

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA - INBIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PABLO MURILO SCARPINS GUILHERME

EFEITO DAS VARIAÇÕES ESPACIAIS E DA SAZONALIDADE NA NIDIFICAÇÃO,
FENOLOGIA E MORTALIDADE DE *CENTRIS TARSATA* (APIDAE, CENTRIDINI) NO
BIOMA CERRADO

UBERLÂNDIA

2024

PABLO MURILO SCARPINS GUILHERME

EFEITO DAS VARIAÇÕES ESPACIAIS E DA SAZONALIDADE NA NIDIFICAÇÃO,
FENOLOGIA E MORTALIDADE DE *CENTRIS TARSATA* (APIDAE, CENTRIDINI) NO
BIOMA CERRADO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentado ao Instituto de Biologia (INBIO) da
Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como
requisito parcial obrigatório para a obtenção do
título de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Área do conhecimento: Ecologia

Orientadora: Prof^a Dra. Solange Cristina Augusto

Coorientador: Dr. Léo Correia da Rocha Filho

UBERLÂNDIA

2024

EFEITO DAS VARIAÇÕES ESPACIAIS E DA SAZONALIDADE NA NIDIFICAÇÃO,
FENOLOGIA E MORTALIDADE DE *CENTRIS TARSATA* (APIDAE, CENTRIDINI) NO
BIOMA CERRADO

Uberlândia, 19 de novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dra. Solange Cristina Augusto
Universidade Federal de Uberlândia

Prof^ª. Dra. Thayane Nogueira Araujo
Membro externo

Prof^ª. Dra. Fernanda Helena Nogueira Ferreira
Universidade Federal de Uberlândia

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente, à minha família e amigos, por sempre estarem presentes nos momentos bons e ruins.

Aos meus colegas do LECA, que me ajudaram e ensinaram a ser um cientista.

Aos meus amigos abelhas sociais do Doce Jardim, por tornarem essa jornada mais doce.

Ao meu amigo Marlon Alves, por me ajudar todas as vezes que precisei, independentemente de qual fosse o problema.

À minha amiga Bruna Marques, por todo o apoio e por todos os sorvetes nas tardes de sexta.

À professora Solange Cristina Augusto, pelo acolhimento, por toda a dedicação e, principalmente, pela paciência em me orientar e escrever este trabalho comigo.

Ao Dr. Léo Correia da Rocha Filho, pelos ensinamentos, pela paciência, pelas orientações e por ter ajudado a desenvolver este trabalho.

À Dra. Ana Luisa Castro Melo, pelo apoio e por ter me ajudado com as análises estatísticas presentes neste trabalho.

Aos membros desta banca, que aceitaram o meu convite.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), vinculado à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de estudos e pela oportunidade de iniciar o trabalho com ninhos-armadilha, o que me permitiu desenvolver habilidades e adquirir a experiência necessária para compreender e realizar este projeto.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Instituto de Biologia – INBIO, por me ajudarem a realizar o meu sonho de ser biólogo.

E, principalmente, à Alissa de Cesero, por me ajudar a tomar a decisão mais importante da minha vida. Se não fosse aquela conversa profunda de dois jovens aprendendo a lidar com as mudanças, talvez eu não estivesse aqui agora. Mesmo que você não esteja mais conosco, gostaria que soubesse que está sempre nas minhas lembranças e no meu coração.

RESUMO

Este estudo investigou a biologia de nidificação de *Centris tarsata*, uma abelha solitária reconhecida pela sua importância na polinização de plantas no Cerrado brasileiro e em áreas agrícolas, como cultivos de aceroleira. O objetivo geral foi compreender como a espécie ajusta sua fenologia reprodutiva em resposta às variações sazonais e ambientais. O trabalho foi conduzido em 16 áreas na região do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, utilizando-se ninhos-armadilha (NA) para atração das fêmeas nidificadoras. Esses NA foram instalados tanto em áreas de cultivo de maracujazeiro (n=8) quanto em áreas de Cerrado preservado (n=8), permitindo uma análise comparativa entre esses ambientes. Os resultados indicam que *C. tarsata* é uma espécie bivoltina, com fêmeas que nidificam preferencialmente na estação seca. Observou-se também que a produção de células de cria varia significativamente entre as áreas estudadas, mas não difere entre áreas de cultivo de maracujá e áreas de Cerrado preservado. A mortalidade dos imaturos por inimigos naturais ou por causas desconhecidas foi positivamente correlacionada com a abundância de ninhos. Considerando-se os resultados obtidos, pode-se inferir que as variações encontradas devem estar relacionadas com a estrutura da paisagem nos locais onde os ninhos-armadilha foram instalados. Assim, é importante reforçar que a preservação de áreas naturais ao redor de cultivos pode contribuir positivamente para a conservação dos polinizadores e a produção agrícola.

Palavras-Chaves: Abelhas solitárias; Ninhos-Armadilha; Polinização, Cerrado, Conservação

ABSTRACT

This study investigated the nesting biology of *Centris tarsata*, a solitary bee recognized for its importance in pollinating plants in the Brazilian Cerrado and in agricultural areas, such as acerola orchards. The main objective was to understand how the species adjusts its reproductive phenology in response to seasonal and environmental variations. The study was conducted across 16 areas in the Triângulo Mineiro region of Minas Gerais, using trap nests (TN) to attract the nesting females. These TNs were installed in both passion fruit crops (n=8) and preserved Cerrado areas (n=8), allowing for a comparative analysis between these environments. The results indicate that *C. tarsata* is a bivoltine species and females preferentially nest during the dry season. It was also observed that the production of brood cells varies significantly across the studied areas but does not differ between passion fruit crops and preserved Cerrado areas. The immature mortality due to natural enemies or unknown causes was positively correlated with a higher abundance of nests. Based on the results obtained, it can be inferred that the observed variations are likely related to landscape structure in the areas where the trap nests were installed. Thus, it is essential to emphasize that preserving natural areas around crops positively contributes to pollinator conservation and agricultural production.

Keywords: Solitary bees; Trap nests; Pollination; Cerrado; Conservation

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Área de Estudo	10
3.2 Procedimentos	10
3.3 Análises Estatísticas	12
4. RESULTADOS	13
5. DISCUSSÃO	17
6. CONCLUSÃO	19
BIBLIOGRAFIA	20

1. INTRODUÇÃO

As abelhas desempenham um importante papel nos ecossistemas, sendo responsáveis pela polinização de diversas plantas, tanto silvestres quanto cultivadas. Estima-se que cerca de 75% das culturas agrícolas no mundo dependem, em algum grau, da polinização animal, de modo que as abelhas são os agentes mais importantes neste processo (GIANNINI et al., 2020). Apesar de sua importância como polinizadores de diversas espécies vegetais, as abelhas vêm sendo muito afetadas pelas atividades antrópicas, incluindo a expansão da agricultura, o uso indiscriminado de pesticidas, a perda de habitats e as mudanças climáticas (DICKS et al., 2021). Estes fatores são determinantes para a redução das populações de polinizadores, o que representa uma ameaça para a produção agrícola e a biodiversidade em um contexto geral.

Estudos mostram que pesticidas, quando não ocasionando a morte, podem comprometer severamente a saúde das abelhas (MALASPINA et al., 2008). Tais substâncias químicas, em contato direto, através de partículas suspensas no ar, retidas em seus pelos, inaladas e ingeridas (PACÍFICO-DA-SILVA; MELO; SOTO-BLANCO, 2016), afetam o sistema nervoso central dos insetos, resultando em desorientação, redução das taxas de alimentação e mudanças comportamentais (FERREIRA et al. 2020). Além dos efeitos diretos sobre os indivíduos, a fragmentação e simplificação de habitats agrícolas, impulsionadas pelo uso dos agrotóxicos, também afetam os recursos alimentares, reduzindo a diversidade floral nativa nessas áreas, o que resulta na diminuição de fontes de pólen, néctar e óleo, recursos que são usados pelas abelhas (MONQUERO; OLIVEIRA, 2018).

As abelhas solitárias são sensíveis a essas mudanças na paisagem, o que as afeta negativamente ao reduzir os locais de nidificação e a disponibilidade de recursos florais. Elas correspondem a aproximadamente 85% das espécies de abelhas conhecidas globalmente, desempenhando um papel importante nos serviços ecossistêmicos, como a polinização de plantas nativas e agrícolas (MICHENER, 2007). Diferentemente das abelhas sociais, elas constroem seus ninhos de forma independente e não apresentam cuidado parental (GARÓFALO; MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004). Muitas dessas espécies utilizam cavidades naturais ou artificiais para nidificação, sendo as cavidades pré-existentes ocupadas por cerca de 5% das espécies (KROMBEIN, 1967).

Além disso, no Cerrado, as flores nativas apresentam seu pico de floração durante a estação seca, período crítico para a sobrevivência e reprodução de diversas espécies de polinizadores, como observado por Sousa (2002). Dentre as abelhas solitárias, *Centris tarsata* (Apidae) destaca-se não somente por sua eficiência em polinizar culturas específicas, como o cajueiro (*Anacardium occidentale*, Anacardiaceae) (FREITAS et al., 2014) e a aceroleira (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) (VILHENA et al., 2011), mas também como uma espécie bioindicadora, sensível às mudanças no uso da terra e à degradação de habitats (PIRES; POMPEU; SOUZA-SILVA, 2012). Essa espécie nidifica em cavidades naturais, o que torna a disponibilidade de locais adequados para nidificação um fator importante para sua presença e conservação (DRUMOND; MORATO; AZEVEDO, 2023).

Fêmeas de *Centris tarsata* nidificam em habitats abertos, como pastagens e áreas de cerrado, e a escolha por esses ambientes está relacionada à maior disponibilidade de substratos adequados (ROCHA-FILHO et al., 2019). Estudos mostram que, além de utilizarem cavidades naturais, essas abelhas demonstram preferência por substratos arenosos para construir as células de cria, usando material vegetal e pólen coletado no ambiente, especialmente em locais onde a diversidade floral é elevada (DÓREA et al., 2010). Informações sobre a biologia de nidificação dessa espécie tem sido obtida por meio da atração de fêmeas usando-se ninhos-armadilha (SILVA et al. 2001; AGUIAR; GARÓFALO, 2004; BUSCHINI; WOLFF, 2006; MENDES; REGO, 2007; MESQUITA; AUGUSTO, 2011), ferramenta que também permite investigar as interações das abelhas com o ambiente, além de possibilitar o monitoramento de populações em paisagens antropizadas (DRUMOND; MORATO; AZEVEDO, 2023).

Estudos sobre o comportamento de nidificação da *Centris tarsata* em ninhos armadilha revelam que essa espécie apresenta picos de atividade na construção de ninhos durante os meses mais quentes e úmidos do ano (AGUIAR; MARTINS, 2002; SAZAN, 2015). Estes períodos coincidem com a disponibilidade de recursos florais e temperaturas mais elevadas, o que influencia diretamente na construção das células de cria e no sucesso reprodutivo desta espécie (NOVAES, 2022).

Dentre outros aspectos bionômicos de *C. tarsata* reportados em estudos utilizando ninhos-armadilha estão a razão sexual e a mortalidade da prole (OLIVEIRA; AGUIAR; SILVA, 2012). A razão sexual é reportada como sendo de aproximadamente 1:1 em populações naturais, como observado para outras espécies de abelhas solitárias (SANTOS; AGUIAR, 2012). A manutenção dessa razão sexual parece ser facilitada pela disponibilidade de recursos florais e cavidades

de nidificação, que permitem a formação de ninhos de forma equitativa (SILVA et al., 2001). Contudo, a variação da razão sexual pode ocorrer em função de fatores como parasitismo ou flutuações na disponibilidade de cavidades de nidificação adequadas (NOVAES; LOURENÇO, 2021).

A mortalidade em populações de *C. tarsata* é significativamente afetada pela ação de inimigos naturais, como parasitas e predadores. Um estudo conduzido por Mendes e Rêgo (2007) documentou uma taxa de parasitismo em ninhos-armadilha de até 20% em áreas de eucalipto e 40% em áreas de mata mesofítica, sendo os principais inimigos naturais as espécies cleptoparasitas como *Mesocheira bicolor* (Apidae) e *Coelioxys* spp. (Megachilidae). Estas fêmeas parasitas atacam os ninhos durante o período de construção ou quando as fêmeas hospedeiras deixam provisões nas células de cria, comprometendo diretamente o desenvolvimento das larvas e levando à morte dos imaturos.

Considerando o que já se conhece sobre a biologia de *C. tarsata* e a possibilidade de atração de fêmeas nidificantes utilizando-se ninhos-armadilha, acredita-se que essa espécie pode ser um bom modelo para avaliar o impacto de alterações na paisagem devidos às atividades agrícolas no Bioma Cerrado.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo identificar possíveis variações espaciais e sazonais na produção de ninhos e de células de cria por fêmeas de *Centris tarsata*, bem como a relação entre esses parâmetros e as taxas de mortalidade da cria. O estudo busca um maior entendimento das variações desses atributos, considerando-se diferentes contextos da paisagem no Bioma Cerrado, contribuindo, assim, para a conservação da espécie e de seu papel como polinizadora.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na região de Uberlândia e Araguari, localizadas no Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil, e faz parte de projeto de Pós-Doutorado do Dr. Léo Correia da Rocha-Filho, intitulado “*Diversidade e relações antagonísticas de abelhas e vespas (Hymenoptera: Aculeata) que nidificam em cavidades preexistentes e seus inimigos naturais em áreas preservadas de Cerrado e cultivos convencionais*”. Para a realização desse projeto, foram selecionados dezesseis sítios de amostragem, sendo oito cultivos de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Passifloraceae) na região de Araguari, uma vez que esta cidade é a líder na produção dessa cultura no estado de Minas Gerais (IBGE 2024b), e oito áreas preservadas de Cerrado, na região de Uberlândia, considerando que a maior parte de seu território é ocupada por ecossistemas desse bioma (INFOSANBAS 2024). As coordenadas e tamanho das 16 áreas estudadas estão sumarizadas na Tabela 1. As áreas tinham uma distância mínima de 6 km uma da outra.

De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima na região de Uberlândia-Araguari é Aw, caracterizado por duas estações bem definidas: uma estação fria/seca (de abril a setembro) e uma estação quente/chuvosa (de outubro a março) (ALVARES et al. 2013).

3.2 PROCEDIMENTOS

A seguir serão descritos os procedimentos gerais, realizados durante o desenvolvimento do projeto intitulado “*Diversidade e relações antagonísticas de abelhas e vespas (Hymenoptera: Aculeata) que nidificam em cavidades preexistentes e seus inimigos naturais em áreas preservadas de Cerrado e cultivos convencionais*”. No presente trabalho de monografia foram analisados os dados sobre fenologia, produção de ninhos e de células, fenologia e mortalidade obtidos para *Centris tarsata*, que foi a espécie mais amostrada nos sítios estudados.

Nos sítios de amostragem foram instalados abrigos contendo diferentes tipos de ninhos-armadilhada. Os abrigos consistiam em estruturas de madeira, medindo 30 cm de altura, 30 cm de largura e 20 cm de profundidade, fixadas a árvores a até 1,5 m acima do solo. Essa estrutura apresentava telas de metal parafusadas em suas superfícies anterior e posterior e eram cobertas por um telhado plástico azul para proteção contra a chuva (Figura 1). Em cada sítio de amostragem, foi instalado um abrigo contendo diferentes tipos de ninhos-armadilha (NA), visando a atração de

fêmeas nidificantes de abelhas e vespas. Dentre os diferentes tipos de ninhos-armadilha instalados estavam: (i) gomos de bambu (*Bambusa vulgaris*, Poaceae) (n=120), variando em comprimentos (6–23 cm) e diâmetros (1,4–2,4 cm); (ii) pecíolos secos de *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) (n=4), medindo de 17 a 39 cm de comprimento e 0,45 a 1,1 cm de diâmetro; (iii) caixa de Fibra de Média Densidade (MDF) (n=1) coberta por uma tampa do mesmo material, com medidas externas de 8 cm × 8 cm × 5 cm e um buraco lateral de 1,2 cm de diâmetro. Para proteger os ninhos contra ataques de formigas predadoras, foram utilizados pedaços de fita adesiva Neudorff® logo abaixo e acima de cada estação de amostragem. Todos os ninhos-armadilha ocupados por esses insetos foram removidos e substituídos por novos.

Os abrigos foram instalados nas áreas em julho de 2020 e monitorados mensalmente de agosto de 2020 a julho de 2022. Os NAs ocupados foram levados ao laboratório, acoplados a um tubo PET e mantidos em temperatura ambiente até a emergência de adultos. Os ninhos completos nos sítios de amostragem eram sempre substituídos por novos NAs. Os adultos emergentes foram identificados usando chaves taxonômicas. Amostras de espécimes emergentes foram depositadas como material testemunho na coleção do 'Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA)' do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia.



Foto: Rocha-Filho, LC.

Figura 1- Abrigo contendo diferentes tipos de ninhos-armadilhada instalado nos 16 sítios de amostragem localizados nas regiões de Araguari e Uberlândia, Triângulo Mineiro- MG.

Tabela 1- Coordenadas e tamanho das áreas nas quais foi instalado um abrigo para a atração de abelhas e vespas na região de Uberlândia e Araguari, Triângulo Mineiro- MG. C- áreas de cerrado e P- cultivos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*.

Código	Coordenadas	Área (ha)
C1	-19.03917, -48.09139	403.85
C2	-19.39075, -48.42342	150
C3	-18.98356, -48.29404	127
C4	-19.03917, -48.09139	415
C5	-19.03917, -48.09139	220
C6	-19.12031, -48.63056	360
C7	-19.09725, -48.29098	307
C8	-18.90733, -48.52967	195
P1	-18.63736, -48.05611	0.92*
P2	-18.56889, -48.01917	0.8*
P3	-18.87555, -47.97979	0.71*
P4	-18.93511, -47.89741	1.59*
P5	-18.80923, -47.98417	1.44*
P6	-18.55055, -48.17028	6*
P7	-18.49970, -48.14228	1.89*
P8	-18.58472, -48.40750	2*

*Nessas áreas o tamanho refere-se somente a área de cultivo de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, sem considerar todo o entorno.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para investigar os padrões fenológicos de distribuição reprodutiva da espécie, foi utilizada estatística circular. Nesta análise os meses são representados em uma circunferência, divididos em 12 setores, representando os 12 meses do ano (MORELLATO et al. 2010). Aplicamos o teste de Watson para verificar a adequação dos dados à distribuição von Mises, o teste de Rayleigh para testar a uniformidade dos dados, e o teste de Dip de Hartigan para identificar a presença de bimodalidade. Essas análises servem para entender os padrões temporais de reprodução de *Centris tarsata*, examinando se há períodos específicos de maior atividade reprodutiva.

Para avaliar as diferenças na produção de células de cria entre as áreas amostradas, utilizou-se um Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição de erro apropriada para os dados (número de células). O modelo incluiu como preditores as áreas estudadas, testando possíveis variações espaciais. As previsões do GLM foram visualizadas em gráficos com barras de desvio padrão, destacando diferenças significativas entre as áreas com o uso de testes de comparação múltipla.

Para comparar a produção de células de cria nos ninhos entre as estações seca e úmida e entre diferentes fitofisionomias (Cerrado e Passiflora), utilizamos o teste t de Welch para duas amostras independentes. Esta mesma abordagem foi utilizada para analisar a mortalidade por inimigos naturais e causas desconhecidas.

Por fim, com o intuito de entender a relação entre o número de ninhos observados e as variáveis resposta analisadas (produção de células de cria e mortalidade) usamos a correlação de Pearson.

Todas as análises foram realizadas utilizando o software R (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

4. RESULTADOS

A produção de células de cria por *Centris tarsata* variou substancialmente entre as áreas amostradas, com o número de ninhos variando entre 1 e 8 e o número de células entre 1 e 44. As análises estatísticas mostraram diferenças significativas na produção de células entre as áreas, com destaque para P3 (coeficiente = 0.840, erro padrão = 0.222, $p=0.0001$) e P7 (coeficiente = 0.769, erro padrão = 0.225, $p=0.001$), que apresentaram maior produção. Em contrapartida, áreas como C6 (coeficiente = -1,335, erro padrão = 0.476, $p=0,005$), P2 (coeficiente = -2,944, erro padrão = 1.013, $p=0,004$) e P4 (coeficiente = -2,251, erro padrão = 0.726, $p=0,002$) demonstraram uma produção significativamente menor. Apesar dessas variações intra-areas, não foram observadas diferenças significativas entre áreas de cultivo (P) e de Cerrado (C) preservado ($t = -0.45627$, $df = 6.7703$, $p\text{-value} = 0.6625$).

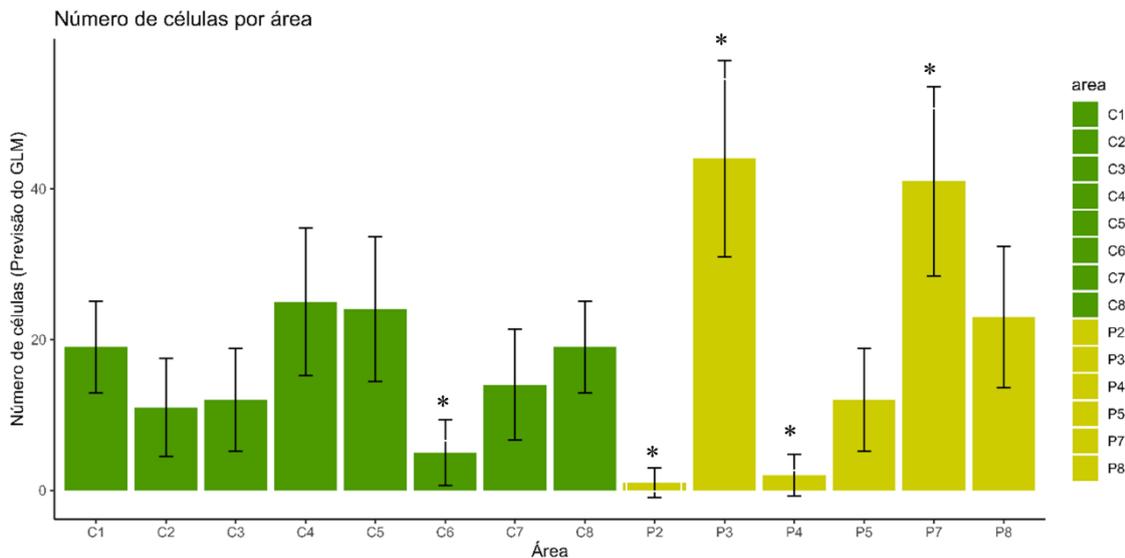


Figura 2- Número de células produzidas por área para *Centris tarsata*, conforme previsão de GLM (Modelo Linear Generalizado), nas áreas de estudo localizadas nas regiões de Araguari e Uberlândia, Triângulo Mineiro - MG. As barras indicam o desvio padrão, e os asteriscos (*) representam diferenças significativas entre as áreas.

A nidificação de *Centris tarsata* foi registrada em 15 das 16 áreas estudadas, com um total de 80 ninhos coletados. Com relação à fenologia da espécie, observou-se um padrão bivoltino, com maior produção de células durante a estação seca ($t = -2,7914$; $p = 0,01872$)

(Figura 3). O pico de produção de ninhos ocorreu em setembro, com 42% do total de células produzidas (124 células em 26 ninhos). Na estação úmida, registraram-se 112 células (38% do total) em 36 ninhos produzidos entre fevereiro e abril. (Figura 4).

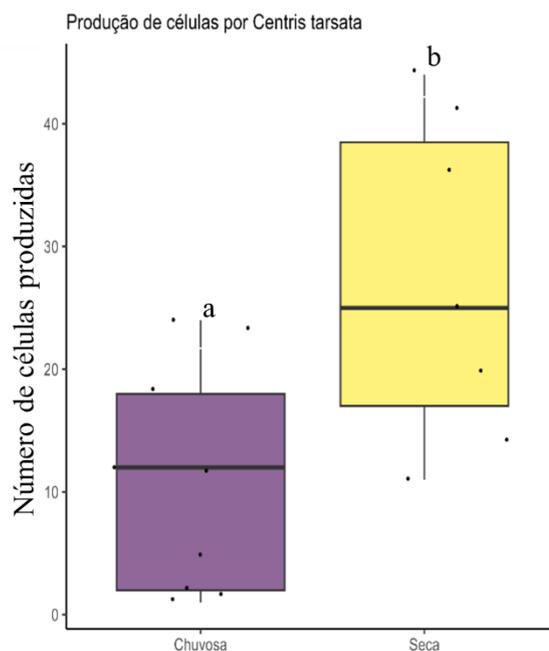


Figura 3- Produção de células por *Centris tarsata* durante as estações chuvosa e seca nas áreas de estudo localizadas em Araguari e Uberlândia, Triângulo Mineiro – MG.

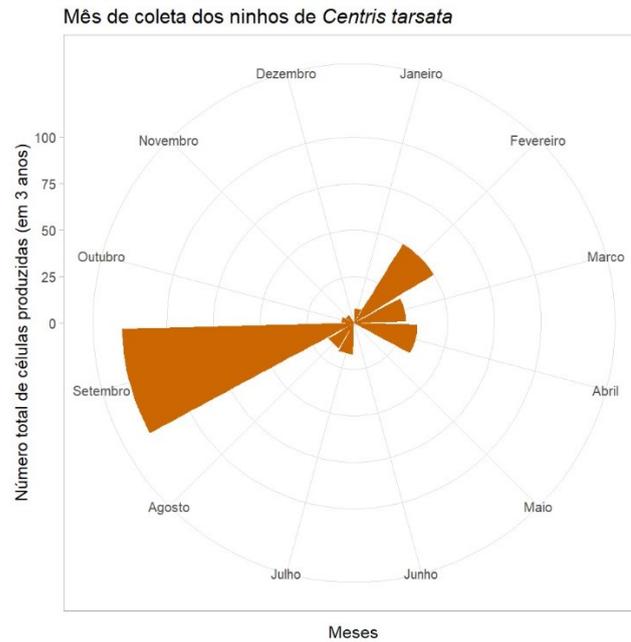


Figura 4- Fenologia da nidificação de *Centris tarsata* nas áreas de estudo localizadas nas regiões de Araguari e Uberlândia, Triângulo Mineiro - MG

Tabela 2- Variação no número de ninhos e de células amostrados nas áreas de estudo localizadas nas regiões de Araguari e Uberlândia, Triângulo Mineiro - MG

Área	Total de ninhos	Total células
C1	12	38
C2	2	11
C3	5	12
C4	7	25
C5	7	24
C6	2	5
C7	4	14
C8	11	38
P2	1	1
P3	8	44
P4	1	2
P5	4	12
P7	8	41
P8	8	23
Total	80	290

A mortalidade dos ninhos, por outro lado, não apresentou diferenças significativas nem entre as estações ($t = -1,4566$, $df = 11,547$, $p\text{-valor} = 0,1719$) nem entre as fisionomias estudadas ($t = -0,45625$, $df = 8,2621$, $p\text{-valor} = 0,66$).

Por fim, a análise da correlação entre a produção de células de cria por fêmeas de *Centris tarsata* e o número de ninhos resultou em uma alta correlação positiva ($r = 0,903$, $p = 1.669e-06$). Isso sugere que à medida que o número de ninhos aumenta, a produção de células também tende a aumentar significativamente. Adicionalmente, a correlação entre a mortalidade e o número de ninhos foi moderadamente forte e positiva ($r = 0.779$, $p = 0,0003814$).

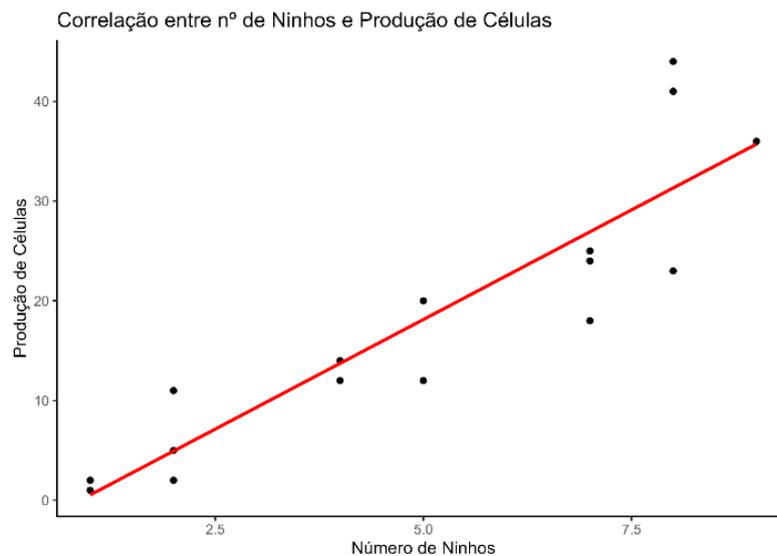


Figura 5- Correlação entre o número de ninhos e a produção de células de *Centris tarsata* nas áreas de estudo localizadas em Araguari e Uberlândia, Triângulo Mineiro - MG.

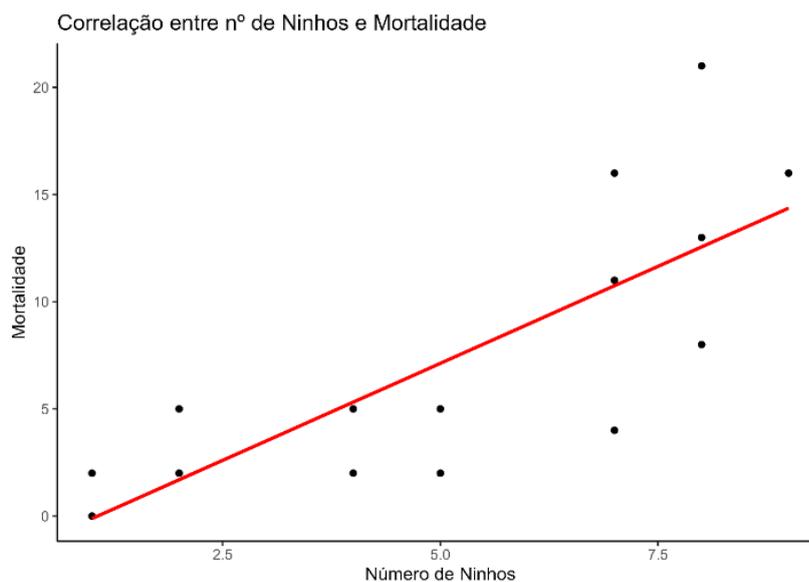


Figura 6- Correlação entre o número de ninhos e a mortalidade de *Centris tarsata* nas áreas de estudo localizadas em Araguari e Uberlândia, Triângulo Mineiro - MG.

5. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo destacaram que *Centris tarsata* possui uma fenologia bivoltina, com maior produção de células de cria durante a estação seca. Essa preferência sazonal está associada a fatores climáticos e de disponibilidade de recursos, característicos do Cerrado. Além disso, houve variações espaciais significativas na produção de células entre as áreas estudadas, mas sem diferenças estatísticas entre áreas de cultivo e Cerrado preservado. Outro ponto importante foi a correlação positiva entre a abundância de ninhos e mortalidade de imaturos.

Fungos e outros inimigos naturais são responsáveis por taxas significativas de mortalidade nos ninhos de *Centris analis*, conforme observado por Parizotto (2019). Embora este estudo tenha sido conduzido com *C. analis*, é provável que dinâmicas similares ocorram com *C. tarsata*, indicando estratégias locais para minimizar perdas reprodutivas causadas por esses fatores. Frankie et al. (1993), em habitats de floresta seca na Costa Rica, também relataram maior abundância de ninhos do gênero *Centris* durante a estação seca, sugerindo que a umidade da estação chuvosa pode tornar as células mais vulneráveis a fatores adversos. Os resultados deste estudo corroboram essas observações, demonstrando que a maior atividade de nidificação de *Centris tarsata* ocorre na estação seca no Cerrado, possivelmente associada à menor incidência de fatores que comprometem o desenvolvimento dos ninhos durante este período. Por outro lado, Aguiar e Martins (2002), ao estudar a Reserva Biológica de Guaribas, relataram uma maior incidência de nidificação de *Centris* durante a estação úmida, sugerindo que condições climáticas dessa estação podem favorecer a reprodução em determinadas regiões. Essas diferenças sazonais, como discutido por Roubik (1989), refletem adaptações específicas às condições climáticas locais e à disponibilidade de recursos em diferentes ecossistemas, maximizando o sucesso reprodutivo em cada contexto.

A estrutura da paisagem, com uma maior diversidade de flora nativa em áreas de Cerrado preservado, pode contribuir para a diferença na produção de ninhos e de células de cria por fêmeas de *C. tarsata* entre as áreas. A fragmentação do habitat, discutida por Giannini et al. (2012), demonstra que abelhas solitárias, como as do gênero *Centris*, sofrem com a perda e fragmentação de áreas naturais, o que reduz o fluxo gênico entre populações e limita o acesso a recursos importantes para a nidificação e alimentação das larvas. Este estudo indica que as populações de *Centris* em áreas fragmentadas enfrentam uma redução na variabilidade genética, aumentando a vulnerabilidade à extinção e comprometendo as interações ecológicas necessárias para a

polinização de várias espécies de plantas nativas. Assim, é provável que a fragmentação do Cerrado esteja igualmente afetando *C. tarsata*, intensificando a pressão sobre suas populações em áreas onde a disponibilidade de recursos florais diversificados é limitada. Contudo, essa espécie apresenta uma alta adaptabilidade que pode mitigar, ao menos em parte, os efeitos negativos da fragmentação em algumas regiões.

A mortalidade dos imaturos apresentou uma relação positiva com a abundância de ninhos, possivelmente devido ao aumento da pressão de inimigos naturais, como parasitas e predadores, em áreas de alta densidade de ninhos. De acordo com Mendes e Rêgo (2007), a alta densidade de ninhos pode atrair um maior número de parasitas, tornando áreas com maior concentração de ninhos mais suscetíveis a ataques. Esses autores documentaram taxas elevadas de parasitismo em ninhos-armadilha de *C. tarsata* em ambientes com diferentes densidades de ninhos, com destaque para parasitas como *Mesocheira bicolor* e *Coelioxys spp.*

Segundo o Catálogo Moure (MOURE et al., 2007), *C. tarsata* ocorre em quase todos os biomas brasileiros e em outros países, sendo uma espécie generalista bem adaptada a diversos ambientes. Estudos como os de Rocha-Filho et al. (2019) e Montagnana et al. (2020) demonstram que essa adaptabilidade permite à espécie explorar recursos em áreas urbanas, agrícolas e naturais, utilizando habitats com diferentes níveis de perturbação sem que seu desempenho reprodutivo seja significativamente prejudicado. Essa capacidade ressalta o papel essencial de *C. tarsata* na polinização de ecossistemas naturais e agrícolas, mesmo em cenários de crescente urbanização.

6. CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que *Centris tarsata* ajusta seu comportamento de nidificação de acordo com a sazonalidade do Cerrado, aproveitando especialmente a estação seca e o início da estação úmida. Esse padrão fenológico indica uma adaptação estratégica da espécie, que permite otimizar a reprodução em um bioma caracterizado pela variação climática acentuada ao longo do ano.

A variação na produção de ninhos e de células pode ter sido influenciada principalmente pela complexidade e diversidade dos habitats locais, enquanto a distinção entre áreas de cerrado e cultivo não mostrou efeitos significativos sobre a reprodução de *C. tarsata*.

Por outro lado, observou-se que uma alta densidade de ninhos está correlacionada com um aumento na mortalidade, devido à pressão de parasitas e predadores. Esta informação sugere que, embora a presença de muitos ninhos possa indicar um ambiente propício à reprodução, a concentração desses ninhos em um determinado local pode ter um impacto negativo no sucesso reprodutivo.

Diante desses resultados, a conservação de áreas de cerrado e a implementação de práticas agrícolas mais sustentáveis se mostram importantes para a preservação de *C. tarsata*. Com a maior oferta de recursos florais e maior disponibilidade de substratos de nidificação, haverá uma contribuição positiva para a manutenção das populações da espécie.

BIBLIOGRAFIA

AGUIAR, C. M. L.; GARÓFALO, C. A. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 21, n. 3, p. 477-486, 2004.

AGUIAR, A. J. C.; MARTINS, C. F. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 19, p. 101–116, jul. 2002.

BUSCHINI, M. L. T.; WOLFF, L. L. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith in Southern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 4, p. 1091-1101, 2006.

DA SILVA SOUZA, G. C. et al. Nidificação de espécies de *Centris* em ninhos-armadilha para incremento dos serviços de polinização em aceroleiras. *Anais da XIV Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido*, p. 31, 2019.

DICKS, L. V.; BREEZE, T. D.; NGO, H. T. et al. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution*, v. 5, p. 1453–1461, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01534-9>.

DOREA, M. da C.; AGUIAR, C. M. L.; FIGUEROA, L. E. R.; LIMA, L. C.; SANTOS, F. de A. R. Pollen residues in nests of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in a tropical semiarid area in NE Brazil. *Bioscience Journal*, v. 25, n. 1, p. 1-7, 2010.

DRUMOND, P. M.; MORATO, E. F.; AZEVEDO, G. G. Uso de ninhos-armadilhas no manejo e conservação de abelhas *Centris* Fabricius, 1804 (Apidae, Centridini). In: RESENDE, H. C.; WERNECK, H. A. (orgs.). *Estudos sobre abelhas e vespas brasileiras: uma homenagem ao Professor Lucio Campos*. Florestal, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2023. p. 77-87.

FERREIRA, M. F. de O.; FRAGA, R. de; BARROS, E. C. de; AUGUSTO, S. C. Effects of abamectin and acetamiprid pesticides on the survival and behavior of *Scaptotrigona aff. xanthotricha* (Apidae, Meliponini). *Journal of Apicultural Research*, v. 61, n. 1, p. 37–44, 2020.

FREITAS, B. M. et al. *Plano de manejo para polinização da cultura do cajueiro: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica*. Rio de Janeiro: Funbio, 2014.

FUCCILLO BATTLE, K.; DE RIVERA, C. E.; CRUZAN, M. B. The role of functional diversity and facilitation in small-scale pollinator habitat. *Ecological Applications*, v. 31, n. 6, e02355, 2021. DOI: 10.1002/eap.2355.

GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F.; ALVES-DOS-SANTOS, I. The brazilian solitary bee species caught in trap nests. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. (Eds.). **Solitary Bees Conservation: Rearing and Management for Pollination**. Fortaleza: Universitária, 2004. p. 26–30.

GIANNINI, T. C.; ALVES, D. A.; ALVES, R. et al. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. *Apidologie*, v. 51, p. 406–421, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00727-3>.

GIANNINI, T. C.; ACOSTA, A. L.; SARAIVA, A. M.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; GARÓFALO, C. A. Impacto de mudanças climáticas em abelhas solitárias: um estudo de caso envolvendo duas espécies de *Centris*. In: IMPACTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM ABELHAS SOLITÁRIAS: um estudo de caso envolvendo duas espécies de *Centris*. *Ferramentas para uso e conservação de polinizadores*, 2012. p. 335-347.

KROMBEIN, K. V. **Trap-nesting wasps and bees: Life histories, nests and associates**. Smithsonian, Washington DC, 1967.

LEBUHN, G.; LUNA, J. V. Pollinator decline: what do we know about the drivers of solitary bee declines? *Current Opinion in Insect Science*, v. 46, p. 106-111, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.05.004>.

MALASPINA, O. et al. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. In: *VIII Encontro sobre Abelhas*. Resumos... Ribeirão Preto: FUNPEC, 2008. p. 41-48.

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*, v. 51, n. 3, p. 382–388, jul. 2007.

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

MESQUITA, T. M. S.; VILHENA, A. M. G. F.; AUGUSTO, S. C. Ocupação de ninhos-armadilha por *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith, 1874 e *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Centridini) em áreas de cerrado. *Bioscience Journal*, v. 25, n. 5, p. 124-132, 2009.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. 2. ed. Baltimore: The Johns Hopkins University, 2007.

MONQUERO, P. A.; OLIVEIRA, A. S. Os herbicidas causam impactos na sobrevivência e desenvolvimento de abelhas? *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 17, n. 1, p. 95-105, jan./mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i1.533>.

MONTAGNANA, P. C.; BOSCOLO, D. et al. Green patches among a grey patchwork: the importance of preserving natural habitats to harbour cavity-nesting bees and wasps (Hymenoptera) and their natural enemies in urban areas. *Biodiversity and Conservation*, v. 29, p. 2487–2514, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01985-9>.

MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region*. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. Disponível em: <http://moure.cria.org.br/catalogue>.

NOVAES, C. S.; LOURENÇO, A. P. Análises morfométricas de abelhas *Centris tarsata* em áreas com diferentes níveis de perturbação em uma região de campo rupestre. In: *Avanços no Estudo dos Insetos Sociais: anais do evento Insetos Sociais em Rede*. São Paulo: USP, 2021.

OLIVEIRA, G. A.; AGUIAR, C. M. L.; SILVA, M. Riqueza, abundância e eficiência de polinização de abelhas Centridini (Hymenoptera, Apidae) em pomar de aceroleira (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) no semiárido baiano. In: *XXIX Congresso Brasileiro de Zoologia*, 2012, Salvador. Anais do Congresso Brasileiro de Zoologia. Salvador, 2012.

PACÍFICO-DA-SILVA, I.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO, B. Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. X, p. XX-XX, 2016. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN; Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias, Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG.

PARIZOTTO, D. R. Natural enemies of the oil-collecting bee *Centris analis* (Fabricius, 1804) with notes on the behavior of the cleptoparasite *Coelioxys nigrofimbriata* Cockerell, 1919 (Hymenoptera, Apidae). *Journal of Hymenoptera Research*, v. 70, p. 1–16, 2019. DOI: [10.3897/jhr.70.33042](https://doi.org/10.3897/jhr.70.33042).

PIRES, E. P.; POMPEU, D. C.; SOUZA-SILVA, M. Nidificação de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) na reserva biológica Boqueirão, Ingaí, Minas Gerais. *Bioscience Journal*, v. 28, n. 2, p. 302-311, mar./abr. 2012.

RABELO, L. S. Diversity of pollen sources used by Centridini bees in areas of Cerrado. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. DOI: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2012.41>.

ROCHA-FILHO, L. C.; MOURE-OLIVEIRA, D.; CARVALHO, S. de M.; FRANTINE-SILVA, W.; AUGUSTO, S. C. Diversity and host–parasite interactions of cavity-nesting Hymenoptera communities in the Brazilian Savannah. *Neotropical Entomology*, v. 48, p. 750–760, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00683-y>.

ROUBIK, D. W. *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

SANTOS, C. O.; AGUIAR, C. M. L. Nidificação, mortalidade e razão sexual de abelhas solitárias em ninhos-armadilha em um sistema de agricultura orgânica no Distrito de Humildes em Feira de Santana, Bahia, Brasil. In: *SINSECTA - Semana Entomológica da Bahia*, 2012, Cruz das Almas. Anais... Cruz das Almas: Geni da Silva Sodr e, 2012. v. 24, p. 01-291.

SAZAN, M. S. *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius, 1804) e *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith, 1874 (Hymenoptera: Apidae). 2015. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

SILVA, F. O. et al. Biologia e arquitetura de ninhos de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Neotropical Entomology*, v. 30, n. 4, p. 541-545, 2001.

SOUSA, V. R. Biologia floral do Cerrado: poliniza o e flora o. Brasília: Centro Universitário de Brasília, 2002. Monografia de Gradua o.