata* e *B. crassifolia*), e por utilizar *D. scandens*, *L. octovalvis*, *L. leucocephala* e *T. stans* como recursos principais, e diferenciando do outro grupo (Figura 32).

Figura 32 - Análise de agrupamento da utilização de recursos polínicos coletados por *Epanthidium tigrinum* no período pré-chuvoso, período chuvoso e período pós-chuvoso (2019 a 2020), de acordo com a similaridade do tipo de pólen, com base na similaridade de Jaccard, utilizando o método de grupo pareado (UPGMA).



Fonte: elaborada pela autora

Por fim, a análise da relação entre o percentual de *Vigna unguiculata* e *Byrsonima crassifolia* na dieta, as métricas de diversidade e as variáveis climáticas com o número de ninhos e células produzidas, demonstraram uma correlação positiva entre o número de ninhos com a participação de *B. crassifolia* na dieta e correlações negativas entre a temperatura máxima com

a produção de células de crias e entre a temperatura mínima *versus* o número de ninhos (Tabela 5).

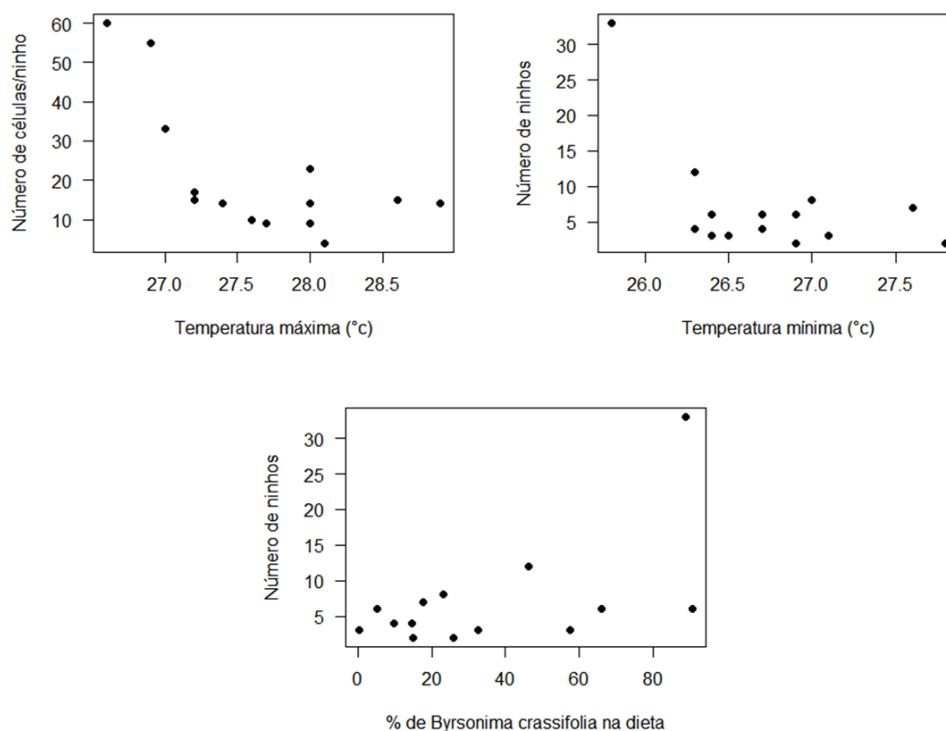
No entanto, pode-se observar na Figura 33 que as correlações do percentual de *B. crassifolia* *versus* número de ninhos e temperatura mínima *versus* número de ninhos, se deve a uma única observação em julho de 2020. A retirada dessa observação anulou a significância observada entre essas correlações, permanecendo apenas a relação negativa entre a temperatura máxima *versus* o número de células (Tabela 6).

Tabela 6 - Correlações entre o número de células, número de ninhos e as variáveis ambientais (temperaturas, umidade, chuva e vento), percentual de *Vigna unguiculata* e *Byrsonima crassifolia* na dieta de *Epanthidium tigrinum* e as métricas de diversidade, obtidos para as amostras coletadas no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

Variáveis	Com todas as observações				Retirando a observação discrepante			
	Número de células		Número de ninhos		Número de células		Número de ninhos	
	rho	p	rho	p	rho	p	rho	P
Temp_max	-0,66	0,01	-0,44	0,11	-0,61	0,03	-0,40	0,18
Temp_min	-0,30	0,29	-0,55	0,04	-0,01	0,97	-0,22	0,46
Tem_media	-0,52	0,06	-0,51	0,06	-0,36	0,22	-0,32	0,28
Umi_max	-0,10	0,72	-0,11	0,72	-0,09	0,77	-0,17	0,58
Umi_min	-0,16	0,58	-0,13	0,65	-0,13	0,67	-0,13	0,67
Chuva	-0,34	0,23	-0,18	0,53	-0,30	0,31	-0,08	0,81
Vento	0,05	0,86	-0,04	0,90	0,15	0,63	0,22	0,47
<i>V. unguiculata</i>	0,07	0,82	-0,11	0,70	0,24	0,43	0,26	0,39
<i>B. crassifolia</i>	0,45	0,11	0,56	0,04	0,21	0,48	0,25	0,40
Riqueza S	-0,07	0,81	-0,35	0,22	0,24	0,43	0,15	0,62
Shannon H	-0,32	0,26	-0,42	0,14	-0,07	0,82	0,06	0,85
Pielou J	-0,38	0,18	-0,42	0,14	-0,18	0,56	-0,01	0,98
Berger-Par	0,36	0,20	0,40	0,16	0,15	0,63	-0,06	0,84
N_cel	1,00	0,00	0,67	0,01	1,00	0,00	0,47	0,11
N_ninhos	0,67	0,01	1,00	0,00	0,47	0,11	1,00	0,00

Fonte: elaborada pela autora.

Figura 33 - Diagramas de dispersão do número de células/ninho *versus* temperatura máxima, do número de ninhos *versus* temperatura mínima e do número de ninhos *versus* o percentual de *Byrsonima crassifolia* na dieta de *Epanthidium tigrinum*, obtidos para as amostras coletadas no Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: elaborada pela autora.

6 DISCUSSÃO

6.1 Aspectos da nidificação de *Epanthidium tigrinum* em ninhos-armadilha

As fêmeas de *E. tigrinum* utilizaram para nidificação todas as classes de diâmetros fornecidas, mostrando uma alta plasticidade para utilização de diferentes tipos de ninhos-armadilha e o seu potencial para manejo em ambientes agrícolas (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2003; MARQUES, 2019). A abelha demonstrou preferência por nidificar em orifícios com diâmetro de 0,45 cm no presente estudo, mostrando que esse tamanho pode ser sugerido em programas de manejo e criatório. No entanto, as fêmeas também nidificaram com frequência em cavidades de 0,5 e 0,55 cm. No presente estudo, uma menor ocupação desses orifícios pode ter ocorrido porque as fêmeas competiam por essas cavidades com fêmeas de *Centris analis* e de vespas, que nidificavam preferencialmente nesses diâmetros durante o período observado. Mesquita (2009) e Marques (2019), por exemplo, observaram que *E. tigrinum* apresentou preferência por nidificar em cavidades com diâmetros maiores do que 1 cm. A diversidade no

fornecimento de diâmetros de cavidades tende a aumentar as chances de nidificação da abelha e até mesmo o crescimento populacional, visto que também foi observado que para *E. tigrinum*, uma maior produção de células de cria tem relação positiva com o fornecimento de cavidades maiores (MESQUITA, 2009; MIASHIKE, 2010; MARQUES, 2019).

A utilização da essência não surtiu efeito sobre a nidificação das abelhas. A baixa ocupação dos ninhos-armadilha em que esta foi aplicada pode ter ocorrido tanto porque ela não exerceu atratividade para *E. tigrinum*, como, pelo fato de que muitos desses tipos de ninhos-armadilha foram ocupados por fêmeas de *C. analis* e *Tetrapedia diversipes*. Todavia, métodos que consistem na aplicação de atrativos químicos para abelhas, desenvolvidos a partir de feromônios e substâncias vegetais, e a disponibilização de componentes estruturais do ninho (cera e própolis) visando aumentar a nidificação em cavidades artificiais, já são empregados com sucesso para a criação racional de abelhas sociais (WOLFF, 2009; SOUZA, 2018).

Essas técnicas que visam aumentar a nidificação das abelhas em ninhos artificiais são baseadas no fato de que, estas dispersam produtos químicos atrativos nos ninhos, que são utilizados para a localização (WINSTON, 2003; PITTS-SINGER; CANE, 2011). Além disso, já foi observado que as abelhas apresentam capacidade olfativa 100 vezes superior à humana para substâncias que são biologicamente importantes para elas, como o cheiro da cria, dos recursos florais e dos componentes estruturais do ninho (FREE *et al.*, 1987; WINSTON, 2003; LEONHARDT, 2017). Investigações mais profundas a cerca da atratividade dos componentes residuais de ninhos desativados de *E. tigrinum* sobre a nidificação das fêmeas, podem ser importantes para o incremento populacional dessa espécie utilizando ninhos-armadilha.

As maiores taxas de nidificação de *E. tigrinum* no local estudado correspondem também ao maior período de atividade da abelha em áreas de Mata de tabuleiro, em fragmentos de Mata Atlântica, áreas de Cerrado composta por vegetações mistas (cerrado senso restrito, mata mesofítica, mata xeromórfica e etc.) e Floresta estacional semidecidual (MESQUITA, 2009; MIASHIKE, 2010; MARQUES, 2019; GOMES *et al.*, 2020). *Epanthidium tigrinum*, assim como outros membros de Anthidiini, comumente está associada a locais mais abertos, com êxito de nidificação também em áreas antropomórficas (MIASHIKE, 2010; GOMES *et al.*, 2020).

Apesar de não ter ocorrido correlações entre a precipitação e a taxa de nidificação de *E. tigrinum* durante o período amostrado, a espécie mostrou uma preferência em fundar ninhos no período pós-chuvoso, corroborando com o fato de que as abelhas Megachilidae geralmente estão associadas aos períodos mais secos do ano em ambientes tropicais (CAMAROTTI-DE-LIMA; MARTINS, 2005; MESQUITA, 2009; SANTOS *et al.*, 2020).

De forma geral, *E. tigrinum* nidificou em todos os meses amostrados e apresentou várias gerações no ano, sugerindo que esta possua um ciclo de vida multivoltino, não sendo constatada a presença de diapausa. Embora a diapausa seja comum em abelhas solitárias que ocorrem nas zonas temperadas, onde essas espécies são classificadas com ciclos de vida univoltinos (RINEHART *et al.*, 2013; FORREST, CROSS, CARADONNA, 2019; MARTINS, NETO; CRUZ, 2019; BOSCH *et al.*, 2021), ela é menos comum para a maioria das espécies tropicais e subtropicais que geralmente demonstram bivoltinismo ou multivostinismo (MARQUES; GAGLIANONE, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2019; LOURENÇO *et al.*, 2019; GOMES *et al.*, 2020).

Os padrões de nidificação que as abelhas exibem podem mudar ao longo do espaço e do tempo, devido a mudanças em fatores como o período fenológico das plantas, a temperatura, fotoperíodo e etc., que afetam o acasalamento, a eclosão de ovos e o acesso a recursos florais e, conseqüentemente a disponibilidade de materiais para construção do ninho, para a alimentação dos adultos e aprovisionamento para as crias (BEGON, TOWNSEND; HARPER, 2009; SANTOS, 2011; FARZAN; YANG, 2018). Nesse estudo, esses fatores podem ter sido limitantes para a nidificação de *E. tigrinum*, uma vez que a abelha apresentou em alguns momentos, especialmente na época chuvosa, baixas taxas de nidificação e uma boa parte dos ninhos foram abandonados, sem a parede de fechamento.

Diferente das espécies de Megachilidae de zonas temperadas, que tem suas emergências sincronizadas com o período de florescimento de algumas culturas em que são inseridas (BOSCH *et al.*, 2021), *E. tigrinum* pode, potencialmente, ser utilizada para polinizar diversos cultivos com variações ao longo do ano no período de florescimento. Ao mesmo tempo os produtores também não teriam que se preocupar com uma sincronização rígida da emergência das crias, uma vez que as abelhas estão ativas o ano inteiro.

Embora a disponibilidade de cavidades não tenha sido um fator limitante, uma considerável parte dos ninhos fundados por *E. tigrinum* eram ativos ou desocupados, pertencentes a fêmeas co-específicas ou de outras espécies, como *C. analis*, *Tetrapedia diversipes* e vespas. A usurpação de ninhos é uma ocorrência comum em várias espécies de abelhas e vespas gregárias (VINSON; FRANK, 2000; O' NEILL, 2001; ČERNÁ *et al.*, 2013; LOURENÇO *et al.*, 2019). Quando a fêmea utiliza ninhos com as estruturas (células, partições e alimentos aprovisionados), já construídas, ela pode gastar menos energia e tempo para aprovisionar recursos para a construção do ninho, e dessa forma pode aumentar seu valor *fitness* significativamente (BEGON, TOWNSEND; HARPER, 2009; ČERNÁ *et al.*, 2013).

Černá *et al.* (2013) sugeriu ainda que a reutilização regular de ninhos reduz a competição intraespecífica que pode gerar um custo energético caro para as espécies envolvidas. Do ponto de vista produtivo, a usurpação de ninhos desativados por *E. tigrinum*, pode ser um aspecto vantajoso, uma vez que os materiais fornecidos na área experimental são reaproveitados e as fêmeas que gastariam mais tempo e energia em voos para a busca desses materiais, podem investir mais recursos energéticos para a produção e qualidade da prole (ROUBIK, 1992; BEGON, TOWNSEND; HARPER, 2009; MARQUES, 2019; BOSCH *et al.*, 2021).

O uso de resinas, fibras vegetais, botões florais, areia e barro são conhecidos para outros membros de Anthidiini (MICHENER, 2007; MESQUITA, 2009; MIASHIKE, 2010; MELLO, 2014), além de também serem descritos por outros autores para *E. tigrinum* (MARQUES, 2019; GOMES, *et al.*, 2020). Observações no presente trabalho expandem o conhecimento sobre como as fêmeas de *E. tigrinum* manipulam alguns dos materiais utilizados para a construção das células, visto que foi descrito e registrado fotograficamente o armazenamento desses recursos em depósitos próximos a entrada dos ninhos.

A manipulação dos materiais usados na construção das células, dentro dos ninhos após a coleta, é observada também para o gênero *Megachile* (SABINO, 2010; SANTOS *et al.*, 2020), supõe-se que o armazenamento da resina e sua posterior manipulação esteja relacionado ao curto período do dia (relacionado as horas mais quentes) em que esse recurso se torna maleável para coleta, tanto nos locais em que a resina de abelha-sem-ferrão foi fornecida, como nas flores (GOMES *et al.*, 2020; TÖLKE *et al.*, 2020). Além disso, esse armazenamento poderia poupar a abelha de voar por dias consecutivos a procura desse recurso, assumindo o risco de que este também poderia não estar disponível posteriormente (ROUBIK, 1992). Esse comportamento também poderia favorecer a nidificação de novas fêmeas, de uma forma que estas reaproveitariam a resina depositada nos ninhos (MARQUES, 2019). Porém, um aspecto negativo para o manejo sobre a utilização da resina para elaboração das células e partições, é o fato de que estas se tornam difíceis de serem separadas, o que dificulta a sua remoção dos ninhos para o transporte em direção a áreas agrícolas e o armazenamento durante condições ambientais desfavoráveis para as crias (RICHARDS; KEVAN, 2002; MARQUES, 2019; SANTOS *et al.*, 2020).

Durante a maior parte do período experimental a resina de meliponíneos foi ofertada próximo aos ninhos-armadilha. No entanto, foi observado que além da coleta desse material as abelhas também se dirigiam ao campo para a coleta de resina. Pressupõe-se que a coleta alternativa de resina diretamente das plantas fornecedoras, pode ter ocorrido por três fatores: I) as abelhas não puderam identificar a localização das fontes fornecidas; II) a coleta do recurso

estava sobrecarregada em alguns momentos, onde as fêmeas co-específicas competiam por ele na área, juntamente com fêmeas de outras espécies, como *Melipona subnitida*, que foi vista também coletando a resina fornecida; III) as abelhas poderiam discriminar propriedades hidrofóbicas e antibacterianas presente ou ausentes na resina de meliponíneos, de forma que a ausência de algumas propriedades poderiam ser compensadas com a coleta da resina em outras fontes (ALVES-DOS-SANTOS, 2004; LAWSON *et al.*, 2016; SINU; BRONSTEIN, 2018, TÖLKE *et al.*, 2020), uma vez que foram observadas abelhas que alternavam entre a coleta da resina escura de meliponíneos e a resina clara proveniente de plantas resiníferas.

De qualquer forma, em relação ao manejo dessas abelhas, a oferta de resina de meliponíneos se mostrou uma técnica importante haja vista que a maioria das fêmeas passou a utilizar esse produto com sucesso, o que permite inferir ser possível o criatório dessas abelhas mesmo onde não haja plantas resiníferas disponíveis.

O tempo de construção das células (um a cinco dias) é semelhante ao descrito por outros autores para *E. tigrinum* (MARQUES, 2019; GOMES *et al.*, 2020). O tempo de construção total do ninho não mudou ao longo dos períodos pré-chuvoso, chuvoso e pós-chuvoso, provavelmente porque o tempo de construção variou de maneira expressiva de indivíduo para indivíduo ao longo de todo o período observado. Essa variação sofre influência de uma série de fatores como, a disponibilidade e a localização dos recursos florais utilizados para a alimentação e para a construção do ninho, condições climáticas adversas, a construção simultânea de mais de um ninho, a presença de parasitas e/ ou predadores e de fêmeas co-específicas próximos ao ninho (KLEIN, STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2004; NEFF, 2008; SANTOS *et al.*, 2020).

Do ponto de vista do manejo, por exemplo, a oferta da resina de meliponíneos em torno dos ninhos-armadilha otimiza o tempo de coleta desse recurso e conseqüentemente, deve reduzir o tempo total de construção dos ninhos, além de facilitar a manutenção das populações de *E. tigrinum* nas áreas de interesse (KLEIN, STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2004; MARQUES, 2019; GOMES *et al.*, 2020) No entanto, a adição de plantas resiníferas nos locais em que *E. tigrinum* poderá ser criada em larga escala, é desejável como uma forma de assegurar que as propriedades químicas essenciais para a proteção das crias, geralmente presentes nessas resinas vegetais, vão estar presentes nas áreas de interesse durante a construção das células (ALVES-DOS-SANTOS, 2004; LAWSON *et al.*, 2016; SINU; BRONSTEIN, 2018, TÖLKE *et al.*, 2020).

6.2 Comportamento de nidificação, horário de forrageio e recursos utilizados

O comportamento de nidificação de *E. tigrinum* foi semelhante ao descrito por Marques (2019) e Gomes *et al.*, (2020), como também para outros membros de Megachilidae (ALVES-DOS-SANTOS, 2004; SANTOS *et al.*, 2020). As abelhas inicialmente avaliaram em uma cavidade alguns aspectos: a proteção contra a luz, calor ou umidade excessiva, parasitas, predadores e etc. (BOSCH; KEMP, 2002). Essa avaliação durava algumas horas, visto que as abelhas visitam dezenas de cavidades.

O padrão de forragear pólen pela manhã e resina a tarde também já foi relatado por outros autores (MARQUES, 2019; GOMES *et al.*, 2020). No entanto, nesse estudo, as coletas de resina na maioria das vezes foram rápidas, em vista a proximidade ao local onde a resina de abelhas sem ferrão era ofertada, sendo esta resina a mais utilizada pelas abelhas. Além disso, apesar da oferta da resina de meliponíneos em torno da área, algumas fêmeas utilizaram cera de *A. mellifera* para a construção dos seus ninhos. O uso desse recurso não foi descrito ainda na literatura para *E. tigrinum* e outros membros de Megachilidae.

A utilização da cera pode ter ocorrido para evitar a competição pela resina fornecida com fêmeas co-específicas, pela disponibilidade desse recurso próximo aos ninhos-armadilha e também por ser um material similar a resina (ROUBIK, 1992; WINSTON, 2003). Seja qual for a razão, mostrando que essa espécie é oportunista quanto a recursos para a construção dos ninhos. O uso da resina e da cera elaborada por outras espécies é vantajoso no aspecto do manejo, visto que foi empregado um menor gasto energético, quando comparado as ocasiões em que as fêmeas voam maiores distancias à procura desses recursos (ROUBIK, 1992; MARQUES, 2019).

O tempo para coleta de pólen variou de poucos minutos a algumas horas. Normalmente, essa variação está relacionada a acessibilidade dos recursos, como também a sua disponibilidade e localização (KLEIN, STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2004). Próximo aos ninhos-armadilha existia algumas fontes polínicas importantes para *E. tigrinum*, o que pode explicar as ocasiões em que a coleta desses recursos foi rápida, enquanto que as coletas de duração de tempo maior provavelmente se deveram a necessidade de buscar fontes de pólen mais distantes quando não havia florescimento daquelas mais próximas, especialmente nos períodos pré-chuvoso e chuvoso. A proximidade das fontes de recursos florais aos ninhos-armadilha, pode ser um aspecto vantajoso visto que a busca prolongada por alimento é uma atividade cara em termos de tempo e energia (KLEIN, STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2004; SANTOS *et al.*, 2020).

Após a conclusão e fechamento dos ninhos, algumas fêmeas permaneciam ativas na área e retornavam aos seus ninhos antigos em algumas ocasiões, fato que foi observado também

para outros membros de Megachilidae (ALVES-DOS-SANTOS, 2004; SANTOS *et al.*, 2020). O comportamento de retornar aos ninhos antigos, pode ser um condicionamento na direção de voo para um ninho que durou vários dias para estar pronto (SANTOS *et al.*, 2020), uma vez que foi observado alguns indivíduos que quase sempre que retornavam do campo, primeiro se direcionavam a cavidade antiga, mesmo após esta ser trocada por uma nova e depois se direcionavam para as suas atuais cavidades.

De maneira geral, a disponibilidade de recursos, o tipo de recurso utilizado, as variações ambientais e as diferenças intrínsecas dos indivíduos quanto espécie, influenciam nos horários de atividade de forrageio e no comportamento de nidificação de *E. tigrinum* e de outras espécies de Megachilidae (ROUBIK, 1992; GOMES *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2020). Informações a cerca dos padrões de forrageamento de *E. tigrinum*, são um pré-requisito para o desenvolvimento de criatórios e para a implantação de programas de polinização de plantas de interesse (KLEIN, STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2004; BOSCH *et al.*, 2021).

6.3 Parâmetros reprodutivos da abelha *Epanthidium tigrinum*

O número total de células construídas por *E. tigrinum* neste trabalho foi maior do que o observado por Gomes *et al.* (2020), menor do que o encontrado por Marques (2019), mas similar aos relatado por Vitale *et al.* (2020) para outras espécies de Anthidiini, levando-se em consideração um período de um ano. Esses resultados, e a própria variação no número de células construídas em cada mês estudado 2019 e 2020, sugerem que a população dessas abelhas pode variar muito de ano para outro, certamente influenciada por fatores ambientais.

A maior produção de células por ninho ocorreu nos meses com pouca ou quase nenhuma precipitação, sendo esse resultado semelhante ao encontrado para algumas espécies do gênero *Megachile*, que são associadas aos períodos mais secos do ano (SANTOS *et al.*, 2020). Como não houve correlações entre a produção de células com a precipitação, e a temperatura praticamente não varia ao longo do ano no local do estudo, é razoável deduzir que a maior produtividade de células no período pós-chuvoso deve estar relacionada à maior disponibilidade de recursos florais neste período do ano, fato bem documentado para abelhas solitárias (ROUBIK, 1992; VITALE *et al.*, 2020). Compreender a dinâmica reprodutiva da abelha ao longo das estações é importante, uma vez que quanto maior o número de indivíduos produzidos por temporada, maior serão as populações de *E. tigrinum* e a atividade de polinização realizada por essa espécie em uma dada área de interesse (ROUBIK, 1995; FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2003; MARQUES, 2019).

A razão sexual observada neste trabalho foi deslocada para as fêmeas, sendo esse um padrão relatado para várias espécies de abelhas solitárias (SIHAG, 1993; PAINI, 2004; MENDES; RÊGO, 2007; CAVALCANTE *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020). No entanto, estudos realizados com *E. tigrinum* até então, haviam observado a razão sexual deslocada para os machos (MARQUES, 2019; GOMES *et al.*, 2020). No nosso estudo, alguns ninhos de *E. tigrinum* produziram crias de apenas um sexo, fenômeno este já relatado para a espécie, assim como para outros membros de Megachilidae e outras abelhas solitárias (GOMES *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2020). Na verdade, a disponibilidade de recursos alimentares tem sido apontada como um fator importante na razão sexual das crias em abelhas solitárias, onde uma maior facilidade de obtenção de pólen levaria a uma maior produção de fêmeas, que geralmente são maiores e suas larvas demandam mais alimento, enquanto que a maior dificuldade de conseguir esse recurso levaria a produção de machos, que necessitam de menos alimento para chegarem a fase adulta (ULBRICH; SEIDELMANN, 2001; SABINO, 2010). Outras variáveis relatadas na literatura como determinantes para a razão sexual das crias são o diâmetro e o comprimento dos ninhos-armadilha (COUTO; CAMILLO, 2007; ALONSO; SILVA; GARÓFALO, 2012; MOURE-OLIVEIRA *et al.*, 2017). No entanto, no presente estudo não foi observado a influência desses fatores na proporção de machos e fêmeas emergidos.

Na maioria dos sistemas de criatórios animais, as comunidades mais economicamente eficientes possuem um maior número de fêmeas e um pequeno número de machos (PIKE; PETRIE, 2005; FAWCETT *et al.*, 2011). A maior produção de fêmeas é importante, quando se visa a polinização, uma vez que elas podem aumentar a população mais rápido e são os indivíduos da população que mais visitam as flores (GOMES *et al.*, 2020; KLEIN *et al.* 2020). No entanto, como discutido anteriormente, produzir fêmeas é energeticamente mais caro para as abelhas-mãe, visto que estas alocam mais recursos para a produção da prole feminina (SABINO, 2010).

O tempo médio de emergência de *E. tigrinum* não diferiu entre os sexos das crias e foi semelhante ao já descrito na literatura (GOMES *et al.*, 2020). Embora as variações na temperatura durante o período de desenvolvimento influenciem no tempo médio de emergência dos indivíduos de ambos os sexos (ROUBIK, 1992, MICHENER, 2007; BOSCH *et al.*, 2021), o fato de o berçário ter sido instalado em um ambiente não controlado, e as crias de ambos os sexos estarem expostas às mesmas condições ambientais, pode ter contribuído para a similaridade entre o tempo de emergência. No que se refere ao maior número maior de emergidos durante o período pós-chuvoso, isso está relacionado a maior produção de células no início desse período, como observado nos resultados. Uma vez que o período médio de

desenvolvimento das crias foi em torno de cinco semanas, é esperado que um maior número de crias venha a emergir ainda na mesma estação.

Uma relação inversa entre o comprimento médio das células, o comprimento médio da área vestibular e o número de células por ninho foi observada. Essa relação pode ser explicada pelo fato de que havendo abundância de recursos a abelha-mãe tende a construir células maiores de fêmeas, o que pode limitar o número de células construídas devido um *trade-off* com o tamanho da cria, onde o tamanho do indivíduo está relacionado a aptidão no sucesso reprodutivo e o forrageio. Além disso, a estratégia de produzir poucas crias em um ninho, mas construir vários ninhos, pode estar relacionada a disseminação de riscos, uma vez que foi observado também a construção simultânea de ninhos, cada um deles possuindo apenas uma ou duas células (ROUBIK, 1992; MICHENER, 2007; BEGON, TOWNSEND; HARPER, 2009).

A relação entre o comprimento vestibular e o número de células pode ser explicada de forma semelhante. A partir dos diagramas de dispersão, pode-se supor também um *trade-off* entre o investimento na defesa (levando em consideração que as áreas vestibulares são para esse fim) e no número de células, onde em algumas ocasiões, parece mais importante para abelha investir na construção de áreas vestibulares maiores, do que produzir um maior número de crias. Um *trade-off* entre a proteção das crias e o número da prole também é relatado para outra espécie de Anthidiini (MELLO, 2014).

Sobre o ponto de vista do manejo, a estratégia de construir poucas células e grandes áreas vestibulares não é interessante, uma vez que se perde o potencial de produção de novas crias. Portanto, é necessário em programas de manejo que as atividades de parasitas e predadores sejam monitoradas e controladas nas áreas de interesse, visto que as abelhas ao detectarem essa atividade, podem se sentir ameaçadas, estimulando a produção de áreas vestibulares, ao invés de mais células.

Os ninhos construídos simultaneamente por algumas fêmeas apresentaram uma produção de células por ninho similar àquela dos ninhos construídos um de cada vez. Da mesma forma, a taxa de sucesso, também demonstrou uma proporção de emergidos e não emergidos similar entre os dois padrões de construção e ninhos. Essa estratégia de construir mais de um ninho ao mesmo tempo, portanto, aparentemente não apresentou vantagens sobre a estratégia de construir um ninho de cada vez.

Apesar da literatura apresentar os cleptoparasitas *Mesocheira bicolor* Fabricius, *Hoplostelis nigritula*, Chalcididae sp, Chrysididae spp e Bombyliidae sp. (MARQUES, 2019); *Anthrax* sp. (MIASHIKE, 2010) e *Coelioxys* sp. (MESQUITA, 2009) como associados a *E. tigrinum*, nesse estudo, assim como no de Gomes *et al.* (2020) não foi detectado parasitismo, o

que é um aspecto desejável no manejo dos ninhos (MARQUES, 2019). Como alguns desses cleptoparasitas foram observados na área do estudo, talvez a presença de outras espécies de abelhas solitárias (*Centris analis* e *Tetrapedia diversipes*) também nidificando nos ninhos armadilha tenham atraído mais a atenção desses parasitas de ninhos.

A presença de formigas tentando invadir os ninhos foi observada em algumas ocasiões, onde, as fêmeas lidaram com esse ataque manipulando resina. Esse comportamento não tinha sido descrito ainda na literatura para *E. tigrinum* e outros membros de Anthidiini. Todavia, a utilização da própolis, um material similar a resina, para cercar e conter inimigos naturais nos ninhos de abelhas sociais é um fenômeno bem comum (NOGUEIRA-NETO, 1997; WINSTON, 2003).

A taxa de mortalidade encontrada neste trabalho não é considerada alta quando comparada às exibidas por outras espécies de Megachilidae (TORRETTA; DURANTE, 2011; MARQUES; GAGLIANONE, 2013; ROCHA-FILHO; GARÓFALO, 2016; MARQUES, 2019). Embora a mortalidade por causas desconhecidas seja um fato bem comum para as abelhas solitárias (MINCKLEY; DANFORTH, 2019) e a morte possa ocorrer devido a falhas em qualquer uma das fases de desenvolvimento da cria, no presente estudo ela foi altamente concentrada nos indivíduos adultos no momento de emergirem. O exame dos ninhos sugere que eles não conseguiram sair de suas células e morreram de exaustão e inanição. Segundo Parker (1986b), essa mortalidade, em muitos casos, pode estar relacionada ao manuseio dos ninhos durante o transporte. No presente estudo, talvez o transporte e manipulação dos ninhos tenha afetado a delicada estrutura dos tubos de cartolina, impedindo as abelhas de emergirem. Portanto, para fins de transporte para eventuais manejos, a transferência dos ninhos deve ser realizada de forma cuidadosa (MARQUES, 2019).

6.4 Arquitetura interna dos ninhos

O maior número de células construídas por ninho (n=10) de *Epanthidium tigrinum* observado neste trabalho, é semelhante ao encontrado por Marques (2019), e maior quando comparado aos resultados de Gomes *et al.* (2020), Mesquita (2009) e Miashike (2010). O comprimento médio das células também foi semelhante ao encontrado por outros autores para a mesma espécie (MARQUES, 2019; GOMES *et al.*, 2020). O comprimento médio de células menores, na pós-estação chuvosa, deve estar relacionado ao número maior de células produzidos nesse período, assumindo-se que pode existir um *trade-off* entre o tamanho médio das crias e o número de células produzidas, como relatado por outros autores (ROUBIK, 1992; BEGON, TOWNSEND; HARPER, 2009; VITALE *et al.*, 2020).

Nos ninhos de *E. tigrinum*, foi constatado que as células mais próximas à entrada eram frequentemente menores do que as primeiras células de crias construídas, no fundo da cavidade, fato também observado para outras espécies de Megachilidae (ALVES-DOS-SANTOS, 2004; PAINI, 2004; SANTOS *et al.*, 2020). Esse padrão pode ser explicado, quando se assume que para as abelhas solitárias de forma geral, os machos são criados em células mais próximas à saída do ninho, enquanto que as fêmeas são produzidas nas primeiras células de cria do ninho, onde as abelhas-mãe alocam mais recursos para a produção das fêmeas, que geralmente são maiores do que os machos (ROUBIK, 1992; MICHENER, 2007; SANTOS *et al.*, 2020). Todavia, neste trabalho, a posição exata das crias não foi investigada, e o que é relatado para *E. tigrinum* são as crias masculinas alocadas no fundo das cavidades e as crias femininas próximas a saída do ninho (GOMES *et al.*, 2020). Esse aspecto precisa ser melhor investigado para *E. tigrinum*.

Áreas com um espaço vazio excepcionalmente grande, denominadas de células vestibulares, foram registradas na maioria dos ninhos analisados. A ocorrência desse tipo de célula é comum para várias espécies de abelhas solitárias (ROUBIK, 1992; MICHENER, 2007; COSTA; GONÇALVES, 2019). As células vazias são encontradas em diferentes posições dentro do ninho, e é comum a presença de até mais de uma célula desse tipo. Supõe-se que essas células são utilizadas como estratégia de defesa contra o ataque de parasitas e predadores, e que a sua construção ocorre quando a atividade de parasitas seja mais intensa (MUNSTER-SWENDSEN; CALABUIG, 2000; SANTOS *et al.*, 2020). No entanto, apesar da presença de áreas vestibulares, não foram registrados ninhos de *E. tigrinum* parasitados durante o período experimental, mesmo sendo registrada uma alta frequência de fêmeas de *Coelioxys* sp. (abelha cleptoparásita) próximo aos ninhos da abelha. Geralmente, *Coelioxys* sp. era avistada parasitando ninhos de *C. analis* (observações pessoais).

A disposição das células em arquitetura linear, agrupada e em fileiras aleatórias são relatadas para *E. tigrinum* e outras espécies de Megachilidae (MESQUITA, 2009; MIASHIKE 2010; MELLO, 2014; MARQUES, 2019; GOMES *et al.*, 2020, SANTOS *et al.*, 2020). Para *E. tigrinum* até então, a orientação das células nos ninhos foi descrita como horizontal, no entanto, neste trabalho a orientação transversal das células também foi observada. Nas ocasiões em que essa orientação foi empregada, em cavidades com diâmetros maiores, um maior número de células foi produzido, porém a produção não foi significativamente maior do que em ninhos com células de orientação horizontal.

Algumas espécies da família Megachilidae constroem células heteromórficas, onde a disposição e a orientação das células estão relacionadas ao tipo de cavidade oferecida

(MICHENER, 1964; MELLO, 2014). Ainda para a família Megachilidae é observada uma tendência, em algumas espécies, para a construção de células agrupadas, onde também são observadas diferentes orientações para células que são construídas em cavidades com diâmetros diversos (VANDENBERG, 1995; PARKER, 1986b; MELLO, 2014). Partindo dessas informações, é necessária uma investigação mais profunda sobre a relação da arquitetura empregada para construção das células com o tamanho da cavidade fornecida e a forma que essa influencia a produção das crias, uma vez que, estes aspectos podem afetar diretamente o potencial produtivo de *E. tigrinum*, quando se considera um sistema de criatório racional para polinização usando essas abelhas.

6.5 Análise do nicho polínico de *Epanthidium tigrinum*

As análises qualitativas dos resíduos pós-emergenciais das crias, indicam que *E. tigrinum* é uma espécie polilética, coletando pólen de um amplo espectro polínico que envolveu, principalmente, seis famílias botânicas: Fabaceae, Malpighiaceae, Bignoniaceae, Anacardiaceae, Euphorbiaceae e Onagraceae. Contudo, houve uma predominância acentuada dos grãos de pólen de Malpighiaceae e Fabaceae, com destaque para as espécies *Byrsonima crassifolia* e *Vigna unguiculata*, respectivamente.

O hábito generalista de *E. tigrinum*, e a grande participação de *B. crassifolia* e *V. unguiculata* em sua dieta já foi constatado por outros autores (GRESSLER, PIZO, MORELLATO, 2006; GOMES, 2016; MARQUES, 2019). Geralmente, as abelhas da família Megachilidae são consideradas oligoléticas (BUSCHINI *et al.*, 2009; SABINO, 2010; MELLO, 2014; ROCHA-FILHO *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2020). Algumas espécies visitadas por *E. tigrinum* neste estudo pertencem a gêneros ainda não reportados anteriormente, como fontes importantes para essa espécie (*Bunchosia* e *Ludwigia*), reforçando o caráter polilético e oportunista dessa espécie. Embora o gênero *Ludwigia* (Onagraceae) já tenha sido listado como importante para a manutenção de espécies de *Megachile* em áreas de interesse (BUSCHINI *et al.*, 2009; MELLO, 2014), ainda não havia relatos de sua presença na dieta de *E. tigrinum*.

A família Malpighiaceae foi muito frequente na dieta larval de *E. tigrinum* neste estudo e no trabalho de Gomes (2016). No entanto, essa família é pouco frequente na dieta de Megachilidae, sendo relatada como mais importante para Apidae (AGOSTINI-; SAZIMA 2003, VIEIRA *et al.* 2008; RECH; ABSY 2011; MELLO, 2014). O tipo *B. crassifolia* foi dominante em muitos meses, e em relação à sua participação total, foi considerado como acessório. Embora a grande participação dessa espécie na dieta de *E. tigrinum* possa estar relacionada a uma possível preferência por recursos de *B. crassifolia*, é sabido que em abelhas

poliléticas a coleta de pólen geralmente está relacionada à disponibilidade e localização dos recursos no campo. Uma vez que, as abelhas solitárias de porte pequeno e médio possuem raios de voo estimados entre 150 a 600 m (GATHMANN; TSCHARNTKE, 2002), a grande participação de *B. crassifolia* na dieta dos imaturos pode estar relacionada a localização de uma planta de muricizeiro a menos de 3 m dos ninhos-armadilha, e que floresceu praticamente durante todo o período de estudo. A importância de *V. unguiculata* na dieta de *E. tigrinum* também pode ser explicada de forma semelhante, uma vez que esse tipo, conhecido popularmente como feijão-de-corda, foi cultivado a menos de 200 m dos ninhos-armadilha e forneceu recursos durante quase todo o segundo semestre do ano de 2019.

No entanto, a importância da família Fabaceae para os representantes de Megachilidae já foi demonstrada em diversos estudos, em ambientes distintos, que vão desde florestas até áreas urbanas (GARÓFALO, MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004; AGUIAR; SANTOS 2007; SIERRA; PARDO, 2009; SANTOS *et al.* 2013), com muitas espécies de Megachilidae tendo sido apontadas com potencial para manejo de Phaseolae e Glycineae (GARÓFALO, MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004; MELLO, 2014).

O feijão-de-corda (*V. unguiculata*) é cultivado tradicionalmente na região Nordeste do Brasil (SANTANA *et al.*, 2020), seu sistema de polinização é bastante especializado. Apesar do porte médio das abelhas Megachilidae, estas conseguem ativar com sucesso o mecanismo de polinização de algumas espécies de Phaseolae, denominado como “*Brush type*”. O tamanho corporal dessas abelhas seria compensado pelo método de transporte do pólen (pela escopa ventral), que permite maior contato com as estruturas reprodutivas das flores e, conseqüentemente, mais eventos de cruzamento entre as plantas (FRANCO, 1995; WOUSLA *et al.*, 2020).

A partir dos resultados desse trabalho e diante dessas informações, é essencial estudar o papel de *E. tigrinum* como agente polinizadora efetiva de *Vigna unguiculata*. Além disso, muitos representantes de Fabaceae são importantes para a manutenção das populações dessa abelha, visto que possuem ampla distribuição e frequência, além de fornecerem recursos florais abundantes (RAMALHO, 1990; RAMALHO *et al.*, 1990; 2007; GOMES, 2016; MARQUES, 2019).

Dalechampia scandens (Euphorbiaceae) participou de forma dominante na dieta da abelha durante a estação pré-chuvosa, o que assegurou a permanência dos adultos e a manutenção nutricional das crias durante esse período de transição. No entanto, na literatura a presença dessa espécie nas amostras polínicas de *E. tigrinum* era tida como uma contaminação (GOMES, 2016), considerando-se que essa abelha, assim como outros Anthidiini, utiliza a

resina ofertada pelas flores de *D. scandens* para a construção de seus ninhos (BARÔNIO *et al.*, 2018; MELLO, 2014; TÖLKE *et al.*, 2020). Do ponto de vista do manejo, a presença dessa espécie vegetal em áreas de interesse faz-se recomendável, uma vez que, *D. scandens* além de ser utilizada de forma dominante na dieta durante alguns meses do ano, é uma possível fornecedora de resina, o que denota também que as viagens para as coletas desses recursos em direção a essa planta são otimizadas (MELLO, 2014).

Por meio da análise de amplitude de nicho, seria esperado que no período pós-chuvoso fossem encontradas amplitudes de nichos menores, pela ampla utilização dos recursos de *B. crassifolia* e *V. unguiculata*. Esta hipótese não se confirmou, provavelmente devido à presença de espécies classificadas como acessórias e ocasionais, que ocorreram nas amostras durante esse período. As amplitudes de nichos muito baixas só ocorreram nos meses de junho e julho de 2020, devido à presença do pólen de *B. crassifolia*, quase que exclusiva nas amostras desses meses. Observando a variação da amplitude do nicho de *E. tigrinum* ao longo das estações, entende-se que essa abelha possui plasticidade para estender ou restringir esse nicho, dependendo da disponibilidade e da intensidade dos recursos no ambiente (REZENDE, ABSY; FERREIRA, 2020; VITALE *et al.*, 2020).

Os dados do presente estudo mostraram um universo de apenas 57 possíveis interações, das quais 45 foram realizadas, confirmadas através da presença de pólen nas amostras, que gerou uma alta conectância na rede. Interações mútuas entre um conjunto de espécies especializadas interagindo com uma espécie generalista (plantas e polinizador), como demonstrado nesse trabalho, tendem a ter uma estrutura de rede aninhada (BASCOMPTE *et al.*, 2003; GUIMARÃES JR., 2009), especialmente quando baseadas nas análises de dados palinológicos, que aumentam significativamente o número de interações em comparação com apenas dados de observação em campo (BOSCH *et al.*, 2009; OLESEN *et al.*, 2010; ABSY *et al.*, 2018).

Além da representação bipartida quantitativa para a rede, neste trabalho também foi analisada a métrica de aninhamento (NODF) usada para matrizes binárias, que foram geradas para o conjunto de interações dos períodos sazonais com os tipos de pólen identificados. Levando em consideração o padrão generalista de *E. tigrinum* observado para os três períodos, com as interações, o número de sobreposições destaca um alto grau de aninhamento, que, no entanto, não foi significativo para a métrica verificada (BOSCH *et al.*, 2009; OLESEN *et al.*, 2010; ABSY, RECH; FERREIRA, 2018).

O grau de aninhamento encontrado neste trabalho é similar ao observado para outras espécies de Megachilidae, também quando utilizado dados palinológicos (MELLO, 2014). A

rede qualitativa e quantitativa confirmou a importância da diversidade local de plantas para *E. tigrinum*, pelo grande número de ligações entre esse conjunto. Além disso, esse tipo de rede auxilia na compreensão da importância dos tipos polínicos para as abelhas, durante as variações sazonais, fornecendo subsídios para o manejo de pastagem relacionado a criação dessa espécie (MELLO, 2014; REZENDE, ABSY; FERREIRA, 2020; VITALE *et al.*, 2020;).

Os períodos analisados e os recursos coletados indicam uma vegetação semelhante, nas diferentes estações, o que proporciona um ambiente com similaridade de recursos ao longo de um grande espaço de tempo. A presença de padrões semelhantes pode permitir a criação de *E. tigrinum* em áreas de interesse (MELLO, 2014; MARQUES, 2019).

Para finalizar, os resultados apresentados neste estudo demonstram que *E. tigrinum* possui um grande potencial de manejo, e a partir da criação racional, atendendo-se a alguns critérios mencionados nesse trabalho, essa espécie pode ser produzida e comercializada em larga escala.

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho pode-se inferir que *Epanthidium tigrinum*, apresenta potencial para manejo, uma vez que, a espécie tende a nidificar em diferentes tipos de ninhos-armadilha, não apresenta sazonalidade e produz diversas gerações ao ano.

A preferência por fundar ninhos no período pós-chuvoso indica que o manejo relacionado ao fornecimento de alguns recursos, como ninhos-armadilha, materiais para construção do ninho (resina e fragmentos vegetais) e pastagem, devem se intensificar nesta época, de uma forma que a abelha possa manifestar seu potencial produtivo.

A maior produção de células demonstradas no período pós-chuvoso, indicam que nessa estação, *E. tigrinum* pode ser explorada de forma mais eficiente, para a polinização de alguns cultivos economicamente importantes, que florescem durante esse período. A diversidade de interações com os recursos botânicos observadas nesse período revela também a importância de assegurar a presença de algumas dessas espécies vegetais para a manutenção das populações de *E. tigrinum* durante o manejo em áreas de interesse.

A adição de resina de meliponíneos, cera de *Apis mellifera* próximo aos ninhos-armadilha e, o monitoramento da atividade de parasitas são providências importantes, que colaboram para a otimização do tempo de construção das células e dos ninhos, a manutenção das populações nas áreas de interesse e permitem que as fêmeas de *E. tigrinum* possam demonstrar seu potencial produtivo.

Levando em conta esses parâmetros de nidificação e pasto, é possível o criatório racional dessas abelhas visando seu uso em programas de polinização de culturas que são tradicionalmente produzidas no Brasil.

No entanto, ainda existem alguns aspectos importantes a serem investigados que podem interferir no potencial produtivo da abelha, como: a atratividade de resíduos de ninhos desativados sobre a nidificação das fêmeas; a relação da arquitetura empregada para construção das células com o tamanho da cavidade fornecida e, a forma como essa relação interfere na produção das crias e, a influência da disponibilidade no campo de alguns recursos polínicos importantes sobre o tamanho da população dessas abelhas.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, F.C.; CRUZ-LANDIM, C. Dufour glands in the Hymenopterans (Apidae, Formicidae, Vespidae): A review. **Revista Brasileira de Biologia**, [s.l.], v. 61, p. 95-106, 2001.
- ABSY, M.L.; RECH, A.R.; FERREIRA, M.G. Pollen collected by stingless bees: a contribution to understanding Amazonian biodiversity. **Pot-pollen in stingless bee melittology**, Springer, Cham, p.29-46, 2018.
- AGOSTINI, K.; SAZIMA, M. Plantas ornamentais e seus recursos para abelhas no campus da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil. **Bragantia**, [s.l.], v. 62, n. 3, p. 335-343, 2003.
- AGUIAR, C.M.L.; ZANELLA, F.C.V. Estrutura da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformis) de uma área na margem do domínio da caatinga (Itatim, BA). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 1, 2005.
- AGUIAR, C.M.L.; SANTOS, G.M.M. Compartilhamento de recursos florais por vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae) e abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de Caatinga. **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 36, n. 6, p. 836-842, 2007.
- ALMEIDA, D. **Espécies de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) etipificação dos méis por elas produzidos em área de cerrado no município de Pirassununga, Estado de São Paulo**. 2002. 103p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Entomologia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 2002.
- ALMEIDA-NETO, M.; ULRICH, W. A straightforward computational approach for quantifying nestedness using abundance data. **Environmental Modelling & Software**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 173-178, 2010.
- ALONSO, J.D.S.; SILVA, J.F.; GARÓFALO, C.A. The effects of cavity length on nest size, sex ratio and mortality of *Centris (Heterocentris) analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Apidologie**, [s.l.], v. 43, n. 4, p. 436-448, 2012.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. Conhecimento e criação de abelhas solitárias: um desafio. **Revista Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v.10, p.99-113, 2004.
- ARAÚJO, P.C.S. *et al.* Trap-nesting bees in Montane Grassland (Campo Rupestre) and Cerrado in Brazil: Collecting generalist or specialist nesters. **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 45, n.5, p.482-489, 2016.
- ARMBRUSTER, W.S. The role of resin in angiosperm pollination: ecological and chemical considerations. **American Journal of Botany**, [s.l.], v. 71, n. 8, p. 1149-1160, 1984.
- AUGUSTO, S.C. *et al.* **Plano de manejo sustentável de *Xylocopa* spp. (Apidae, Xylocopini), polinização e produção do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) no Triângulo Mineiro**. PROBIO/UFU, 2005.
- BARÔNIO, G.J. *et al.* Entre flores e visitantes: estratégias de disponibilização e coleta de recursos florais. **Oecologia Australis**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 390–409, 2018.

- BARTH, O.M. Análise microscópica de algumas amostras de mel. 3. Pólen isolado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s.l.], v. 42, n. 4, p. 747-772, 1970.
- BARTH, O.M.; MELHEM, T.S. **Glossário ilustrado de palinologia**. Campinas: UNICAMP, 1988.
- BASCOMPTE, J. *et al.* The nested assembly of plant animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s.l.], v.100, n. 16, p.9383-9387, 2003.
- BAUERMANN, S.G. *et al.* **Pólen nas angiospermas: diversidade e evolução**. Canoas: Editora da ULBRA, 2013.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. [s.l.]. Artmed Editora, 2009.
- BIDDINGER, D. J. *et al.* An immunomarking method to determine the foraging patterns of *Osmia cornifrons* and resulting fruit set in a cherry orchard. **Apidologie**, [s.l.], v. 44, n. 6, p. 738-749, 2013.
- BOSCH, J. *et al.* Plant–pollinator networks: adding the pollinator’s perspective. **Ecology letters**, [s.l.], v. 12, n. 5, p. 409-419, 2009.
- BOSCH, J. *et al.* Use of a Managed Solitary Bee to Pollinate Almonds: Population Sustainability and Increased Fruit Set. **Insects**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 56, 2021.
- BOSCH, J.; KEMP, W.P. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v.92, p.3-16, 2002.
- BROWN, M.J. *et al.* A horizon scan of future threats and opportunities for pollinators and pollination. **Journal of Life and Environmental Sciences**, [s.l.], v. 4, p. 2249, 2016.
- BUSCHINI, M.L.T. *et al.* Plants used by *Megachile (Moureapis)* sp. (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 69, n. 4, p.1187-1194, 2009.
- CAMAROTTI-DE-LIMA, M.F.; MARTINS, C. F. Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodioctes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. **Neotropical entomology**, [s.l.], v. 34, n. 3, p. 375-380, 2005.
- CAMILLO, E. *et al.* Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera: Apocrita: Aculeata). **Revista Brasileira de Entomologia**, [s.l.], v.39, p. 459-470, 1995.
- CASTRO, M.S. Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potential pollinators and their conservation. In: **Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature**. In: Proceedings of the Workshop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees. 2002, Brasília, DF. Ministry of Environment. Brasília, DF. 2002.

- CAVALCANTE, A.M. *et al.* Bionomic Aspects of the Solitary Bee *Tetrapedia diversipes* Klug, 1810 (Hymenoptera: Apidae: Tetrapediini). **Sociobiology**, [s.l.], v. 66, n. 1, p. 113-119, 2019.
- ČERNÁ, K. *et al.* Neighbourhood society: Nesting dynamics, usurpations and social behaviour in solitary bees. **PLoS One**, [s.l.], v. 8, n. 9, p. e73806, 2013.
- CONAB. Acompanhamento da safra de grãos brasileiros. **Safra 2019/20 - Décimo primeiro levantamento**, [s.l.], v.7, n. 11, p. 1-62, 2020.
- COSTA, C.C.F.; GONÇALVES, R.B. What do we know about Neotropical trap-nesting bees? Synopsis about their nest biology and taxonomy. **Papéis Avulsos de Zoologia**, [s.l.], v. 59, 2019.
- COSTA-MAIA, F.M.; LOURENÇO, D.A.L.; TOLEDO, V.A.A. Aspectos econômicos e sustentáveis da polinização por abelhas. **Sistemas de produção agropecuária (ciências agrárias, animais e florestais)**, [s.l.], p. 45-67, 2010.
- COUTO, R.M.; CAMILLO, E. Influence of temperature on the immatures mortality of *Centris (Heterocentris) analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Iheringia. Série Zoologia*, [s.l.], v. 97, n. 1, p. 51-55, 2007.
- EERAERTS, M. *et al.* Pollination efficiency and foraging behaviour of honey bees and non-Apis bees to sweet cherry. **Agricultural and Forest Entomology**, [s.l.], v. 22, n. 1, p. 75-82, 2020.
- ERDTMAN, G. **The acetolysis method-a revised description**. [s.l.]. *Sven Bot Tidskr*, 1960.
- FARZAN, S.; YANG, L.H. Experimental shifts in phenology affect fitness, foraging, and parasitism in a native solitary bee. **Ecology**, [s.l.], v. 99, n. 10, p. 2187-2195, 2018.
- FAWCETT, T.W. *et al.* Sex-ratio control erodes sexual selection, revealing evolutionary feedback from adaptive plasticity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s.l.], v. 108, n. 38, p. 15925-15930, 2011.
- FORREST, J. R. K.; CROSS, R.; CARADONNA, P. J. Two-year bee, or not two-year bee? How voltinism is affected by temperature and season length in a high-elevation solitary bee. **The American Naturalist**, [s.l.], v. 193, n. 4, p. 560-574, 2019.
- FRANCO, A.L.M. **Ecologia da polinização e biologia reprodutiva de sete espécies de Phaseoleae (Fabaceae)**. 1995. 123p. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil. 1995.
- FREE, J.B. *et al.* **Pheromones of social bees**. [s.l.]. Chapman and Hall, 1987.
- FREITAS, B.M. *et al.* Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, [s.l.], v. 40, n. 3, p. 332-346, 2009.
- FREITAS, B.M. Number and distribution of cashew (*Anacardium occidentale*) pollen grains on the bodies of its pollinators, *Apis mellifera* and *Centris tarsata*. **Journal of Apicultural Research**, [s.l.], v.36, p.15-22, 1997.

- FREITAS, B.M.; OLIVEIRA-FILHO, J.H Criação de abelhas mamangavas (*Xylocopa* spp.) para polinização do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Mensagem Doce**, São Paulo, v.80, p. 29-31. 2005.
- FREITAS, B.M.; OLIVEIRA-FILHO, J.H. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, [s.l.], v. 33, n. 6, p. 1135-1139, 2003.
- FREITAS, B.M.; SILVA, E.M. Potencial apícola da vegetação do semiárido brasileiro. **Apium plantae**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 19-32, 2006.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Calendário das chuvas no Estado do Ceará**. Fortaleza, Ceará. 2020. Disponível em: <http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/maxima/annual>. Acesso em 15 jan.2020.
- GARIBALD, L.A. *et al.* Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **science**, [s.l.], v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.
- GARÓFALO, C.A.; MARTINS, C.F.; ALVES-DOS-SANTOS, I. **The Brazilian solitary bee species caught in trap nests. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza, CE: Imprensa Universitária, 2004.
- GATHMANN, A.; TSCHARNTKE, T. Foraging ranges of solitary bees. **Journal of animal ecology**, [s.l.], v. 71, n. 5, p. 757-764, 2002.
- GOMES, A.M.S. **Bionomia e comportamento de nidificação da abelha *Epanthidium tigrinum* (Hymenoptera – Megachilidae) em ninhos- armadilha**. 2016.52 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Zootecnia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil. 2016.
- GOMES, A.M.S. *et al.* Bionomy and Nesting Behavior of the Bee *Epanthidium tigrinum* (Schrottky, 1905) (Hymenoptera: Megachilidae) in Trap-Nests. **Sociobiology**, [s.l.], v. 67, n. 2, p. 247-255, 2020.
- GONZALEZ, V.H. *et al.* Morphological phylogeny of Megachilini and the evolution of leaf-cutter behavior in bees (Hymenoptera: Megachilidae). **Journal of Melittology**, [s.l.], n. 85, p. 1-123, 2019.
- GONZALEZ, V.H. *et al.* Phylogeny of the bee family Megachilidae (Hymenoptera: Apoidea) based on adult morphology. **Systematic Entomology**, [s.l.], v. 37, n. 2, p. 261-286, 2012.
- GRESSLER, E.; PIZO, M.A; MORELLATO, L.P.C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, [s.l.], v. 29, n. 4, p.509- 530, 2006.
- GRUBER, B. *et al.* On managing the red mason bee (*Osmia bicornis*) in apple orchards. **Apidologie**, [s.l.], v. 42, n. 5, p. 564, 2011.
- GUIMARÃES JR, P.R. A estrutura e dinâmica evolutiva de redes mutualísticas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 39, p. 137-148, 2009.
- GUIMARÃES JR, P.R.; GUIMARÃES, P. Improving the analyses of nestedness for large sets

of matrices. **Environmental Modelling & Software**, [s.l.], v. 21, n. 10, p. 1512-1513, 2006.

HAIDER, M. *et al.* Intra- and interpopulational variation in the ability of a solitary bee species to develop on non-host pollen: implications for host range expansion. **Functional Ecology**, [s.l.], v. 27, p. 255-263, 2014.

HEVIA, V. *et al.* Bee Diversity and abundance in a livestock drove roads and its impacts on pollination and seed set in adjacent sunflowers Fields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 232, p. 336-344, 2006.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. *et al.* Checklist of bees and honey plants from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropical**, [s.l.], v. 11, n. 1a, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Municipal 2017**. Fortaleza-CE, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Fortaleza_2017.pdf. Acesso em 20 jul. 2019.

KLEIN, A.M. *et al.* **Insect Pollination of Crops in Brazil: A Guide for Farmers, Gardeners, Politicians and Conservationists**. Freiburg: Nature Conservation and Landscape Ecology, 2020. 149p.

KLEIN, A.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Foraging trip duration and density of megachilid bees, eumenid wasps and pompilid wasps in tropical agroforestry systems. **Journal of Animal Ecology**, [s.l.], v. 73, n. 3, p. 517-525, 2004.

KOPPEN, W. Klassifikation der Klima nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, [s.l.], v. 64, 1918.

KROMBEIN, K.V. **Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests and associates**. Washington: Smithsonian Institution Press, 1967. 570p.

LAWSON, S.P. *et al.* Maternal manipulation of pollen provisions affects worker production in a small carpenter bee. **Behavioral ecology and sociobiology**, [s.l.], v. 70, n. 11, p. 1891-1900, 2016.

LEONHARDT, S.D. Chemical ecology of stingless bees. **Journal of chemical ecology**, [s.l.], v. 43, n. 4, p. 385-402, 2017.

LIMA, C. **Flores e insetos: A origem da entomofilia e o sucesso das angiospermas**. 2000. 28p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Ciências Biológicas. Faculdade de Ciências da Saúde do Centro Universitário de Brasília, Brasília, Brasil. 2000.

LOURENÇO, D.V. *et al.* Nesting and reproductive habits of the solitary bee *Centris analis* in trap nests under a tropical climate. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 50, n. 3, p. 468-475, 2019.

LOUVEAUX, J. *et al.* Methods of melissopalynology. **Bee World**, [s.l.], v. 59, n. 4, p.139-57, 1978.

LOUVEAUX, J. *et al.* Methods of melissopalynology: International Commission for BEE Botany of IUBS. **Bee world**, [s.l.] v. 51, n. 3, p. 125-138, 1970.

- LOYOLA, R.D.; MARTINS, R.P. Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remnant. **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 35, n. 1, p. 41-48, 2006.
- MACIVOR, J.; PACKER, L. 'Bee hotels' as tools for native pollinator conservation: a premature verdict?. **PloSone**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. e0122126, 2015.
- MAGALHÃES, C.B.; FREITAS, B.M. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. **Apidologie**, [s.l.], v. 44, n. 2, p. 234-239, 2013.
- MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. [s.l.]. John Wiley & Sons, 2013.
- MARINHO, D. *et al.* Nesting biology of three *Megachile* (Hymenoptera: Megachilidae) species from Eastern Amazonia, Brazil. **Revista Brasileira de entomologia**, [s.l.], v. 62, n. 2, p. 97-106, 2018.
- MARQUES, M.F. **Abelhas Megachilidae (Insecta, Hymenoptera): aspectos ecológicos e análise do potencial para manejo em áreas de Mata Atlântica**. 75p. 2019 Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 2019.
- MARQUES, M.F.; GAGLIANONE, M.C. Biologia de nidificação e variação altitudinal na abundância de *Megachile (Melanosarus) nigripennis* Spinola (Hymenoptera, Megachilidae) em um inselbergue na Mata Atlântica, Rio De Janeiro. **Bioscience Journal**, [s.l.], v. 29, n.1, p.198-208, 2013.
- MARTINS, C.F.; NETO, V.I.S.; CRUZ, R.D.M. Nesting biology and mating behavior of the solitary bee *Epicharis nigrita* (Apoidea: Centridini). **Journal of Apicultural Research**, [s.l.], v. 58, n. 4, p. 512-521, 2019.
- MATSUMOTO, S *et al.* Foraging behavior of *Osmia cornifrons* in an apple orchard. **Scientia horticulturae**, [s.l.], v. 121, n. 1, p. 73-79, 2009.
- MAUÉS, M.M. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. **Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature**, [s.l.], v. 245, 2002.
- MELLO, B.N.S. **Estrutura de comunidades de abelhas e vespas que nidificam em cavidades preexistentes em áreas de Cerrado e Mata Estacional Semidecidual com especial referência ao nicho trófico das espécies de abelhas**. 113p. 2019. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil. 2019.
- MELLO, B.N.S. **Nicho de abelhas Megachilidae (Hymenoptera, Apidae) em floresta ombrófila na Mata Atlântica: dinâmica temporal, relações tróficas e uso de recursos de nidificação**. 84p. 2014. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil. 2014.
- MENDES, F.N.; RÊGO, M.M.C. Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, [s.l.], v. 51, n. 3, p. 382-388, 2007.

- MESQUITA, T.M.S. **Diversidade de abelhas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em áreas de Cerrado, MG.** 50p. 2009. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil. 2009.
- MIASHIKE, R.L. **Inventário de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) com o auxílio de ninhos-armadilha no campus da Unesp de Rio Claro-SP.** 50p. 2010. Trabalho de Conclusão de curso. Graduação em Ecologia. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Brasil. 2010.
- MICHENER, C.D. Evolution of the nests of bees. **American Zoologist**, [s.l.], p. 227-239, 1964.
- MICHENER, C.D. **The bees of the world.** Baltimore: JHU Press, 2007.953p.
- MICHENER, C.D.; GRISWOLD, T.L. The Neotropical *Stelis*-like cleptoparasitic bees (Hymenoptera, Megachilidae). **Proc. Entomol. Soc. Wash**, [s.l.], v.96, n. 674-678, 1994.
- MINCKLEY, R.L.; DANFORTH, B.N. Sources and frequency of brood loss in solitary bees. **Apidologie**, [s.l.], v. 50, n. 4, p. 515-525, 2019.
- MORETTI, M. *et al.* Biodiversity and resilience of arthropod communities after fire disturbance in temperate forests. **Oecologia**, [s.l.], v. 149, n. 2, p. 312-327, 2006.
- MORO, M.F. *et al.* Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, [s.l.], v. 66, n. 3, p. 717- 743, 2015.
- MOURE-OLIVEIRA, D. *et al.* Nesting dynamic and sex allocation of the oil-collecting bee *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius, 1804) (Apidae: Centridini). **Journal of Natural History**, [s.l.], v. 51, n. 19-20, p. 1151-1168, 2017.
- MÜLLER, A.; KUHLMANN, M. Pollen hosts of western palaeartic bees of the genus *Colletes* (Hymenoptera: Colletidae): the Asteraceae paradox. **Biological Journal of the Linnean Society**, [s.l.], v. 95, n. 4, p. 719-733, 2008.
- MÜNSTER-SWENDSEN, M.; CALABUIG, I. Interaction between the solitary bee *Chelostoma florissomne* and its nest parasite *Sapyga clavicornis*– empty cells reduce the impact of parasites. **Ecological Entomology**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 63-70, 2000.
- NEFF, J.L. Components of nest provisioning behavior in solitary bees (Hymenoptera: Apoidea). **Apidologie**, [s.l.], v. 39, n. 1, p. 30-45, 2008.
- NEFF, J.L.; SIMPSON, B. B. Vogel's great legacy: The oil flower and oil-collecting bee syndrome. **Flora**, [s.l.], v. 232, p. 104-116, 2017.
- NOGUEIRA–NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão.** São Paulo: Ed. Nogueirapis,1997.
- NOVAIS, J.S. *et al.* Pollen grains in honeys produced by *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) (Hymenoptera: Apidae) in tropical semi-arid areas of northeastern Brazil. **Arthropod Plant Interactions**, [s.l.], v.7, p. 619- 632, 2013.

- OLESEN, J.M. *et al.* Missing and forbidden links in mutualistic networks. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s.l.], v. 278, n. 1706, p. 725-732, 2010.
- OLIVEIRA, M.O. Declínio populacional das abelhas polinizadoras de culturas agrícolas. **Acta Apícola Brasileira**, Pombal, v. 3, n. 2, p. 01-06, 2015.
- OLIVEIRA, P.S.; GONÇALVES, R.B. Trap-nesting bees and wasps (Hymenoptera, Aculeata) in a Semideciduous Seasonal Forest Fragment, Southern Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, [s.l.], v. 57, n. 13, p.149-156, 2017.
- O'NEILL, K.M. **Solitary wasps: behavior and natural history**. [s.l.]. Cornell University Press, 2001.
- PAINI, D.R. Nesting biology of an Australian resin bee (*Megachile* sp.; Hymenoptera: Megachilidae): a study using trap nests. **Australian Journal of Entomology**, [s.l.], v. 43, n. 1, p. 10-15, 2004.
- PANSARIN, *et al.* Osmophore and elaiophores of *Grobya amherstiae* (Catantopidae, Orchidaceae) and their relation to pollination. **Botanical Journal of the Linnean Society**, [s.l.], v. 159, n. 3, p. 408-415, 2009.
- PARIZOTTO, D.R.; MELO, G.A.R. Nests of bees of the anthidiine genus *Ananthidium* Urban (Hymenoptera, Apidae, Megachilinae). **Journal of Hymenoptera Research**, [s.l.], v. 47, p. 115, 2015.
- PARK, M.G. *et al.* Per visit pollinator performance and regional importance of wild *Bombus* and *Andrena* (*Melandrena*) compared to the managed honey bee in New York apple orchards. **Apidologie**, [s.l.], v. 47, p. 145-160, 2016.
- PARKER, F.D. Nesting, associates, and mortality of *Osmia sanrafaelae* Parker. **Journal of the Kansas Entomological Society**, [s.l.], p. 367-377, 1986.b.
- PIKE, T.W.; PETRIE, M. Maternal body condition and plasma hormones affect offspring sex ratio in peafowl. **Animal Behaviour**, [s.l.], v.70, p.745-751, 2005.
- PINHEIRO-MACHADO, C. *et al.* Brazilian bee surveys: state of knowledge, conservation and sustainable use. In: **Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature**. In: Proceedings of the Workshop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees. 2002, Brasília, DF. Ministry of Environment. Brasília, DF. 2002.
- PINILLA-GALLEGO, M.S. Pollen Use by *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in Highbush Blueberry Fields. **Annals of the Entomological Society of America**, [s.l.], v. 111, n. 6, p. 335-340, 2018.
- PITTS-SINGER, T.L.; CANE, J.H. The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: the world's most intensively managed solitary bee. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 56, p. 221-237, 2011.
- PITTS-SINGER, T.L.; JAMES, R.R. Past and present management of alfalfa bees. **Bee pollination in agricultural ecosystems**, [s.l.], p. 105-123, 2008.

- PRAZ, C. J. *et al.* Specialized bees fail to develop on non-host pollen: do plants chemically protect their pollen. **Ecology**, [s.l.], v. 89, n. 3, p. 795-804, 2008.
- RAMALHO, M. *et al.* Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no Domínio Tropical Atlântico. **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 36, p. 38-45, 2007.
- RAMALHO, M. *et al.* Exploitation of floral resources by *Plebeia remota* Holmberg (Apidae, Meliponinae). **Apidologie**, [s.l.], v. 16, n. 3, p. 307-330, 1985.
- RAMALHO, M. *et al.* Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and Trigonini) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. **Apidologie**, [s.l.], v. 21, n. 5, p. 469-488, 1990.
- RAMALHO, M. Foraging by stingless bees of the genus, *Scaptotrigona* (Apidae, Meliponinae). **Journal of Apicultural Research**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 61-67, 1990.
- RECH, A.R. *et al.* **Biologia da polinização**. [s.l.]. Projeto Cultural, 2014.
- RECH, A.R.; ABSY, M.L. Pollen sources used by species of Meliponini (Hymenoptera: Apidae) along the Rio Negro channel in Amazonas, Brazil. **Grana**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 150-161, 2010.
- RÊGO, M.M.C.; ALBUQUERQUE, P.M.C. Biodiversidade de abelhas em zonas de transição no Maranhão. **Documentos (Embrapa semiárido online)**, [s.l.], v. 249, n. 3, p. 37-57, 2012.
- REZENDE, A.C.C.; ABSY, M.L.; FERREIRA, M.G. Pollen niche of *Melipona dubia*, *Melipona seminigra* and *Scaptotrigona* sp. (Apidae: Meliponini) kept in indigenous communities of the Sateré Mawé Tribe, Amazonas, Brazil. **Journal of Apicultural Research**, [s.l.], p. 1-17, 2020.
- RICHARDS, K.W.; KEVAN, P.G. Aspects of bee biodiversity, crop pollination and conservation in Canada. In: **Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature**. In: Proceedings of the Workshop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees. 2002, Brasília, DF. Ministry of Environment. Brasília, DF. 2002.
- RINEHART, J. P. *et al.* A fluctuating thermal regime improves long-term survival of quiescent prepupal *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). **Journal of economic entomology**, [s.l.], v. 106, n. 3, p. 1081-1088, 2013.
- ROCHA-FILHO, L. C. *et al.* Low trophic niche overlap among trap-nesting bee species (Hymenoptera: Anthophila) in a semideciduous forest fragment. **Apidologie**, [s.l.], v. 49, n. 6, p. 759-772, 2018.
- ROCHA-FILHO, L.; GARÓFALO, C.A. Nesting biology of *Megachile (Chrysosarus) guaranitica* and high mortality caused by its cleptoparasite *Coelioxys bertonii* (Hymenoptera: Megachilidae) in Brazil. **Austral Entomology**, [s.l.], v. 55, p. 25-31, 2016.

ROSKOV, Y. *et al.* **Species 2000 & ITIS Catalogue of Life**. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands, 2020. Disponível em : <https://www.catalogueoflife.org/>. Acesso em 25 fev. 2021.

ROUBIK, D.W. **Ecology and natural history of tropical bees**. 1.ed. New York: Cambridge University Press, 1992. 514p.

ROUBIK, D.W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Italia: FAO. Agricultural Services Bulletin, 1995.196p.

SABINO, W.O. **Ecologia de nidificação de *Megachile (Moureapis) anthidioides* Radoschowsky, 1874 (Hymenoptera: Megachilidae) em cavidades artificiais**. 78p. 2010. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ecologia. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil. 2010.

SANTANA, I.O. *et al.* Produção de feijão de corda sob diferentes doses de nitrogênio aliado à aplicação de boro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, [s.l.], v. 16, n. 2, p. 75-80, 2020.

SANTOS, A. A. **Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de *Megachile dentipes* Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha**. 95 p. 2011. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil. 2011.

SANTOS, A.A. *et al.* Nesting biology and flower preferences of *Megachile (Sayapis) zaptlana*. **Journal of Apicultural Research**, [s.l.], v. 59, n. 4, p. 609-625, 2020.

SANTOS, G.M.M. *et al.* 2013. Overlap in trophic and temporal niches in the flower-visiting bee guild (Hymenoptera, Apoidea) of a tropical dry forest. **Apidologie**, [s.l.], v. 44, p. 64-74, 2013.

SCHLINDWEIN, C. Are oligolectic bees always the most effective pollinators. In: **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. In: Workshop on Solitary Bees and Their Role in Pollination, held in Beberibe. 2004. Fortaleza, CE. Imprensa Universitária. Fortaleza, CE. 2004.

SHEFFIELD, C. S. Pollination, seed set and fruit quality in apple: studies with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in the Annapolis valley, Nova Scotia, Canada. **Journal of Pollination Ecology**, [s.l.], v. 12, 2014.

SIERRA, C.I.A.; PARDO, A.H.S. Abejas visitantes de *Mimosa pigra* L. (Mimosaceae): comportamiento de pecoreo y cargas polínicas. **Acta Biológica Colombiana**, [s.l.], v.14, n. 1, p.109-120, 2009.

SIHAG, R.C. Behaviour and ecology of the subtropical carpenter bee, *Xylocopa fenestrata* F. 8. Life cycle, seasonal mortality, parasites and sex ratio. **Journal of Apicultural Research**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 109-114, 1993.

SILVA, C. I. *et al.* **Catálogo polínico: Palinologia aplicada em estudos de conservação de abelhas do gênero *Xylocopa* no Triângulo Mineiro**. Uberlândia: EDUFU, 2010.

SILVA, C.I. *et al.* **Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto**. Ribeirão Preto: Holos, 2014.

SILVA-FILHO, J.P. *et al.* Potential for apícola *Apis mellifera* L. Caatinga area in the period of flowering of oiticica (*Licania rigida* Benth). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 120-128, 2010.

SILVEIRA, F.A. *et al.* **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. 1. ed. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002. 253p.

SINU, P.A.; BRONSTEIN, J.L. Foraging preferences of leafcutter bees in three contrasting geographical zones. **Diversity and Distributions**, [s.l.], v. 24, n. 5, p. 621-628, 2018.

SOMAVILLA, A. *et al.* Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) e visitação floral em uma área de Mata Atlântica no Sul do Brasil. **EntomoBrasilis**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 191-200, 2018.

SOUZA, T.H.S. *et al.* Durability of alternative materials for making bait boxes for Africanized honeybee. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, [s.l.], v. 16, n. 1, 2018.

STAAB, M. *et al.* Trap nests for bees and wasps to analyse trophic interactions in changing environments—A systematic overview and user guide. **Methods in Ecology and Evolution**, [s.l.], v. 9, n. 11, p. 2226-2239, 2018.

STANGLER, E. S. *et al.* Vertical diversity patterns and biotic interactions of trap-nesting bees along a fragmentation gradient of small secondary rainforest remnants. **Apidologie**, [s.l.], v.47, n.4, p.527-538, 2016.

TAURA, H. M. *et al.* Melissocenótica (Apoidea, Anthophila) no Parque Florestal dos Pioneiros, Maringá, PR (sul do Brasil): Parte II. Utilização de recursos florais. **Acta Biológica Paranaense**, [s.l.], v. 36, 2007.

TÖLKE, E.D. *et al.* Diversity of floral glands and their secretions in pollinator attraction. **Co-Evolution of Secondary Metabolites**, [s.l.], p. 709-754, 2020.

TORRETTA, J.P.; DURANTE, S.P. Nesting ecology of *Megachile (Sayapis) mendozana* Cockerell and its synonymy with *Megachile (Sayapis) santiaguensis* Durante (Hymenoptera: Megachilidae). **Zootaxa**, [s.l.], v. 3008, p.63-68, 2011.

ULBRICH, K.; SEIDELMANN, K. Modeling population dynamics of solitary bees in relation to habitat quality. **Web Ecology**, v. 2, p.57–64, 2001.

URBAN, D.; MOURE, J.S. **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region- online version**. Anthidiini Ashmead. 1899. In MOURE, J.S.; URBAN, D.; MELO, G.A.R. (Orgs), 2012. Disponível em: <http://moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em 20 jul. 2019.

VANDENBERG, J.D. Nesting preferences of the solitary bee *Osmia sanrafaelae* (Hymenoptera: Megachilidae). **Journal of economic entomology**, [s.l.], v. 88, n. 3, p. 592-599, 1995. VIEIRA, G.H.C.B. *et al.* Fontes florais usadas por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em área de cerrado no município de Cassilândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 32, n. 5, p. 1454-1460, 2008.

VILHENA, A.M.G.F.; AUGUSTO, S.C. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. **Bioscience Journal**, [s.l.], v.

23, 2007.

VINSON, S.B.; FRANKIE, G.W. Nest selection, usurpation, and a function for the nest entrance plug of *Centris bicornuta* (Hymenoptera: Apidae). **Annals of the Entomological Society of America**, [s.l.], v. 93, n. 2, p. 254-260, 2000.

VITALE, N. *et al.* Similarities and differences in the realized niche of two allopatric populations of a solitary bee under environmental variability. **Apidologie**, [s.l.], p. 1-16, 2020.

VOLLET-NETO, A.; MENEZES, C. **Desafios e recomendações para o manejo e o transporte de polinizadores**. [s.l.]. Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE), 2018.

WINSTON, M.L. **The biology of the honey bee**. [s.l.]. Harvard University Press, 2003.

WOLFF, L.F. **Como capturar enxames com caixas-isca**. [s.l.]. Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), 2009.

WOUSLA, E.N. *et al.* Is bigger better? Apidae (Xylocopinae), megachilidae and cowpea (*Vigna unguiculata*) pollination. **Plant Breeding**, [s.l.], v. 139, n. 1, p. 156-166, 2020.