



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DAVID REZENDE DA SILVEIRA

MÉTODO DE NIDIFICAÇÃO DE ABELHAS COLETORAS DE ÓLEO
NEOTROPICAIS EM NINHOS-ARMADILHA: INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS
E INTRÍNSECAS

FORTALEZA

2022

DAVID REZENDE DA SILVEIRA

MÉTODO DE NIDIFICAÇÃO DE ABELHAS COLETORAS DE ÓLEO
NEOTROPICAIS EM NINHOS-ARMADILHA: INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS E
INTRÍNSECAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.

FORTALEZA

2022

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

S587m Silveira, David Rezende da.

Método de nidificação de abelhas coletoras de óleo neotropicais em ninhos-armadilha: influências ambientais e intrínsecas / David Rezende da Silveira. – 2022.
47 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.

1. Abelhas coletoras de óleo neotropicais. 2. Manejo em ninhos-armadilha. 3. Sazonalidade. 4. Parâmetros intrínsecos. I. Título.

CDD 570

DAVID REZENDE DA SILVEIRA

MÉTODO DE NIDIFICAÇÃO DE ABELHAS COLETORAS DE ÓLEO
NEOTROPICAIS EM NINHOS-ARMADILHA: INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS E
INTRÍNSECAS

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Ciências Biológicas do Centro de
Ciências da Universidade Federal do
Ceará como requisito parcial à obtenção
do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Aprovado em: 10/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

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

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

Dr. Antonio Diego de Melo Bezerra

A Deus, Pai, Filho e Espírito Santo.

À Santíssima Virgem Maria.

Aos meus Pais, Silvana e Rômulo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai, Filho e Espírito Santo, pelo milagre da vida e pelas inúmeras oportunidades e amadurecimento que me Ele me deu ao longo de minha vida. À Santíssima Virgem Maria, pela intercessão em meus momentos de maior necessidade.

À minha mãe, Silvana Rezende de Melo da Silveira, pelo enorme amor materno, cuidado, apoio e confiança dados ao longo de toda a minha vida. Ao meu pai, Rômulo Augusto da Silveira, pelo enorme amor paterno, apoio e incentivo que sempre me deu, por me ensinar a enfrentar os desafios da vida.

Ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Ceará, aos professores e coordenadores que me permitiram tamanho aprendizado e amadurecimento ao longo de minha graduação. Sobretudo, ao Prof. Dr. Cleverton Diniz Teixeira de Freitas, ao Prof. Vicente Vieira Faria, ao Prof. Dr. Paulo Cascon e ao Prof. Dr. Lorenzo Roberto Sgobaro Zanette pelos diálogos, apoio e por terem colaborado com meu desenvolvimento acadêmico durante minha graduação.

Ao Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas, meu orientador, pelas inúmeras oportunidades, paciência, amizade e inspiração em minha vida pessoal e profissional. Ao Dr. Antonio Diego de Melo Bezerra por toda a ajuda, paciência com meu aprendizado e amizade. Ao Prof. Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino, pela amizade e por todos os bons momentos compartilhados. Obrigado por confiarem em meu trabalho.

À cooperação científica entre a BAYER AG. (Alemanha) e a Universidade Federal do Ceará no projeto "Breeding, multiplication and handling of native pollinators for crop pollination in Brazil", no qual os dados desta monografia foram gerados.

Aos meus amigos e colegas do Grupo de Pesquisa com Abelhas (GPA) e do Laboratório de Abelhas da UFC, Maria da Conceição Parente, Ana Carolina Luz de Moura, Ana Vitória Pereira Lima, Vitória Inna Mary de Sousa Muniz, Epifânia Emanuela de Macêdo Rocha, Pedro de Assis de Oliveira, Arianne Moreira Cavalcante, Larysson Feitosa dos Santos, Nádia Silva de Carvalho, Victória Vieira da Silva, Nycolas Queiroz, Mateus Becco, Elves Mardônio Pereira da Costa, Hiara Marques Meneses, Letícia Ferreira Paiva e Felipe Jackson de Farias Silva. Obrigado por tudo o que me ensinaram, pela paciência, ajuda diária e pelos bons momentos que tivemos juntos.

A Alípio José de Souza Pacheco Filho, pela disponibilidade em auxiliar com as análises estatísticas desta monografia.

A Francisco Ruliglésio Rocha, por todo o auxílio, paciência, incentivo na pesquisa e, sobretudo, pela amizade.

A Micheline de Almeida Andrade, por todas as conversas e apoio ao longo de toda a minha graduação.

Aos meus amigos Giovanni Sousa Marques, Samuel Freire Freitas, Alan Victor dos Santos Teles, José Adailton Gonçalves da Rocha Filho, André Azevedo Costa, João Clesio Coutinho Ferreira e Jaderson Jales Martins. Conhecer-los durante a minha faculdade foi uma das maiores bênçãos que Deus já me deu. Muito obrigado por todas as experiências, conversas e alegrias que nossa amizade me proporcionou. Vocês me ensinaram a ser um ser humano melhor.

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.

“The saving Grace: I was never alone. I had help.”

(Alain de Botton)

RESUMO

As abelhas coletoras de óleo neotropicais *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes* colonizam com sucesso ninhos-armadilha e têm mostrado amplo potencial para a polinização de plantas nativas e culturas agrícolas. Buscando identificar fatores estimulantes que possam colaborar para o aprimoramento de técnicas de manejo e criatório para ambas as espécies, seu ciclo biológico, hábitos reprodutivos e de nidificação foram estudados. Ninhos-armadilha diferenciados em duas categorias de diâmetro foram ofertados de agosto de 2018 a novembro de 2021, dispostos em dois sítios de nidificação separados entre si por 5,42 m. Durante o tempo de desenvolvimento dos imaturos de *C. analis* e *T. diversipes*, cada ninho-armadilha foi abrigado em um de dois sítios de incubação, sob condições de temperatura e umidade distintas. Dados sobre o efeito de parâmetros sazonais e intrínsecos na frequência e preferência de nidificação, cavidades ocupadas, desenvolvimento dos imaturos e número de células e crias produzidas por ambas as espécies foram coletados. Temperatura média demonstrou ser parâmetro estimulante à nidificação destas espécies em ninhos armadilha. Observou-se uma nidificação mais frequente de *C. analis* em ninhos-armadilha com 6,0 mm de diâmetro, assim como uma frequência de nidificação maior por *T. diversipes* em ninhos-armadilha com 4,5 mm de diâmetro. O controle de temperatura e umidade durante o desenvolvimento de imaturos em sítios de incubação mostrou-se parâmetro importante para a redução do tempo de desenvolvimento de ambas as espécies. A espécie *Tetrapedia diversipes* apresentou um número maior de fêmeas do que machos emergidos, em contraste com *Centris analis*, que apresentou número maior de machos do que de fêmeas. Diâmetros de cavidade maiores contribuíram em ambas as espécies tanto para uma sobrevivência maior de crias como para um aumento na produção de células e crias.

Palavras-chave: abelhas coletoras de óleo neotropicais; manejo em ninhos-armadilha; sazonalidade; parâmetros intrínsecos.

ABSTRACT

The Neotropical oil-collecting bee species *Centris analis* and *Tetrapedia diversipes* successfully colonize trap nests, and have shown ample potential for both native and crop pollination alike. Aiming to identify useful stimulating factors for the improvement of management and rearing techniques of both bee species, their biological cycle, nesting and reproductive habits were studied. Trap nests differentiated into two diameter categories were made available from August 2018 until November 2021 and arranged into two different nesting sites 5.42 m apart from each other. During the development time of *C. analis* e *T. diversipes* brood, each trap nest was sheltered in one of two incubation sites, under distinct temperature and humidity conditions. Data concerning the effect of environmental and intrinsic parameters on nesting frequency and preference, occupied cavities, brood development, brood cell amount and brood size by both species were sampled. Mean temperature was shown to be a stimulating parameter to the nesting of both species in trap nests. *Centris analis* bees were seen nesting more frequently in 6.0 mm diameter trap nests, while *Tetrapedia diversipes* bees were seen instead nesting more frequently in 4.5 mm diameter trap nests. Temperature and humidity control in incubation sites during brood development was shown to be an important parameter for the decreasing of brood development time to both species. *Tetrapedia diversipes* bees presented a greater amount of hatched females than males, in contrast to *Centris analis* bees, which presented a greater amount of hatched males than females. Larger cavity diameters contributed on both species to greater brood survival and to increasing brood cell production and brood amount.

Keywords: Neotropical oil-collecting bees; management on trap nests; seasonality; intrinsic parameters.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Frequência mensal de nidificação das abelhas <i>Centris analis</i> de acordo com o sítio de nidificação e o diâmetro do ninho ao longo de alguns anos.....	28
Gráfico 2 –	Frequência mensal de nidificação das abelhas <i>Tetrapedia diversipes</i> de acordo com o sítio de nidificação e diâmetro do ninho ao longo de alguns anos.....	29
Gráfico 3 –	Percentual de nidificação pelas abelhas <i>Centris analis</i> de acordo com o sítio de nidificação e o diâmetro do ninho.....	31
Gráfico 4 –	Percentual de nidificação pelas abelhas <i>Tetrapedia diversipes</i> de acordo com o sítio de nidificação e o diâmetro do ninho.....	32
Gráfico 5 –	Boxplots do tempo de emergência (em dias) de acordo com as espécies de abelhas, sítio de nidificação, diâmetro do ninho e sítio de incubação.....	34
Gráfico 6 –	Boxplots do tempo para emergência (em dias) das abelhas <i>Centris analis</i> e <i>Tetrapedia diversipes</i>	35
Gráfico 7 –	Boxplots da razão sexual (macho/fêmea) das abelhas <i>Centris analis</i> e <i>Tetrapedia diversipes</i> de acordo com o sítio de nidificação e diâmetro dos ninhos.....	36
Gráfico 8 –	Número de imaturos/crias mortas de acordo com o sítio de nidificação, ano e diâmetro do ninho para as abelhas <i>Centris analis</i> e <i>Tetrapedia diversipes</i> , abrigados no sítio de incubação Berçário.....	37
Gráfico 9 –	Número de imaturos/crias mortas de acordo com o sítio de nidificação, ano e diâmetro do ninho para as abelhas <i>Centris analis</i> e <i>Tetrapedia diversipes</i> , abrigados no sítio de incubação BOD.....	38
Gráfico 10 –	Média (pontos) e desvio padrão (linhas) do número de células e crias por ninho de acordo com o sítio de nidificação e os diâmetros dos ninhos para as abelhas <i>Centris analis</i> e <i>Tetrapedia diversipes</i> ..	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativas dos coeficientes de regressão, seus erros padrão (EP), valores da estatística t e valor do nível descritivo p (teste bicaudal) para o modelo ajustado.....	30
Tabela 2 – Resultados do teste Mann-Whitney (U) e seu nível descritivo (p).....	33
Tabela 3 – Mediana, média e desvio padrão (DP) do tempo de emergência (dias).....	34
Tabela 4 – Média e desvio padrão (DP) do número de células e crias por ninho de acordo com sítio de nidificação e diâmetros dos ninhos para as abelhas <i>Centris analis</i> e <i>Tetrapedia diversipes</i>	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GAMLSS	<i>Generalized Additive Model for Location, Scale and Shape</i>
GLM	<i>Generalized Linear Model</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LM	Longe do Murici
NA	Ninho-armadilha
PM	Perto do Murici

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	Objetivos gerais.....	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1	As abelhas e sua importância sócio-ecológica.....	18
3.2	Abelhas solitárias e ninhos-armadilha.....	18
3.3	Abelhas coletoras de óleo neotropicais.....	20
3.3.1	<i>Tribo Centridini e o gênero Centris</i>	21
3.3.2	<i>Tribo Tetrapediini e o gênero Tetrapedia</i>	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1	Descrição da área de estudo.....	23
4.2	Ninhos-armadilha e sítios de nidificação.....	23
4.3	Sítios de incubação.....	24
4.4	Aspectos da nidificação de <i>Centris analis</i> e <i>Tetrapedia diversipes</i>	25
4.4.1	<i>Frequência de nidificação e percentual de cavidades ocupadas</i>	25
4.4.2	<i>Desenvolvimento dos imaturos</i>	25
4.4.3	<i>Indivíduos emergidos, razão sexual e mortalidade</i>	26
4.4.4	<i>Média de células construídas</i>	27
4.5	Análises estatísticas.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1	Frequência de nidificação e sazonalidade.....	28
5.2	Percentual e preferência de cavidades ocupadas.....	31
5.3	Desenvolvimento dos imaturos e sazonalidade.....	33
5.4	Indivíduos emergidos, razão sexual e mortalidade.....	36
5.5	Média de células construídas.....	39
6	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS.....	42
	ANEXO A – TABELAS DE ANÁLISES DESCRITIVAS.....	46
	ANEXO B – GAMLSS GRÁFICOS COMPLEMENTARES.....	49

1 INTRODUÇÃO

Embora as abelhas sejam mais conhecidas pela produção de produtos apícolas como o mel, o principal serviço sócio-ecológico oferecido por estes insetos é a polinização silvestre e agrícola (DA SILVA *et al.*, 2014; KLEIN *et al.*, 2020). Esse serviço é comumente disponibilizado como um insumo externo, por meio da introdução de colônias de *Apis mellifera* L., espécie exótica e eussocial, capaz de polinizar elevado número de flores em grandes áreas de cultivo (KLEIN *et al.*, 2020; MICHENER, 2007).

No entanto, a grande perda de colônias de *A. mellifera* nas últimas décadas tem incentivado estudos sobre o manejo racional de polinizadores alternativos, como as abelhas solitárias silvestres (FREITAS; PEREIRA, 2004; KLEIN *et al.*, 2020). Espécies solitárias, além de abundantes (FREITAS; PEREIRA, 2004), apresentam frequentemente especializações no forrageio de certas flores, em contraste com generalistas como *A. mellifera*, o que pode trazer serviços de polinização mais eficientes a culturas-alvo (KLEIN *et al.*, 2020; PRAZ; MÜLLER; DORN, 2008).

Existem, por exemplo, aproximadamente 450 espécies de abelhas especializadas em coletar óleo floral no mundo (MARTINS; MELO; RENNER, 2014; MICHENER, 2007; RASMUSSEN; OLESEN, 2000). Na região neotropical, todas as espécies coletoras de óleo pertencem à família Apidae, divididas em três tribos: Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapediini (RASMUSSEN; OLESEN, 2000). As espécies descritas no estado do Ceará até o presente momento pertencem às tribos Centridini e Tetrapediini (FREITAS *et al.*, 2021; MICHENER, 2007).

Centridini é composta quase inteiramente por abelhas coletoras de óleo pilosas e robustas (MICHENER, 2007; LOURENÇO *et al.*, 2019). As fêmeas coletam óleo floral para uso na construção dos ninhos e provisionamento das células de cria (KLEIN *et al.*, 2020; LOURENÇO *et al.*, 2019; MICHENER, 2007). A tribo é dividida em dois gêneros, *Centris* Fabricius e *Epicharis* Klug (MARTINS; MELO; RENNER, 2014; MICHENER, 2007), sendo *Centris* o mais numeroso (MARTINS; MELO; RENNER, 2014).

A espécie *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius, 1804) coloniza com sucesso ninhos-armadilha (LOURENÇO *et al.*, 2019) e tem mostrado amplo potencial para a polinização de plantas nativas como o muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.) (PEREIRA; FREITAS, 2002) e culturas agrícolas como a acerola (*Malpighia emarginata* DC.)

(KLEIN *et al.*, 2020; MAGALHÃES; FREITAS, 2013; OLIVEIRA; SCHLINDWEIN, 2009).

A tribo Tetrapediini é composta por dois gêneros: *Coelioxoides* Cresson, abelhas cleptoparasitas, e *Tetrapedia* Klug (MICHENER, 2007), cujas fêmeas costumam coletar óleo floral de plantas da família Malpighiaceae para uso na construção do ninho (CAVALCANTE *et al.*, 2019; SILVEIRA; MELO, 2002). *Tetrapedia diversipes* (Klug, 1810) (FREITAS *et al.*, 2021) tem mostrado boa receptividade ao manejo racional com uso de ninhos-armadilha em campo (CAPPELARI *et al.*, 2012; CAVALCANTE *et al.*, 2019; MICHENER, 2007).

Apesar de já existirem alguns aspectos bionômicos da nidificação em ninhos-armadilha de *C. analis* (ALONSO; SILVA; GARÓFALO, 2012; LOURENÇO *et al.*, 2019; SANTOS; PEIXOTO; AGUIAR, 2020) e *T. diversipes* (CAVALCANTE *et al.*, 2019; SANTOS; PEIXOTO; AGUIAR, 2020) descritos, a influência que fatores metodológicos intrínsecos e influências ambientais impõem na produção de ninhos, células e desenvolvimento de imaturos ainda não foi bem elucidada.

Dessa forma, aspectos sobre o ciclo biológico e a nidificação *C. analis* e *T. diversipes* serão investigados nesse trabalho, visando identificar fatores estimulantes intrínsecos ou ambientais, com o intuito de respaldar e colaborar para a elaboração de técnicas eficazes de manejo e criatório para ambas as espécies.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Conhecer parâmetros sobre o ciclo biológico, hábitos reprodutivos e de nidificação das abelhas coletoras de óleo neotropicais *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius, 1804) e *Tetrapedia diversipes* (Klug, 1810) (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha, visando identificar possíveis fatores estimulantes intrínsecos ou ambientais que possam colaborar para a elaboração de técnicas eficazes de manejo e criatório para ambas as espécies.

2.2 Objetivos específicos

- 1 – Investigar o efeito de parâmetros sazonais sobre a frequência de nidificação e a preferência de *C. analis* e *T. diversipes* por sítios de nidificação distintos;
- 2 – Investigar o efeito de parâmetros metodológicos intrínsecos (diâmetro de cavidades) sobre a preferência e o percentual de cavidades ocupadas por *C. analis* e *T. diversipes* em ninhos-armadilha disponibilizados.
- 3 – Investigar o efeito de parâmetros sazonais sobre o desenvolvimento dos imaturos de *C. analis* e *T. diversipes*.
- 4 – Avaliar o efeito de parâmetros metodológicos intrínsecos (sítios de nidificação e sítios de incubação) sobre o desenvolvimento, razão sexual e mortalidade dos imaturos de *C. analis* e *T. diversipes*.
- 5 – Investigar o efeito de parâmetros metodológicos intrínsecos (sítios de nidificação e diâmetro de cavidades) sobre o número de células construídas e crias produzidas por *C. analis* e *T. diversipes* em ninhos-armadilha.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 As abelhas e sua importância sócio-ecológica

Existem mais de 20.000 espécies descritas de abelhas (Hymenoptera, Anthophila), insetos encontrados com maior riqueza e diversidade nas zonas tropicais e subtropicais, embora existentes em todos os continentes exceto a Antártida (EARDLEY *et al.*, 2006; MICHENER, 2007). Apesar de serem mais conhecidas pela produção de produtos apícolas como o mel e a cera, o principal serviço sócio-ecológico oferecido pelas abelhas é a polinização silvestre e agrícola (DA SILVA *et al.*, 2014; KLEIN *et al.*, 2020).

A polinização consiste na transferência do pólen do órgão reprodutor masculino (as anteras) ao feminino (o estigma) da flor, permitindo o desenvolvimento das sementes e o subsequente vingamento dos frutos (KLEIN *et al.*, 2020), influenciando diretamente em sua quantidade e qualidade (FREITAS; PEREIRA, 2004). Dentre as 308.006 espécies conhecidas de plantas, cerca de 87% dependem da polinização realizada por seres vivos (biótica) para a reprodução (DA SILVA *et al.*, 2014).

O valor mundial da polinização biótica é estimado entre US\$ 235-577 bilhões por ano, sendo esse valor no Brasil estimado entre US\$ 42-43 bilhões (KLEIN *et al.*, 2020). Dentre os agentes polinizadores conhecidos, como as aves, os besouros e as moscas, as abelhas seriam responsáveis pela polinização de até 73% das espécies utilizadas de forma direta ou indireta na alimentação humana, sendo consideradas os principais polinizadores das culturas agrícolas (DA SILVA *et al.*, 2014; FREITAS; PEREIRA, 2004; KLEIN *et al.*, 2020).

A polinização agrícola é comumente disponibilizada como um insumo externo, por meio da introdução de colônias de *Apis mellifera* L., espécie eussocial capaz de polinizar elevado número de flores em grandes áreas de cultivo (KLEIN *et al.*, 2020; MICHENER, 2007). No entanto, a grande perda de colônias de *A. mellifera* nas últimas décadas, influenciada por fatores como o uso de agrotóxicos, doenças e parasitas, tem incentivado estudos sobre o manejo racional de polinizadores alternativos, como as abelhas solitárias silvestres (FREITAS; PEREIRA, 2004; KLEIN *et al.*, 2020).

3.2 Abelhas solitárias e ninhos-armadilha

Até 85% das espécies conhecidas de abelhas é solitária (FREITAS; PEREIRA, 2004; KLEIN *et al.*, 2020). Muitas espécies solitárias são especialistas no forrageio de certas flores (oligoléticas) em contraste com espécies generalistas (poliléticas) como *A. mellifera*, o que pode trazer serviços de polinização mais eficientes a culturas-alvo (KLEIN *et al.*, 2020; PRAZ; MÜLLER; DORN, 2008).

Evolutivamente, as abelhas solitárias apresentam o ciclo de vida mais primitivo dentre todas as espécies do clado Anthophila (MICHENER, 2007). Estas abelhas não apresentam organização social nem divisão de castas (operárias estéreis e rainha fértil) dentre fêmeas, como observado em *A. mellifera*. Uma única fêmea realiza oviposição ao mesmo tempo que constrói o ninho sozinha, a provisionando as células de cria com recursos florais como pólen e néctar para a alimentação dos imaturos (DA SILVA *et al.*, 2014; MICHENER, 2007).

Forrageando sozinhas e possuindo frequentemente raio de voo reduzido, muitas espécies de abelhas solitárias apresentam preferência ao forrageio de certos gêneros ou famílias vegetais (KLEIN *et al.*, 2020; MICHENER, 2007). O gênero *Peponapis* Robertson, por exemplo, coleta apenas o pólen da família Cucurbitaceae (KLEIN *et al.*, 2020). Comumente, espécies solitárias silvestres apresentam adaptações físicas e comportamentais ao forrageio e consumo de recursos vegetais especializados (MICHENER, 2007; PRAZ; MÜLLER; DORN, 2008; RASMUSSEN; OLESEN, 2000).

Embora tais especializações tragam um potencial para a polinização de certas culturas agrícolas por vezes maior que o de espécies poliléticas, como *A. mellifera* (KLEIN *et al.*, 2020), é necessário compreender a ecologia destas abelhas para que protocolos do manejo racional de seus ninhos possam ser estabelecidos (EARDLEY *et al.*, 2006; FREITAS; PEREIRA, 2004; OLIVEIRA; SCHLINDWEIN, 2009). Infelizmente, as abelhas solitárias são ainda pouco estudadas, especialmente em comparação com espécies eussociais (FREITAS; PEREIRA, 2004; KLEIN *et al.*, 2020).

Uma das razões para esta carência é a diversidade ecológica que as abelhas solitárias silvestres apresentam. Os tipos de substrato para a nidificação e recursos coletados variam muito (DA SILVA *et al.*, 2014; EARDLEY *et al.*, 2006). Entretanto, o manejo de espécies que nidificam em cavidades pré-existentes, como buracos em barrancos ou madeira morta, tem se mostrado promissor com o uso de ninhos-armadilha (DA SILVA *et al.*, 2014; KLEIN *et al.*, 2020).

Ninhos-armadilha, cuja metodologia foi sistematizada por Krombein (1967), consistem em cavidades artificiais confeccionadas a partir de diversos materiais, como feixes de caules ocos e tubos de papel, cartolina ou papelão. O comprimento, o diâmetro e a disposição no campo dos ninhos-armadilha são também muito variáveis e influenciam a seleção das abelhas no uso das cavidades (ALONSO; SILVA; GARÓFALO, 2012; KROMBEIN, 1967; SANTOS; PEIXOTO; AGUIAR, 2020).

Uma adaptação recente desta técnica, a disponibilização de centenas de unidades de ninhos-armadilha dispostos em blocos agregados, tem influenciado positivamente a receptividade das abelhas às cavidades artificiais (LOURENÇO *et al.*, 2019; MAGALHÃES; FREITAS, 2013). Um benefício subsequente, observado em território nacional, tem sido o aumento na produtividade de culturas polinizadas por abelhas coletoras de óleo neotropicais (KLEIN *et al.*, 2020; MAGALHÃES; FREITAS, 2013).

3.3 Abelhas coletoras de óleo neotropicais

Existem, no mundo, aproximadamente 450 espécies de abelhas especializadas em coletar óleo floral, comportamento que evoluiu de forma independente em duas famílias do clado Anthophila: Melittidae e Apidae (MARTINS; MELO; RENNER, 2014; MICHENER, 2007; RASMUSSEN; OLESEN, 2000). Na região neotropical, todas as espécies coletoras de óleo pertencem à família Apidae, divididas em três tribos: Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapediini (RASMUSSEN; OLESEN, 2000).

Em torno de 1.800 espécies vegetais oferecem óleo floral como recompensa a abelhas solitárias silvestres, seus principais agentes polinizadores (RASMUSSEN; OLESEN, 2000). Os óleos florais são produzidos por glândulas denominadas elaióforos por Vogel (1974). Existem dois tipos distintos de elaióforos: o epitelial, comum em flores das famílias Malpighiaceae e Krameriaceae, e o tricomático, comum em flores da família Primulaceae (RASMUSSEN; OLESEN, 2000; VOGEL, 1974).

As abelhas coletam o óleo produzido por ambos os tipos de elaióforo e usam-no principalmente na construção do ninho, revestindo e impermeabilizando as células de cria assim como o opérculo, a estrutura construída para fechar o ninho e proteger os imaturos de cleptoparasitas e outros inimigos naturais (CAVALCANTE *et al.*, 2019; LOURENÇO *et al.*, 2019). Por isso, a presença de fontes de óleo é considerada fator limitante ao crescimento populacional destas abelhas solitárias (LOURENÇO *et al.*, 2019).

No estado do Ceará foram registradas 18 espécies de abelhas coletoras de óleo neotropicais, pertencentes a duas tribos de Apidae: Centridini, com 17 espécies pertencentes ao gênero *Centris* Fabricius, e Tetrapediini, com somente uma espécie: *Tetrapedia diversipes* (Klug, 1810) (FREITAS *et al.*, 2021; MICHENER, 2007).

3.3.1 Tribo Centridini e o gênero Centris

A tribo Centridini é composta, em sua maioria, essencialmente por abelhas coletoras de óleo, todas nativas da região neotropical (LOURENÇO *et al.*, 2019; MICHENER, 2007). São abelhas pilosas e possuem médio a grande porte corporal. A maioria coleta óleo floral de plantas das famílias Malpighiaceae, Krameriaceae e Scrophulariaceae (KLEIN *et al.*, 2020; MICHENER, 2007; SILVEIRA; MELO, 2002), que as fêmeas usam na construção dos ninhos e provisão das células de cria (LOURENÇO *et al.*, 2019; MICHENER, 2007).

A coleta de óleo é facilitada pela presença de cerdas em forma de espátula, dispostas em forma de “pentes” nos basitarsos dos pares de pernas anteriores e médias, sendo utilizadas para raspar a cutícula de elaióforos epiteliais, onde o óleo produzido é armazenado (LOURENÇO *et al.*, 2019; MICHENER, 2007; SILVEIRA; MELO, 2002). O óleo coletado é armazenado em escopas, aglomerados de cerdas ramificadas nas tíbias e basitarsos do par de pernas posteriores, e transportado de volta ao ninho (MICHENER, 2007; SILVEIRA; MELO, 2002).

De acordo com Neff e Simpson (1981), espécies produtoras de óleo da família Malpighiaceae, dotadas de elaióforos epiteliais (RASMUSSEN; OLESEN, 2000; VOGEL, 1974) evoluíram paralelamente ao desenvolvimento de um ancestral comum de todas as espécies de Centridini. Desta forma, o atual sucesso desta interação planta-polinizador seria uma consequência da coevolução das Malpighiaceae com as Centridini. (MICHENER, 2007; NEFF; SIMPSON, 1981).

A tribo é dividida em dois gêneros, *Centris* Fabricius e *Epicharis* Klug, compreendendo mais de 260 espécies de abelhas (MARTINS; MELO; RENNERT, 2014; MICHENER, 2007; VIVALLO; ZANELLA, 2012). Destes, *Centris* é o mais numeroso, com aproximadamente 230 espécies (VIVALLO, 2020). No Brasil, abelhas deste gênero são encontradas em diversos biomas, como na caatinga, no cerrado e na Mata Atlântica (DA SILVA *et al.*, 2014; SILVEIRA; MELO, 2002; VIVALLO; ZANELLA, 2012).

Dentre as espécies descritas no Ceará, *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius, 1804) possui ampla distribuição geográfica (LOURENÇO *et al.*, 2019) e tem mostrado potencial para a polinização de plantas nativas como o muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.) (PEREIRA; FREITAS, 2002) e culturas agrícolas como a acerola (*Malpighia emarginata* DC.) e o caju (*Anacardium occidentale* L.) (KLEIN *et al.*, 2020; MAGALHÃES; FREITAS, 2013; OLIVEIRA; SCHLINDWEIN, 2009).

Esta espécie apresenta a capacidade de se reproduzir múltiplas vezes ao longo do ano, sendo considerada multivoltina, possuindo também hábito de nidificação em cavidades pré-existentes na madeira morta (KLEIN *et al.*, 2020; OLIVEIRA; SCHLINDWEIN, 2009). Fêmeas de *C. analis*, embora solitárias, toleram nidificar em aglomerações de ninhos (LOURENÇO *et al.*, 2019; OLIVEIRA; SCHLINDWEIN, 2009). Estudos recentes demonstram boa receptividade ao uso de ninhos-armadilha em campo (MAGALHÃES; FREITAS, 2013; OLIVEIRA; SCHLINDWEIN, 2009).

3.3.2 Tribo Tetrapediini e o gênero Tetrapedia

A tribo Tetrapediini é composta por dois gêneros: *Coelioxoides* Cresson, cujas espécies são todas abelhas cleptoparasitas, e *Tetrapedia* Klug, abelhas solitárias coletoras de óleo (CAVALCANTE *et al.*, 2019; MICHENER, 2007). Abelhas de porte médio a pequeno e pouco pilosas (SILVEIRA; MELO, 2002), costumam coletar óleo floral de plantas da família Malpighiaceae, que as fêmeas utilizam na construção do ninho, junto com areia (CAVALCANTE *et al.*, 2019; SILVEIRA; MELO, 2002).

Ambos os sexos apresentam cerdas em forma de espátula, dispostas em forma de “pentas” nos basitarsos do par de pernas anteriores, associadas à raspagem da cutícula de elaióforos epiteliais (CAPPELARI *et al.*, 2012; SILVEIRA; MELO, 2002). Da mesma forma, fêmeas e machos apresentam matrizes de cerdas ramificadas e simples, associadas à coleta de óleo em elaióforos tricomáticos, nos basitarsos do par de pernas médias (CAPPELARI *et al.*, 2012; RASMUSSEN; OLESEN, 2000). O óleo coletado por fêmeas é armazenado em escopas, aglomerados de cerdas ramificadas nas tíbias e basitarsos do par de pernas posteriores, e transportado de volta ao ninho (CAPPELARI *et al.*, 2012; MICHENER, 2007; SILVEIRA; MELO, 2002).

A espécie representante do gênero em território cearense, *Tetrapedia diversipes* (Klug, 1810) possui ampla distribuição geográfica, reprodução multivoltina, nidificação

em cavidades pré-existentes na madeira morta e tolerância à nidificação em aglomerações de ninhos (CAPPELARI *et al.*, 2012; CAVALCANTE *et al.*, 2019; MICHENER, 2007). Contudo, embora estudos recentes demonstrem boa receptividade ao uso de ninhos-armadilha em campo, *T. diversipes* frequentemente coleta óleo sem realizar polinização, “roubando” o recurso (CAVALCANTE *et al.*, 2019; RASMUSSEN; OLESEN, 2000).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi conduzido durante o período de agosto de 2018 a novembro de 2021, no Setor de Abelhas, Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici, situado no município de Fortaleza – CE (Latitude: 3°44'33.70”S e Longitude: 38°34'45.46”O).

A área de estudo, onde foram instalados blocos de madeira com ninhos-armadilha, está inserida em uma região de clima tropical quente subúmido, classificado como Aw', de acordo com a classificação climática de Köppen (1918). O predomínio da estação chuvosa ocorre nos meses de janeiro até maio, com pluviosidade média de 1338,0 mm e temperatura média que transita entre 26 °C e 28 °C (CAVALCANTE *et al.*, 2019; LOURENÇO *et al.*, 2019).

O local está situado na área urbana de Fortaleza e rodeado por um pequeno fragmento de cobertura vegetal nativa, caracterizada como Mata de Tabuleiro (MORO *et al.*, 2015), onde é possível encontrar espécies 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 (*Malpighia emarginata* DC.) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.) (CAVALCANTE *et al.*, 2019; LOURENÇO *et al.*, 2019; MUNIZ, 2021).

4.2 Ninhos-armadilha e sítios de nidificação

Os 453 ninhos-armadilha (NAs) disponibilizados ao longo do estudo foram diferenciados em duas categorias: a primeira, 231 tubos confeccionados em cartolina preta com 12 cm de comprimento e 4,5 mm de diâmetro. A segunda, 222 canudos feitos de papel biodegradável (denominados biocanudos) de exterior preto e interior branco, com 19,7 cm de comprimento e 6,0 mm de diâmetro, produzidos pela empresa

BioCanudo[®]. Ambas foram fechadas na extremidade com cera de *A. mellifera* ou fita gomada, em adaptação da técnica de ninhos-armadilha proposta por Krombein (1967).

Todos os NAs foram instalados a 1,30 m 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. Como parte do desenho experimental, foram distribuídos proporcionalmente em dois grupos ou sítios de nidificação distintos, separados entre si por 5,42 m e denominados Longe do Murici (LM) e Perto do Murici (PM), em relação à sua distância individual ao muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.) localizado em frente ao sítio PM.

O sítio LM continha cinco blocos de madeira, totalizando 222 NAs divididos em duas categorias: 132 tubos de cartolina e 90 biocanudos. O sítio PM continha quatro blocos de madeira, totalizando 231 NAs divididos em duas categorias: 99 tubos de cartolina e 132 biocanudos. Destaca-se que, entre agosto de 2018 e julho de 2019, ambos os sítios de nidificação continham exclusivamente tubos de cartolina, pois os biocanudos foram introduzidos no estudo somente a partir de agosto de 2019.

4.3 Sítios de incubação

Após a construção do opérculo (operulação) de cada ninho e durante o tempo de desenvolvimento dos imaturos de *C. analis* e *T. diversipes*, cada NA operculado foi abrigado em um de dois sítios de incubação distintos, ambos protegidos da chuva e do sol direto e posicionados em localizações diferentes.

O primeiro destes sítios foi denominado Berçário, localizado no mesmo galpão aberto onde foram instalados LM e PM. Consistia em 23 tijolos do tipo furado universal (19X19X9cm) organizados em sete pilhas paralelas formadas por três a quatro tijolos individuais e apoiadas sobre tábuas de madeira. NAs operculados entre segunda-feira e sábado de manhã, dias regulares da realização do manejo experimental e aos quais fora possível atribuir data exata de operulação, foram sempre transferidos ao Berçário e armazenados nos alvéolos de seus tijolos.

O segundo sítio de incubação foi denominado BOD, uma incubadora do tipo Demanda Bioquímica de Oxigênio (*Biochemical Oxygen Demand*), localizada no Laboratório Experimental do Setor de Abelhas. NAs operculados entre sábado de tarde e domingo, aos quais não foi possível atribuir data exata de operulação, foram sempre

transferidos ao sítio BOD e mantidos sob controle de umidade e temperatura, a 27 °C (CAVALCANTE *et al.*, 2019; LOURENÇO *et al.*, 2019). Para fins estatísticos, a data de operculação atribuída a estes ninhos foi sempre a de domingo.

Destaca-se que, entre agosto de 2018 e outubro de 2020, o único sítio de incubação utilizado no estudo foi o Berçário, pois o uso do sítio BOD para a incubação de NAs operculados entre sábado de tarde e domingo iniciou-se somente a partir de novembro de 2020.

4.4 Aspectos da nidificação de *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes*

4.4.1 Frequência de nidificação e percentual de cavidades ocupadas

Para avaliar a frequência de nidificação mensal e o percentual de cavidades ocupadas pelas fêmeas de *C. analis* e *T. diversipes*, correlacionados à possível existência de preferência por um dos dois diâmetros ou sítios de nidificação disponibilizados, os NA em LM e PM foram acompanhados ao longo de todo o tempo de estudo. Esse acompanhamento foi realizado por meio de observação local e registro fotográfico. Novos ninhos foram identificados de segunda-feira a sábado, normalmente durante o turno da manhã, e contabilizados.

Os métodos de coleta de dados descritos acima foram também utilizados para averiguar a influência de variáveis climáticas e ambientais sobre a sazonalidade de nidificação das fêmeas de *C. analis* e *T. diversipes*. Esses picos de nidificação sazonais foram também correlacionados com a frequência mensal de nidificação e a duração do tempo de desenvolvimento dos imaturos, em adaptação da análise feita por Santos, Peixoto e Aguiar (2020).

Buscou-se, sobretudo, não somente avaliar a influência das variáveis climáticas separadas entre os períodos pré-chuvoso (dezembro a janeiro), chuvoso (fevereiro a maio) e pós-chuvoso (junho a novembro) anuais definidos de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME, 2021) como feito por Muniz (2021), mas averiguar também os efeitos da sazonalidade mês a mês, a fim de identificar possíveis padrões de variação individuais não registrados previamente.

4.4.2 Desenvolvimento dos imaturos

A fim de investigar a duração do ciclo de desenvolvimento dos imaturos de *C. analis* e *T. diversipes* – correspondendo aqui ao período de tempo entre a data operculação dos ninhos e a data de emergência dos adultos – e seus possíveis fatores de influência, foi utilizada uma adaptação da técnica proposta por Lourenço *et al.* (2019).

Cada NA individual era, em até no máximo 15 a 20 dias após a sua operculação, retirado de seu sítio de nidificação 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. Todo canudo plástico, após ser etiquetado com informações referentes à data de operculação do NA e localização em seu sítio de nidificação original, era então transferido ao Berçário ou ao BOD, de acordo com sua data de operculação. Nesses sítios de incubação os canudos plásticos permaneciam até a emergência dos adultos, que ficavam retidos pelo tecido de voal. O voal de cada NA em incubação era verificado no período de segunda-feira a sábado, normalmente durante o turno da manhã, para registrar a data de emergência do primeiro adulto da prole e investigar a possível correlação do seu tempo de desenvolvimento com o sítio de incubação atribuído.

Cada NA retirado de seu sítio de nidificação era imediatamente substituído por um novo de mesma categoria de diâmetro, comprimento e material para garantir sua disponibilidade contínua para as fêmeas de abelha (LOURENÇO *et al.*, 2019).

4.4.3 Indivíduos emergidos, razão sexual e mortalidade

O número de indivíduos emergidos foi contabilizado de segunda-feira a sábado, ao longo de todo o tempo de estudo. A razão sexual também foi calculada, calculando-se a proporção do número de fêmeas e machos emergidos dos ninhos. Após a coleta de informações, todos os adultos emergidos eram soltos próximo a LM e PM.

Fórmula da Razão Sexual: número de fêmeas/ número de machos + número de fêmeas.

Foram considerados como mortos somente os NAs cujos indivíduos não emergiram após 120 dias, ou quatro meses, após a data de operculação de seus ninhos (CAVALCANTE *et al.*, 2019). NAs considerados mortos foram abertos com o uso de tesoura, tendo o número de indivíduos presentes em seu interior contabilizado para

averiguar a possível correlação entre os sítios de nidificação, incubação e o diâmetro dos NAs com a taxa de mortalidade observada em imaturos de *C. analis* e *T. diversipes*.

4.4.4 Média de células construídas

Passados quatro dias após o surgimento do primeiro adulto de cada ninho de *C. analis* e *T. diversipes*, intervalo identificado como o tempo máximo para a emergência do último indivíduo da prole em *C. analis* por Lourenço *et al.* (2019), os NAs foram abertos com o uso de tesoura para a contabilização do número de células em seu interior. O mesmo foi feito com os NAs considerados mortos (CAVALCANTE *et al.*, 2019; LOURENÇO *et al.*, 2019). Com esses dados foi avaliada a possível correlação da média de células construídas por ambas as espécies com os sítios de nidificação (LM e PM) e o diâmetro dos NAs (4,5 mm e 6,0 mm) por meio de estatística descritiva.

4.5 Análises estatísticas

Os dados referentes à frequência de nidificação, percentual de cavidades ocupadas, número de células construídas, número de indivíduos emergidos, razão sexual e taxa de mortalidade foram analisados usando-se estatísticas descritivas, por meio de tabelas e gráficos gerados no software Microsoft Excel 2013.

Foi empregada a técnica de regressão estatística tomando a frequência de nidificação como variável resposta e as variáveis climáticas, o sítio de nidificação (LM e PM) e a espécie de abelha (*C. analis* e *T. diversipes*) como variáveis explicativas. As variáveis climáticas foram coletadas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET – <https://portal.inmet.gov.br/>). Especificamente, são elas: precipitação total mensal (mm), temperatura média (°C), umidade relativa (%) e velocidade do vento (m/s).

Inicialmente tentou-se empregar um modelo linear generalizado (MLG – ou GLM em inglês). Contudo, nenhuma distribuição da família exponencial linear (aquelas que MLG emprega) foi capaz de se ajustar aos dados. Dessa forma, utilizou-se um modelo linear generalizado de localização, escala e forma (GAMLSS), pois tal modelo é capaz de lidar com qualquer distribuição de probabilidade. O modelo GAMLSS empregado assumiu distribuição logarítmica (da variável resposta dada as explicativas) com função de ligação *logit* (ANEXO B).

Foi aplicado o teste Mann-Whitney (U) para verificar possíveis diferenças no tempo de emergência (dias) entre: espécies, sítios de nidificação, diâmetro do ninho, sítios de incubação e combinações (por exemplo, diferenças entre sítios de nidificação para a espécie *C. analis*).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

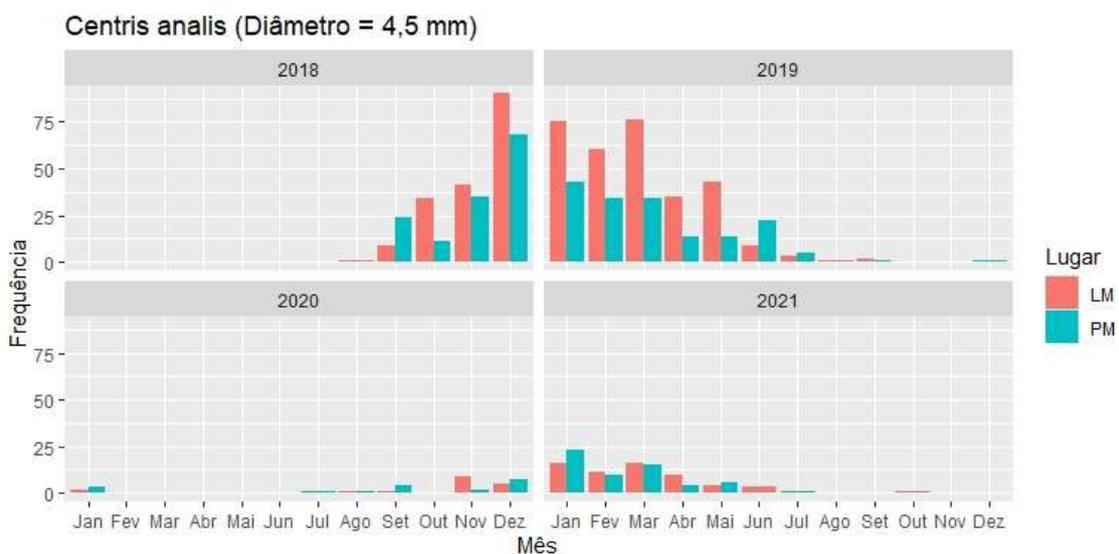
5.1 Frequência de nidificação e sazonalidade

As fêmeas de *Centris analis* (Gráfico 1), assim como as fêmeas de *T. diversipes* (Gráfico 2) apresentaram colonização e nidificação dos ninhos em ambos os sítios de nidificação em todo o período avaliado. Em ambas as espécies, notam-se picos na frequência de nidificação entre os meses de novembro a março, coincidindo com o último mês do período pós-chuvoso (junho a novembro), duração completa do período pré-chuvoso (dezembro a janeiro), e início do período chuvoso (fevereiro a maio).

Durante este período, ocorre a florada anual do muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.) em frente ao sítio de nidificação PM, iniciando-se ao final de setembro, quando as primeiras flores começam a abrir, e terminando em fevereiro. A florada do muricizeiro disponibiliza óleo próximo a PM e LM, o que, combinado com a abundância de cavidades para nidificação, atrai uma população maior de fêmeas (CAVALCANTE et al., 2019; LOURENÇO et al., 2019)

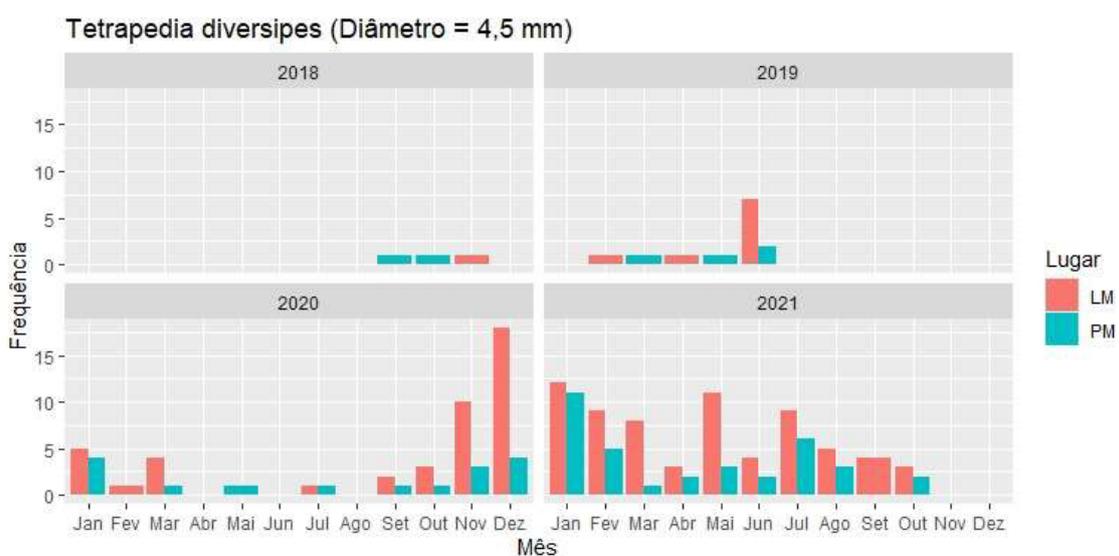
No entanto, para ambas as espécies, há uma variação na frequência de nidificação durante os meses do período de florescimento do muricizeiro, com uma frequência de nidificação mais intensa para as fêmeas de *C. analis* do que para as fêmeas de *T. diversipes* durante o mesmo período (ANEXO A). Dezembro e janeiro apresentaram a frequência de nidificação mais alta para ambas as espécies, possivelmente por coincidirem com o período de auge da florada, no qual há um maior número disponível de flores abertas.

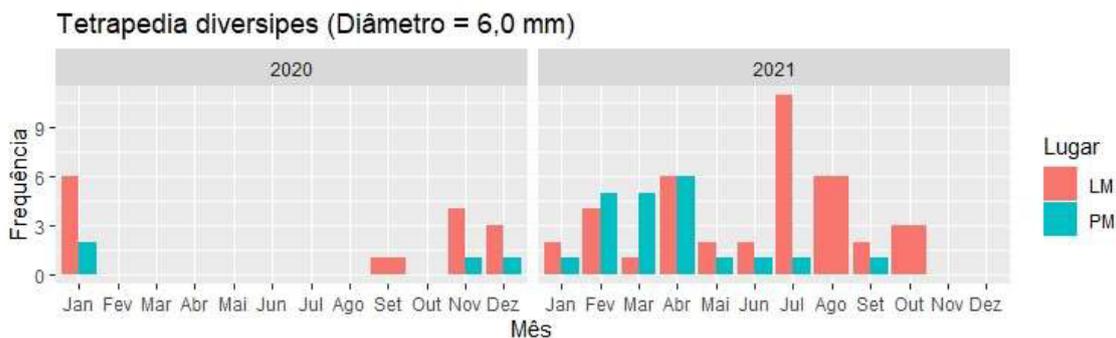
Gráfico 1 – Frequência mensal de nidificação das abelhas *Centris analis* de acordo com o sítio de nidificação e o diâmetro do ninho ao longo de alguns anos.



Fonte: dados da pesquisa.

Gráfico 2 – Frequência mensal de nidificação das abelhas *Tetrapedia diversipes* de acordo com o sítio de nidificação e diâmetro do ninho ao longo de alguns anos.





Fonte: dados da pesquisa.

Centris analis, após passar por um pico populacional durante dezembro e janeiro, decai levemente sua frequência de nidificação em fevereiro e aumenta logo em seguida, em março, imediatamente após o fim da florada do Muricizeiro. De março a junho, sua população decresce uniformemente, atingindo seu pico mais baixo nos meses de junho, julho e agosto. *Tetrapedia diversipes*, embora diminua sua frequência após março, mantém-na em nível mais constante de abril a setembro.

A análise da Tabela 1 permite inferir que as variáveis precipitação, umidade relativa e velocidade do vento não apresentam efeito significativo (em termos estatísticos) sobre a frequência de nidificação. Por outro lado, um aumento de temperatura tem efeito positivo + sobre a frequência de nidificação ($p < 0,05$). Aguiar e Martins (2002) registraram que as de nidificações de *C. analis* tiveram suas ocorrências no fim da estação seca e início da chuvosa, ainda no período quente. Da mesma forma, em Uberlândia, MG, Mesquita e Augusto (2011) registraram picos de nidificações na estação quente e chuvosa, e no semiárido de Feira de Santana, BA, *C. analis* nidificou ao longo do ano e as maiores frequências também ocorreram no período quente e chuvoso (PINA; AGUIAR, 2011).

Tabela 1 – Estimativas dos coeficientes de regressão, seus erros padrão (EP), valores da estatística t e valor do nível descritivo p (teste bicaudal) para o modelo ajustado.

Variáveis	Estimativa	EP	t	p
Intercepto	-19,5862	16,2396	-1,2061	0,2292
Sítio de nidificação PM	-0,6460	0,3105	-2,0803	0,0388
Espécie <i>Tetrapedia diversipes</i>	-1,7676	0,3170	-5,5752	< 0,0001
Temperatura média	0,9143	0,3345	2,7336	0,0068
Precipitação mensal	0,0026	0,0028	0,8962	0,3712
Umidade relativa (%)	-0,0082	0,1604	-0,0512	0,9592
Velocidade do vento (m/s)	-0,5573	1,1200	-0,4976	0,6193

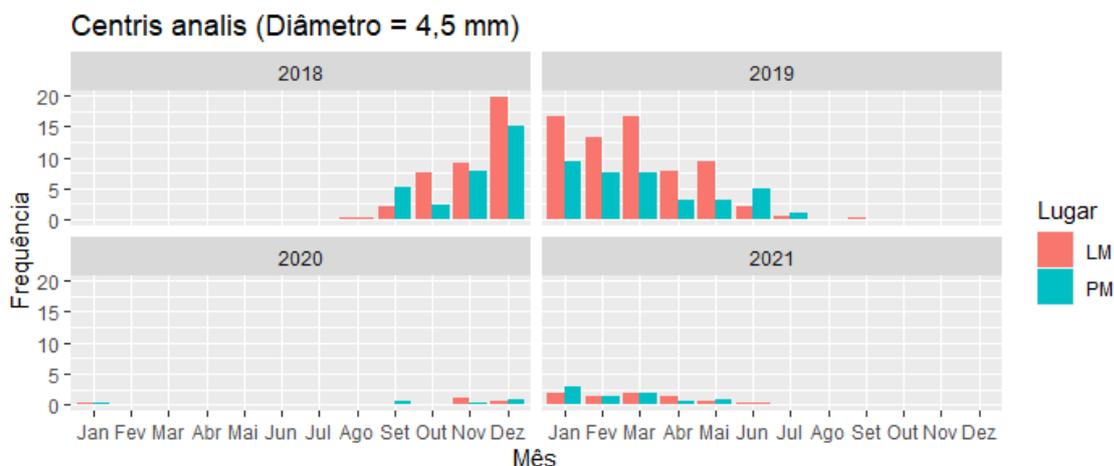
Fonte: dados da pesquisa.

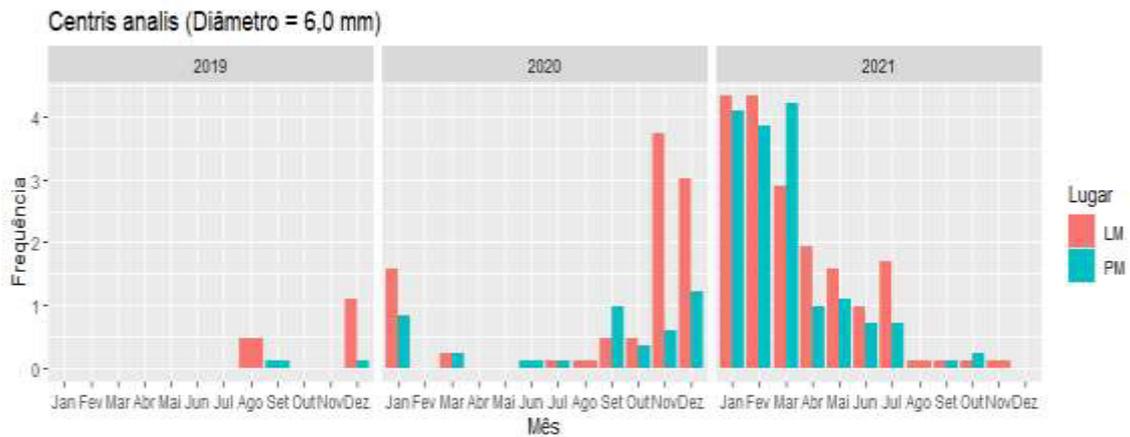
Pode-se inferir também que o sítio PM e a espécie *T. diversipes* apresentam menor frequência de nidificação quando comparados ao sítio LM e à espécie *C. analis* ($p < 0,05$). A predileção por um sítio de nidificação mais afastado do muricizeiro, fonte de óleo e considerado fator limitante ao crescimento populacional de abelhas solitárias coletoras de óleo (LOURENÇO *et al.*, 2019), pode ter sido devido à disposição de NAs em LM, que contém 132 tubos de cartolina e 90 biocanudos. NAs de diâmetro menor, como os tubos de cartolina (4,5 mm), possuem menos espaço de movimentação para as fêmeas fundadoras e menos área disponível para o armazenamento de provisões larvais, levando à construção de células de cria menores e que exigem um menor gasto de energia com o forrageamento, especialmente para fêmeas de *T. diversipes*, menores e menos vigorosas que fêmeas de *C. analis* (MICHENER, 2007).

5.2 Percentual e preferência de cavidades ocupadas

Em relação à aceitação dos ninhos-armadilha foi observado que, quanto ao diâmetro, as abelhas *C. analis* e *T. diversipes* nidificaram em ninhos de ambas as categorias de diâmetros (ANEXO A). No entanto, nota-se a partir de agosto de 2019 – mês de introdução dos NAs da categoria biocanudo no estudo – uma nidificação mais frequente de *C. analis* em biocanudos, com 6,0 mm de diâmetro (Gráfico 3), assim como uma frequência de nidificação maior por *T. diversipes* em tubos de cartolina, com 4,5 mm de diâmetro (Gráfico 4).

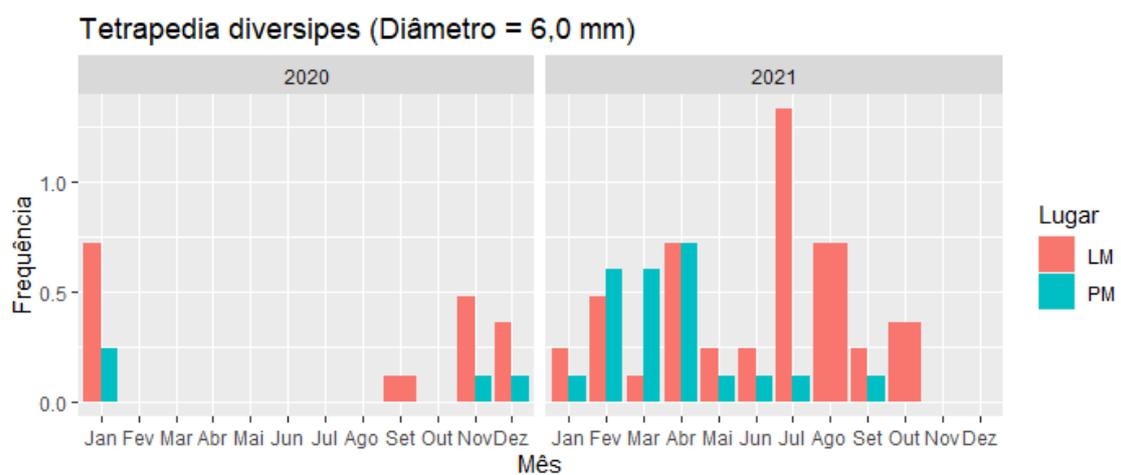
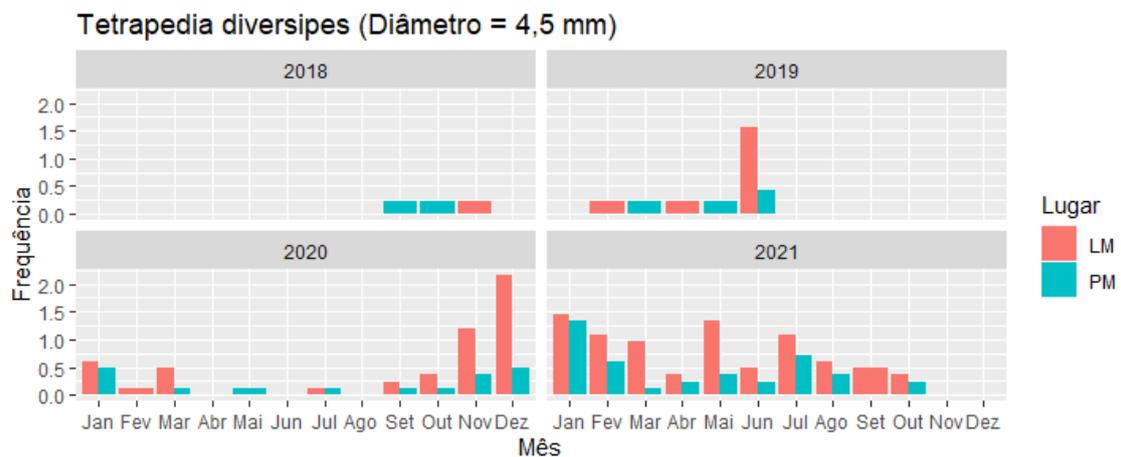
Gráfico 3 – Percentual de nidificação pelas abelhas *Centris analis* de acordo com o sítio de nidificação e o diâmetro do ninho.





Fonte: dados da pesquisa.

Gráfico 4 – Percentual de nidificação pelas abelhas *Tetrapedia diversipes* de acordo com o sítio de nidificação e o diâmetro do ninho.



Fonte: dados da pesquisa.

A preferência por cavidades maiores em *C. analis* e menores em *T. diversipes* pode estar relacionada ao porte físico de cada espécie. *C. analis* são abelhas robustas e pilosas, de médio a grande porte corporal (ALONSO; SILVA; GARÓFALO, 2012; LOURENÇO *et al.*, 2019; MICHENER, 2007), que podem beneficiar-se de mais espaço para a movimentação e construção de células de cria (MICHENER, 2007). Além disso, suas muitas cerdas e grandes músculos de voo podem tornar o controle térmico uma tarefa menos desgastante, tanto em adultos como, possivelmente, em imaturos (MICHENER, 2007; SILVEIRA; MELO, 2002).

Comparativamente, *T. diversipes* são abelhas de porte médio a pequeno, esguias e com pouca pilosidade (MICHENER, 2007; SILVEIRA; MELO, 2002). Seus músculos de voo menores e pilosidade esparsa podem aumentar sua sensibilidade à temperatura (MICHENER, 2007; SILVEIRA; MELO, 2002), além de limitarem seu raio de voo e tornarem o forrageamento uma tarefa plausivelmente mais exaustiva (CAPPELARI *et al.*, 2012; CAVALCANTE *et al.*, 2019; MICHENER, 2007), justificando uma preferência por cavidades menores, reduzindo o esforço de construção e a perda de calor no ninho.

5.3 Desenvolvimento dos imaturos e sazonalidade

Após a aplicação do teste Mann-Whitney (U), verificou-se que há diferenças significativas para o tempo de emergência entre os sítios de nidificação PM e LM para a abelha *C. analis* no Berçário ($p < 0,05$, ver 2ª linha da Tabela 2), os Diâmetros (4,5 mm e 6,0 mm) para *C. analis* no Berçário (Tabela 3) e as Espécies no BOD (Tabela 3).

Tabela 2 – Resultados do teste Mann-Whitney (U) e seu nível descritivo (p).

	Variável	Espécie	Contraste	Mediana	W	P	
Berçário	Espécie	<i>Centris analis</i>		36,0	100821	0,6047	
		<i>Tetrapedia diversipes</i>		37,5			
	Sítio	<i>Centris analis</i>	PM		35,0	179145	0,0197
			LM		36,0		
		<i>Tetrapedia diversipes</i>	PM		40,0	3249,5	0,5275
			LM		36,0		
	Diâmetro	<i>Centris analis</i>	4,5		36,0	168308	< 0,0001
			6,0		35,0		
<i>Tetrapedia diversipes</i>		4,5		37,0	3114,5	0,4974	
		6,0		39,0			
BOD	Espécie	<i>Centris analis</i>		36,0	574	< 0,0001	

	<i>T. diversipes</i>		47,0		
Sítio	<i>Centris analis</i>	PM	36,0	884,5	0,5620
		LM	36,0		
	<i>Tetrapedia diversipes</i>	PM	42,5	100	0,2113
		LM	48,0		
Diâmetro	<i>Centris analis</i>	4,5	36,0	336	0,8683
		6,0	36,0		
	<i>Tetrapedia diversipes</i>	4,5	47,5	92	0,8626
		6,0	47,0		

Fonte: dados da pesquisa.

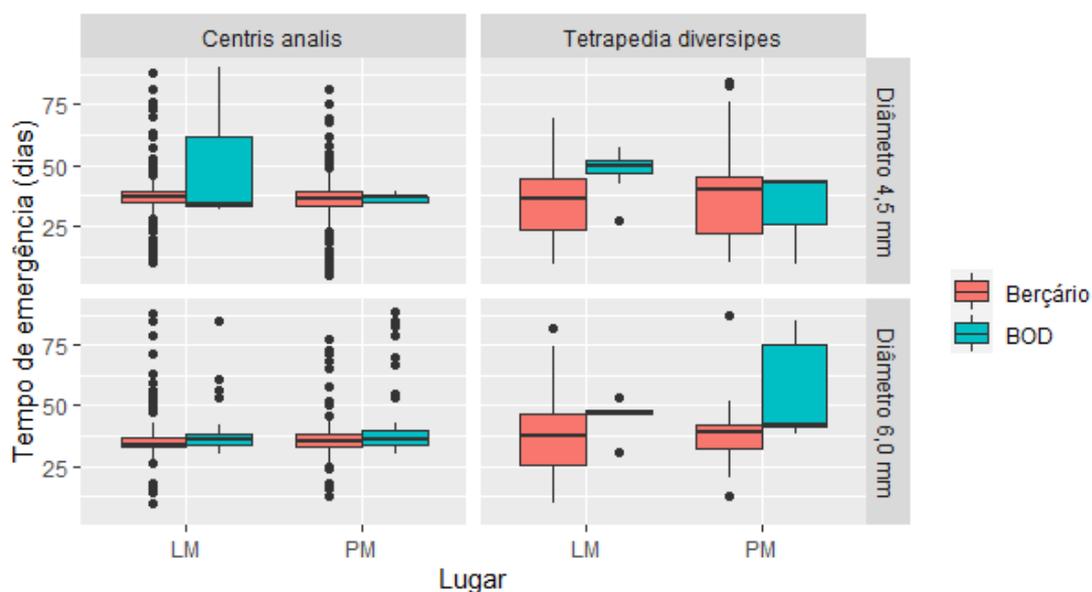
Tabela 3 – Mediana, média e desvio padrão (DP) do tempo de emergência (dias).

Origem	Espécie	Lugar	Diâmetro	Mediana	Média	DP
Berçário	<i>Centris analis</i>	LM	4,5	37,0	37,3	7,4
			6,0	34,0	35,3	9,6
		PM	4,5	36,0	34,6	9,6
			6,0	35,0	36,6	8,7
	<i>Tetrapedia diversipes</i>	LM	4,5	36,0	33,7	13,5
			6,0	37,5	37,0	16,2
		PM	4,5	40,0	37,3	17,6
			6,0	39,0	38,5	19,0
BOD	<i>Centris analis</i>	LM	4,5	34,0	52,0	32,9
			6,0	36,0	38,9	10,8
		PM	4,5	37,0	36,6	1,7
			6,0	36,0	41,8	15,1
	<i>Tetrapedia diversipes</i>	LM	4,5	50,0	47,8	7,6
			6,0	47,5	45,5	7,5
		PM	4,5	43,0	32,0	19,9
			6,0	42,0	56,2	22,1

Fonte: dados da pesquisa.

A distribuição do tempo de emergência em dias sob a forma de boxplots para *C. analis* e *T. diversipes* (Gráfico 5) aponta para um padrão de tempo de desenvolvimento com mediana estável, porém naturalmente marcado por valores discrepantes em *C. analis*, em comparação com médias irregulares e uma variação naturalmente ampla no tempo de desenvolvimento de indivíduos. O mesmo pode ser observado ao longo dos doze meses do ano (Gráfico 6).

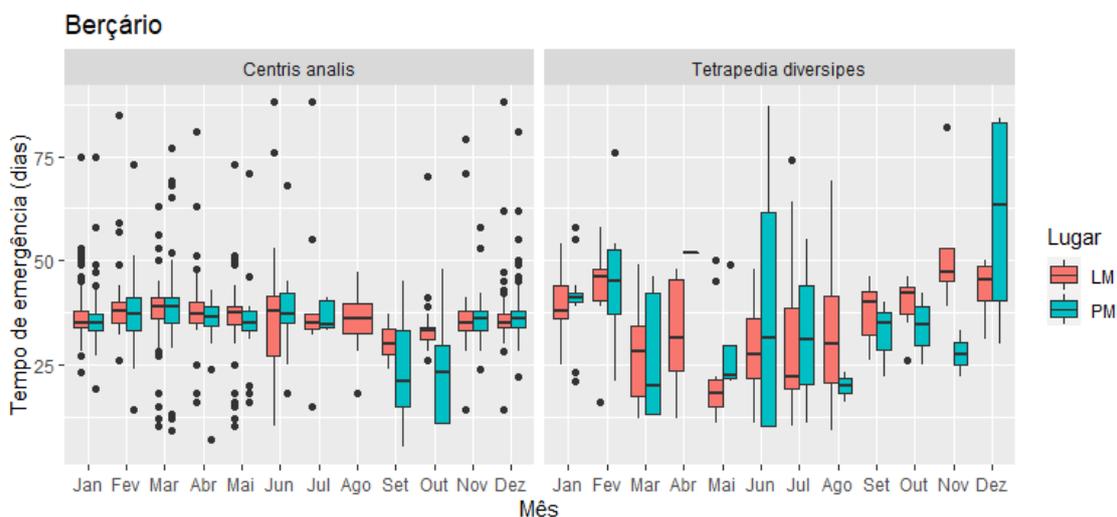
Gráfico 5 – Boxplots do tempo de emergência (em dias) de acordo com as espécies de abelhas, sítio de nidificação, diâmetro do ninho e sítio de incubação.

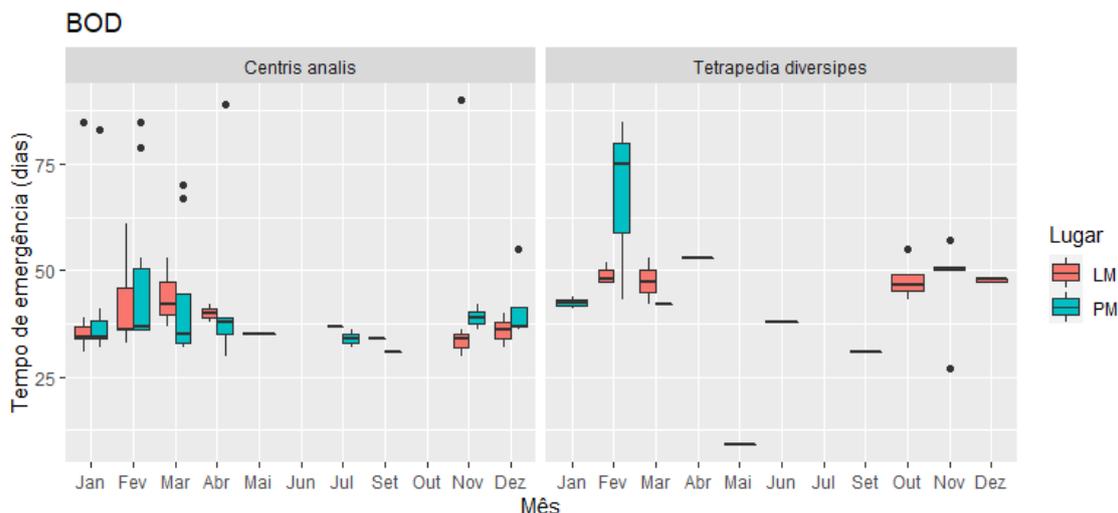


Fonte: dados da pesquisa.

Os dados apontam para um tempo de emergência estatisticamente menor para ninhos de *C. analis* no Berçário, sem diferença entre sítios de nidificação ou diâmetros de cavidades, o que o Gráfico 5 mostra na forma de medianas mais baixas e uniformes para *C. analis* do que para *T. diversipes*. Da mesma forma, ambas as espécies apresentam tempos de desenvolvimento estatisticamente menores no BOD, possivelmente devido ao controle de umidade e temperatura.

Gráfico 6 – Boxplots do tempo para emergência (em dias) das abelhas *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes*.



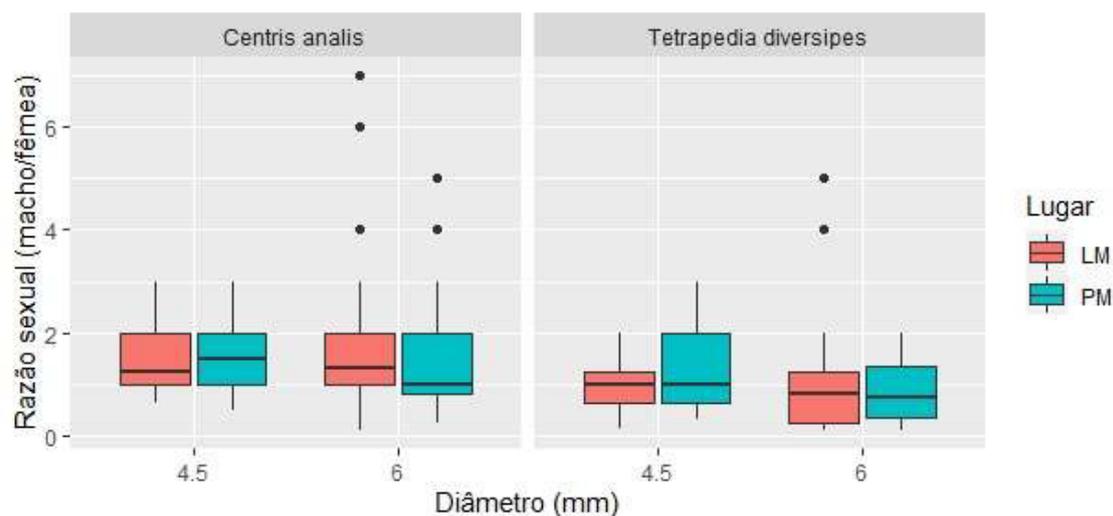


Fonte: dados da pesquisa.

5.4 Indivíduos emergidos, razão sexual e mortalidade

As abelhas *Centris analis* apresentaram 537 machos e 436 fêmeas emergidos – razão sexual: 0,448 – assim como 1549 NAs considerados vivos e 210 NAs considerados mortos. As abelhas *Tetrapedia diversipes* apresentaram 87 machos e 240 fêmeas emergidos – razão sexual: 0,733 – assim como 372 NAs considerados vivos e 80 NAs considerados mortos. O número maior de fêmeas do que machos emergidos, que foi observado em *T. diversipes* (Gráfico 7), corrobora os dados apresentados em Cavalcante *et al.* (2019). As abelhas *C. analis*, de maneira oposta, apresentaram número maior de machos do que de fêmeas corroborando os dados apresentados em Lourenço *et al.* (2019).

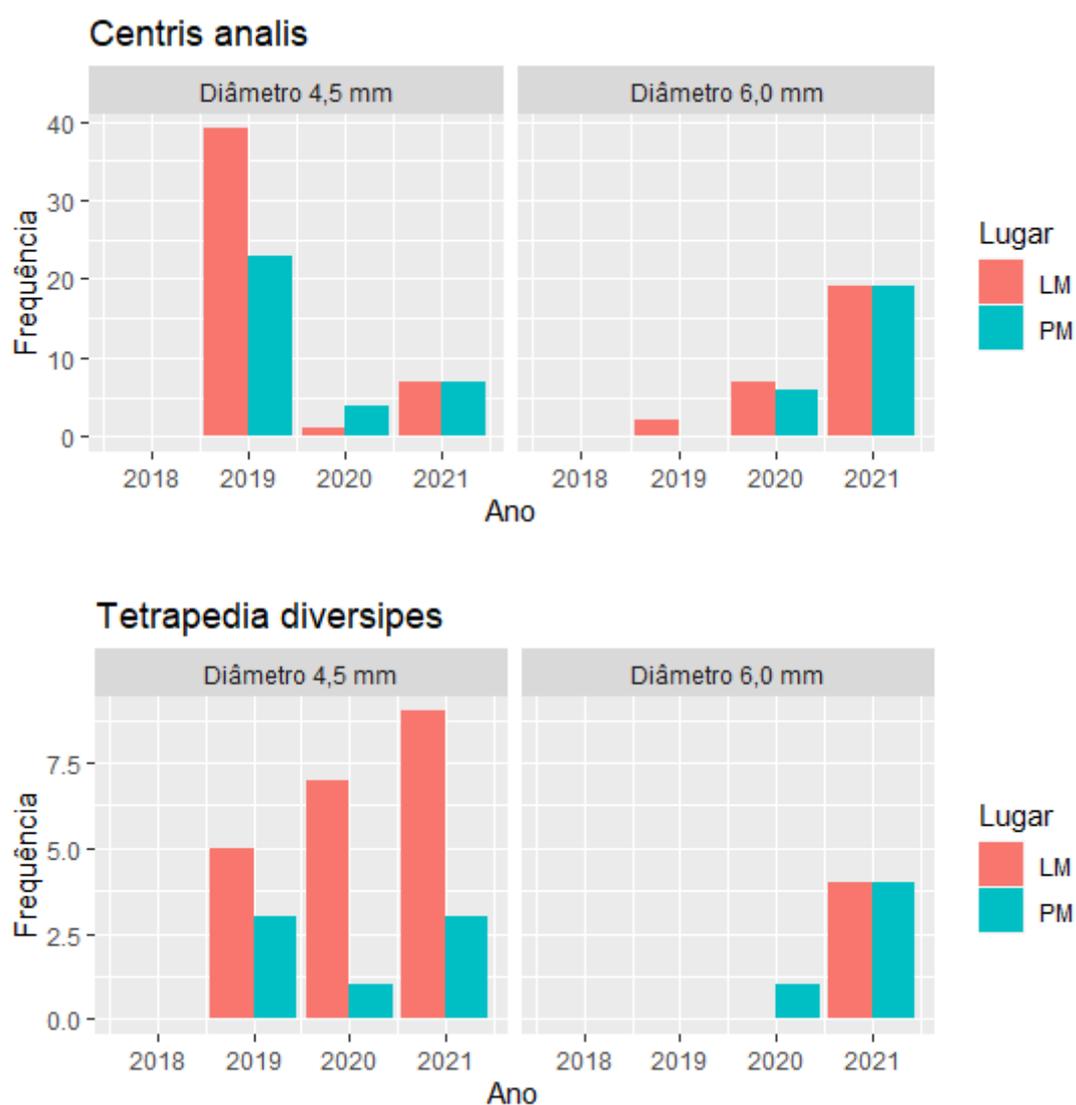
Gráfico 7 – Boxplots da razão sexual (macho/fêmea) das abelhas *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes* de acordo com o sítio de nidificação e diâmetro dos ninhos.



Fonte: dados da pesquisa.

No sítio de incubação Berçário, ambas as espécies exibiram número de imaturos mortos significativamente maior em NAs de 4,5 mm de diâmetro do que em NAs de 6,0 mm de diâmetro (Gráfico 8). Em Santos, Peixoto e Aguiar (2020) foi observada uma tendência similar, na qual NAs de comprimentos menores apresentavam maior número de imaturos mortos. Esta tendência é visível especialmente para os ninhos de *T. diversipes* provenientes do sítio LM (ANEXO A).

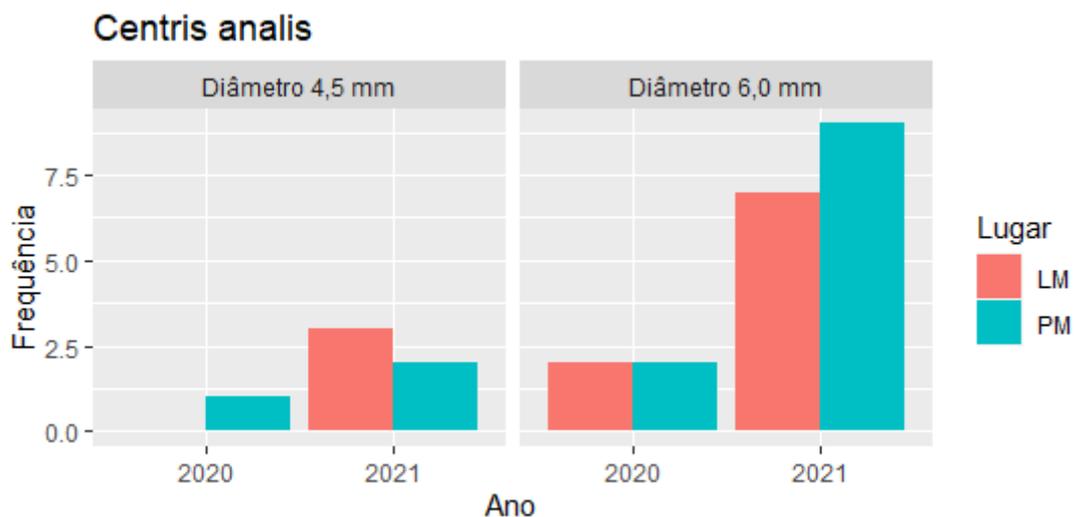
Gráfico 8 – Número de imaturos/crias mortas de acordo com o sítio de nidificação, ano e diâmetro do ninho para as abelhas *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes*, abrigados no sítio de incubação Berçário.

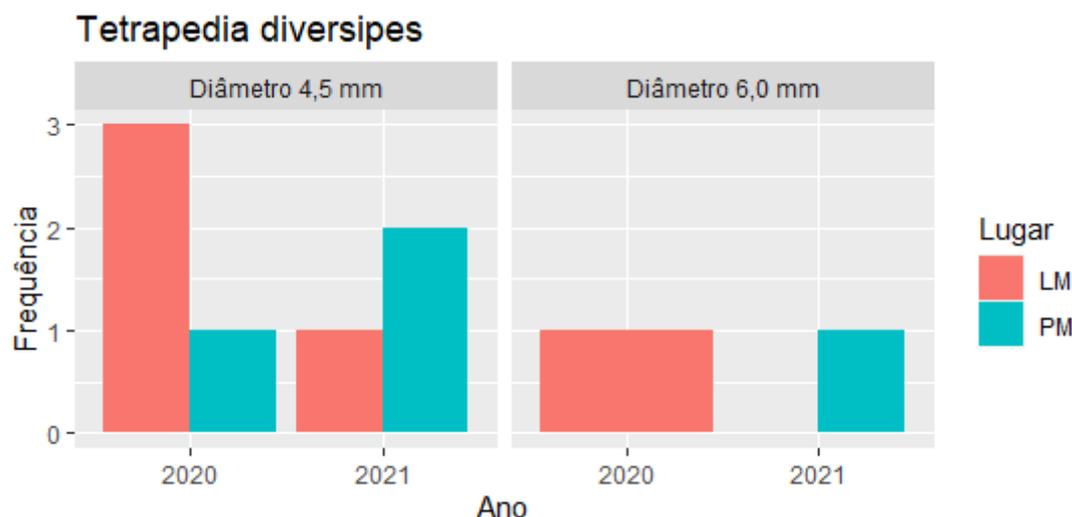


Fonte: dados da pesquisa.

No sítio de incubação BOD (Gráfico 9), a mortalidade de indivíduos para *C. analis* foi maior com o diâmetro de 6,0 mm, diferentemente daquela no sítio Berçário, enquanto que a mortalidade de indivíduos para *T. diversipes* manteve-se consistentemente maior com o diâmetro de 6,0 mm. A diferença de mortalidade observada entre ambos os sítios para a espécie *C. analis* pode ser explicada pela proporção de NAs desta espécie transferidos aos dois sítios. Somente NAs operculados entre sábado de tarde e domingo foram transferidos ao BOD trazendo aleatoriedade à quantidade e à qualidade dos ninhos, o que pode ter interferido com a análise estatística. Para evitar esta interferência, seria importante testar padronização da proporção (%) de NAs transferidos ao BOD e ao Berçário e sua influência na mortalidade de imaturos, em estudos futuros.

Gráfico 9 – Número de imaturos/crias mortas de acordo com o sítio de nidificação, ano e diâmetro do ninho para as abelhas *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes*, abrigados no sítio de incubação BOD.





Fonte: dados da pesquisa.

5.5 Média de células construídas

Ambas as espécies de abelhas demonstraram pouca variação no número médio de células construídas e crias produzidas entre LM e PM. Entretanto, *C. analis* e *T. diversipes* produziram mais células e crias nos NAs de 6,0 mm (Tabela 4), possivelmente devido ao maior espaço de construção disponível, apresentando também maior desvio padrão na média de ambos (Gráfico 10). No estudo conduzido por Santos, Peixoto e Aguiar (2020), fêmeas de *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes* também produziram mais células e crias em NAs de comprimento maior.

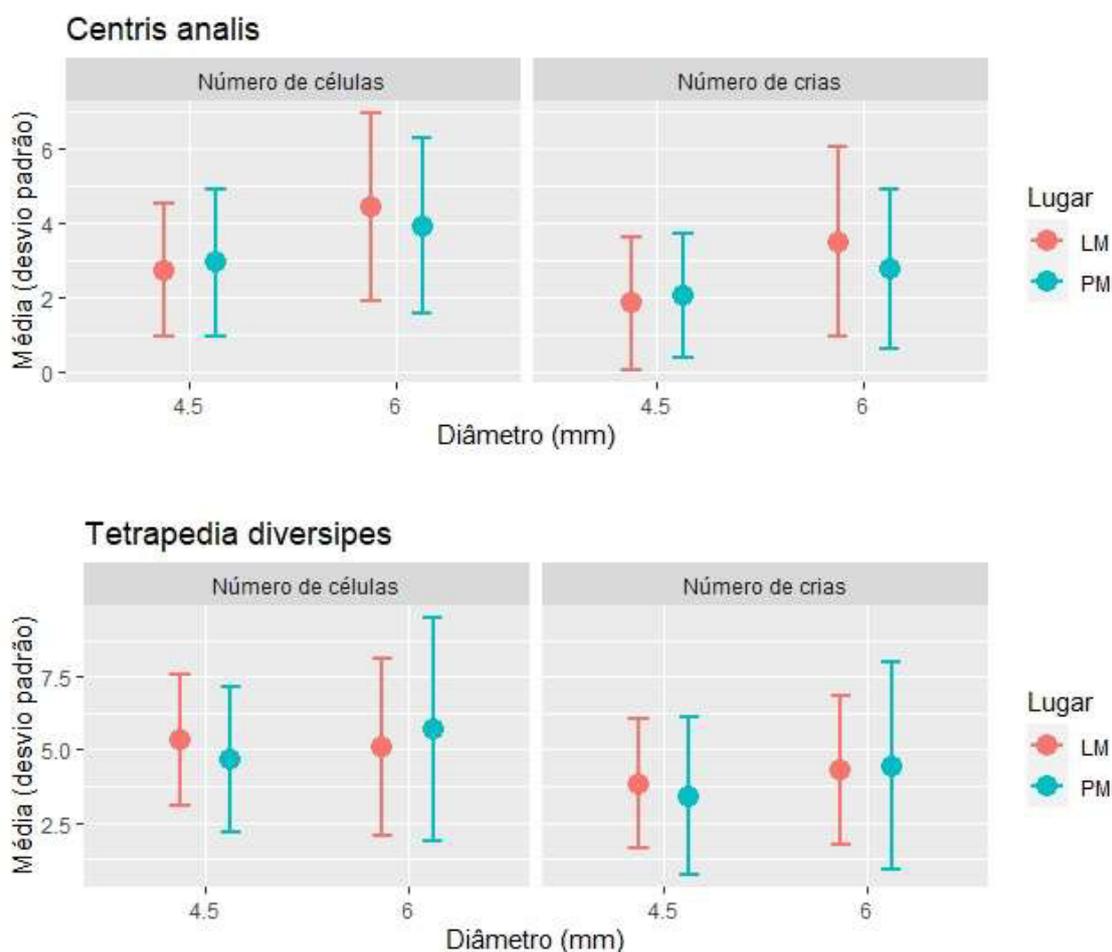
Tabela 4 – Média e desvio padrão (DP) do número de células e crias por ninho de acordo com sítio de nidificação e diâmetros dos ninhos para as abelhas *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes*.

Espécies	Lugar	Diâmetro	Número de células		Número de crias	
			Média	DP	Média	DP
<i>Centris analis</i>	LM	4,5	2,74	1,80	1,85	1,77
		6,0	4,43	2,53	3,50	2,53
	PM	4,5	2,95	1,98	2,08	1,67
		6,0	3,92	2,35	2,77	2,16
<i>Tetrapedia diversipes</i>	LM	4,5	5,32	2,23	3,84	2,21
		6,0	5,09	3,05	4,30	2,57
	PM	4,5	4,66	2,50	3,41	2,68
		6,0	5,70	3,81	4,44	3,53

Fonte: dados da pesquisa.

Centris analis apresentou um máximo de oito células e seis crias/ninho (6,0 mm) e um mínimo de uma célula e zero crias/ninho (4,5 mm) (Gráfico 10), enquanto que *T. diversipes* apresentou um máximo de oito células e seis crias/ninho (6,0 mm) e um mínimo de uma célula e zero crias/ninho (4,5 mm).

Gráfico 10 – Média (pontos) e desvio padrão (linhas) do número de células e crias por ninho de acordo com o sítio de nidificação e os diâmetros dos ninhos para as abelhas *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes*.



Fonte: dados da pesquisa.

6 CONCLUSÃO

Abelhas coletoras de óleo *Centris analis* e *Tetrapedia diversipes* apresentaram picos na frequência de nidificação entre os meses de novembro a março, os meses mais quentes do ano, que coincidem com a florada anual do muricizeiro e aumento subsequente

da oferta de óleo próximo a ambos os sítios de nidificação para as fêmeas. Assim, o aumento de temperatura demonstrou ser parâmetro estimulante à nidificação destas espécies em ninhos armadilha, corroborando estudos anteriores. A frequência de nidificação também foi maior no sítio LM e para as fêmeas de *C. analis*, o que pode estar relacionado à distribuição e ao tamanho das cavidades ofertadas.

Observou-se uma nidificação mais frequente de *C. analis* em biocanudos, com 6,0 mm de diâmetro, assim como uma frequência de nidificação maior por *T. diversipes* em tubos de cartolina, com 4,5 mm de diâmetro. A preferência por cavidades maiores em *C. analis* e menores em *T. diversipes* pode estar relacionada ao porte físico de cada espécie, sua relação com a energia gasta no forrageamento e na manutenção do controle térmico do ninho, características que devem ser consideradas durante a elaboração de técnicas eficazes de manejo e criatório.

Os dados demonstram um tempo de emergência menor para ninhos de *C. analis* no Berçário, sem diferença entre sítios de nidificação ou diâmetros de cavidades. Da mesma forma, ambas as espécies apresentam tempos de desenvolvimento estatisticamente menores no BOD, possivelmente devido ao controle de umidade e temperatura, indicando que a estabilidade destes fatores ambientais é ser parâmetro importante para o rápido desenvolvimento de imaturos.

Tetrapedia diversipes apresentou um número maior de fêmeas do que machos emergidos, em contraste com *Centris analis*, que apresentaram número maior de machos do que de fêmeas. Ambas as espécies exibiram número de imaturos mortos significativamente maior em NAs de 4,5 mm do que em NAs de 6,0 mm de diâmetro, indicando que o fator intrínseco de diâmetro de cavidades contribui para uma sobrevivência maior de crias.

Centris analis e *Tetrapedia diversipes* produziram mais células e crias nos NAs de 6,0 mm, demonstrando pouca variação no número médio de células construídas e crias produzidas entre os sítios de nidificação LM e PM. O fator intrínseco de diâmetro de cavidades contribui assim para um aumento na produção de células e crias, devido ao maior espaço de construção e movimentação das abelhas fundadoras que ele proporciona.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Antonio José Camillo; MARTINS, Celso Feitosa. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). **Revista Brasileira de Zoolologia**, [s. l.], v. 19 (Supl. 1), p. 101 -116, 2002.
- ALONSO, Juliana D. S.; SILVA, Janaina F.; GARÓFALO, Carlos 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, p. 436–448, 2012.
- CAPPELARI, Simone C. *et al.* Floral oil collection by male *Tetrapedia* bees (Hymenoptera: Apidae: Tetrapediini). **Apidologie**, [s. l.], v. 43, p. 39–50, 2012.
- CAVALCANTE, A. M. *et al.* Bionomic Aspects of the Solitary Bee *Tetrapedia diversipes* Klug, 1810 (Hymenoptera: Apidae: Tetrapediini). **Sociobiology: An international journal on social insects**, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 113-119, 25 abr. 2019.
- COUTO, Ricardo Marques; CAMILLO, Evandro. Influência da temperatura na mortalidade de imaturos de *Centris (Heterocentris) analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Iheringia. Série Zoológica**, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, v. 97, n. 1, p. 51-55, 30 mar. 2007.
- DA SILVA, Cláudia Inês *et al.* **Guia Ilustrado de Abelhas Polinizadoras no Brasil**. 1. ed. Fortaleza, Ceará, Brasil: Fundação Brasil Cidadão, 2014. 51 p. ISBN 978-85-98564-12-8.
- EARDLEY, Connal *et al.*, (ed.). **Pollinators and Pollination: A resource book for policy and practice**. 1. ed. [S. l.]: African Pollinator Initiative (API), 2006. 77 p. ISBN 1-86849-310-5.
- FREITAS, Breno M.; PEREIRA, Júlio Otávio P. (ed.). **Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination**. 1. ed. Fortaleza, Ceará, Brasil: Imprensa Universitária UFC, 2004. 285 p. ISBN 85-7485-049-7.
- FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.S.; CAVALCANTE, M.C.; ALVES, J.E.; FELIX, J.A.; MASCENAS, V.M.; SILVA, S.O.; LIMA-VERDE, L.W.; 2021. **Lista de Abelhas do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em

<https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/invertebrados/abelhas>. Acessado em 20 jan.2021.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Calendário das chuvas no Estado do Ceará**. Fortaleza, Ceará. 2021. Disponível em: <http://www.funceme.br/app-calendario/anual/municipios/maxima/2021>. Acesso em 20 jan.2021.

KLEIN, Alexandra-Maria *et al.* **A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil: Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas**. 1. ed. Albert-Ludwigs University Freiburg: Nature Conservation and Landscape Ecology, 2020. 149 p.

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

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

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

MARTINS, Aline C.; MELO, Gabriel A.R.; RENNER, Susanne S. The corbiculate bees arose from New World oil-collecting bees: Implications for the origin of pollen baskets. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, [s. l.], v. 80, p. 88-94, 2014.

MESQUITA, T. M. S.; AUGUSTO, S. C. Diversity of trap-nesting bees and their natural enemies in the Brazilian savanna. **Tropical Zoology**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 127-144, 2011.

MICHENER, Charles D. **The Bees of the World**. 2. ed. Baltimore, Maryland, United States of America: The Johns Hopkins University Press, 2007. 992 p.

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.

MUNIZ, Vitória Inna Mary de Sousa. **Parâmetros reprodutivos e alimentares da abelha solitária *Epanthidium tigrinum* (Schr.) (Hymenoptera, Megachilidae) para criatório racional**. Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas. 2021. 103 p. Dissertação (Mestrado) (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/58295>. Acesso em: 19 jan. 2022.

NEFF, J. L.; SIMPSON, B. B. Oil-collecting structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): morphology, function, and use in systematics. **Journal of the Kansas Entomological Society**, p. 95-123, 1981.

OLIVEIRA, Reísla; SCHLINDWEIN, Clemens. Searching for a Manageable Pollinator for Acerola Orchards: The Solitary Oil-Collecting Bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Journal of Economic Entomology**, [s. l.], v. 102, n. 1, p. 265-273, 2009.

PEREIRA, Júlio Otávio Portela; FREITAS, Breno Magalhães. Estudo da biologia floral e requerimentos de polinização do muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.). **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 5-12, 2002.

PINA, W. D.; AGUIAR, C. M. L. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apidae) in orchards of acerola (*Malpighia emarginata*) in a semiarid region of Brazil. **Sociobiology**, [s. l.], v. 58, p. 379–392, 2011.

PRAZ, Christophe J.; MÜLLER, Andreas; DORN, Silvia. 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.

RASMUSSEN, Claus; OLESEN, Jens M. Oil Flowers and Oil-collecting Bees. **Det Norske Videnskaps-Akademi. I. Matematisk Naturvidenskapelige Klasse, Skrifter, Ny Serie**, [s. l.], v. 39, p. 23-31, 2000.

SANTOS, C. O.; PEIXOTO, P. E. C.; AGUIAR, C. M. L. Cavity Length Affects the Occupation of Trap-Nests by *Centris analis* and *Tetrapedia diversipes* (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology: An international journal on social insects**, [s. l.], v. 67, n. 2, p. 261-267, 30 jun. 2020.

SILVEIRA, Fernando A.; MELO, Gabriel A. R. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. 1. ed. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: [s. n.], 2002. 253 p. ISBN 85-903034-1-1.

VIVALLO, Felipe. The species of the bee genus *Centris* of the “*hyptidis* group” revisited with the description of *Centris* (*Anisoctenodes*) new subgenus (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **European Journal of Taxonomy**, [s. l.], v. 709, p. 1–17, 2020.

VIVALLO, Felipe; ZANELLA, Fernando César Vieira. A new species of *Centris* (*Paracentris*) Cameron, 1903 from northeastern Brazil, with a key for the *Centris* species of the Caatinga region (Hymenoptera: Apidae). **Zootaxa**, [s. l.], v. 3298, p. 1-16, 2012.

VOGEL, S. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. **Trop. Subtrop. Pflwelt**, v. 7, p. 1-267, 1974.

ANEXO A – TABELAS DE ANÁLISES DESCRITIVAS

5.1 Frequência de nidificação e sazonalidade (pág. 28)

Tabela 1. Frequência de nidificação das abelhas *C. analis* e *T. diversipes* de acordo com o lugar do ninho, diâmetro do ninho e ano.

Espécie	Lugar	Diâmetro	Ano				Total
			2018	2019	2020	2021	
<i>Centris analis</i>	LM	4,5	175	304	22	65	566
	PM	6,0	0	13	93	188	294
	LM	4,5	138	168	21	64	391
	PM	6,0	0	2	48	194	244
<i>Tetrapedia diversipes</i>	LM	4,5	1	9	50	77	137
	PM	6,0	0	0	16	44	60
	LM	4,5	2	4	18	40	64
	PM	6,0	0	0	4	27	31
Total			316	500	272	699	1787

Fonte: dados da pesquisa.

5.2 Percentual e preferência de cavidades ocupadas (pág. 31)

Tabela 5. Média e desvio padrão (DP) do percentual de ninhos ocupados pelas abelhas *C. analis* e *T. diversipes*.

Espécie	Ano	Lugar	Diâmetro	Média	DP
<i>Centris analis</i>	2018	LM	4,5	7,73	7,72
			6,0		
		PM	4,5	7,62	5,38
			6,0		
	2019	LM	4,5	7,42	6,98
			6,0	0,79	0,43
		PM	4,5	4,10	3,46
			6,0	0,12	0,00
	2020	LM	4,5	0,38	0,36
			6,0	1,12	1,28
		PM	4,5	0,32	0,25
			6,0	0,58	0,40
2021	LM	4,5	0,78	0,75	
		6,0	1,19	1,40	
	PM	4,5	0,77	0,90	
		6,0			

<i>Tetrapedia diversipes</i>	2018	LM	6,0	1,38	1,44	
			4,5	0,22	0,00	
		PM	6,0			
			4,5	0,22	0,00	
		2019	LM	6,0		
				4,5	0,66	0,77
	PM		4,5	0,29	0,13	
			6,0			
	2020		LM	4,5	0,60	0,64
				6,0	0,32	0,25
		PM	4,5	0,24	0,16	
			6,0	0,16	0,07	
2021		LM	4,5	0,62	0,45	
			6,0	0,38	0,34	
	PM	4,5	0,40	0,34		
		6,0	0,25	0,23		

Fonte: dados da pesquisa.

5.4 Indivíduos emergidos, razão sexual e mortalidade (pág. 36)

Tabela 4. Número de imaturos/crias mortas de acordo com o sítio de nidificação, ano e diâmetro do ninho para as abelhas *C. analis* e *T. diversipes*.

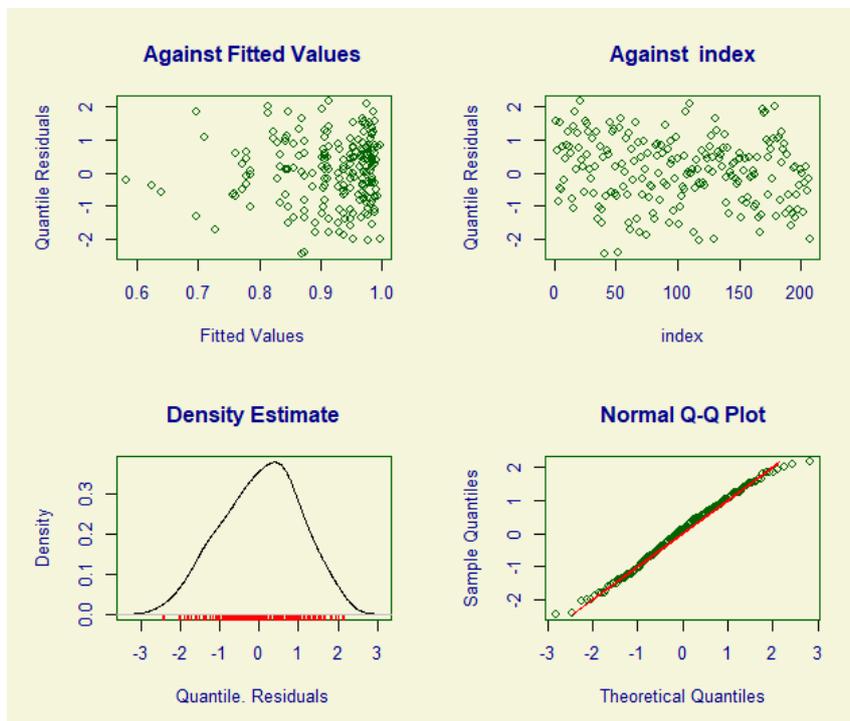
Origem dos dados	Espécie	Ano	Lugar	Diâmetro	Mortes	
Berçário	<i>Centris analis</i>	2019	LM	4,5	39	
				6,0	2	
			PM	4,5	23	
				6,0		
			2020	LM	4,5	1
					6,0	7
		PM		4,5	4	
				6,0	6	
		2021		LM	4,5	7
					6,0	19
			PM	4,5	7	
				6,0	19	
<i>Tetrapedia diversipes</i>	2019		LM	4,5	5	
				6,0		
	PM	4,5	3			

			6,0		
		2020	LM	4,5	7
				6,0	
			PM	4,5	1
				6,0	1
		2021	LM	4,5	9
				6,0	4
			PM	4,5	3
				6,0	4
		2020	LM	4,5	
				6,0	2
			PM	4,5	1
				6,0	2
	<i>Centris analis</i>	2021	LM	4,5	3
				6,0	7
			PM	4,5	2
				6,0	9
BOD		2020	LM	4,5	3
				6,0	1
			PM	4,5	1
	<i>Tetrapedia diversipes</i>	2021	LM	4,5	1
				6	
			PM	4,5	2
				6	1

Fonte: dados da pesquisa.

ANEXO B – GAMLSS GRÁFICOS COMPLEMENTARES

Gráfico 1 – Análise de resíduos do modelo.



Percebe-se que nos dois gráficos superiores da figura 1 que não há uma nítida tendência na distribuição dos pontos. Ademais, os dois gráficos inferiores sugerem que os resíduos (quantílicos) apresentam distribuição normal. A visualização da figura 2, mostra que todos os pontos estão dentro do intervalo de 95% de confiança (embora a linha de ajuste vermelha não forme uma reta em torno do valor zero do eixo das ordenadas - vertical). Dessa forma, há uma indicação de um ajuste adequado (ou razoável) do modelo proposto aos dados. Os resultados estão apresentados na tabela 1.

Gráfico 2 – Gráfico de minhoca (*worm plots*) do modelo ajustado.

