

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, CONSERVAÇÃO E
BIODIVERSIDADE

LEONARDO SANTOS TEIXEIRA

**RECURSOS POLÍNICOS UTILIZADOS POR FÊMEAS DE *CENTRIS*
(*HEMISIELLA*) *TARSATA* SMITH (APIDAE, CENTRIDINI) EM ÁREAS
NATURAIS E AGRÍCOLAS DO CERRADO**

UBERLÂNDIA

2023

LEONARDO SANTOS TEIXEIRA

**RECURSOS POLÍNICOS UTILIZADOS POR FÊMEAS DE *CENTRIS*
(*HEMISIELLA*) *TARSATA* SMITH (APIDAE, CENTRIDINI) EM ÁREAS
NATURAIS E AGRÍCOLAS DO CERRADO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade da Universidade Federal de Uberlândia, como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia

Orientador: Prof. Dra. Solange Cristina Augusto

UBERLÂNDIA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

T266r
2023 Teixeira, Leonardo Santos, 1998-
 Recursos polínicos utilizados por fêmeas de *Centris (HEMISIELLA)*
 tarsata smith (APIDAE, CENTRIDINI) em áreas naturais e agrícolas do
 Cerrado [recurso eletrônico] / Leonardo Santos Teixeira. - 2023.

Orientadora: Solange Cristina Augusto.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.8073>

Inclui bibliografia.

1. Ecologia. I. Augusto, Solange Cristina, 1966-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

André Carlos Francisco
Bibliotecário - CRB-6/3408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade

Av. Pará, 1720, Bloco 2D, Sala 26 - Bairro Umuarama, Uberlândia-MG, CEP 38405-320
Telefone: (34) 3225-8641 - www.ppgeco.ib.ufu.br - ecologia@umuarama.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia, Conservação e Biodiversidade				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 334, PPGECB				
Data:	trinta e um de julho de dois mil e vinte e três	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	16h:30mm
Matrícula do Discente:	12122ECR019				
Nome do Discente:	Leonardo Santos Teixeira				
Título do Trabalho:	Recursos polínicos utilizados por fêmeas de <i>Centris</i> (<i>Hemisiella</i>) <i>tarsata</i> Smith (Apidae, Centridini) em áreas naturais e agrícolas do Cerrado				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Ecologia de populações				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Abelhas do Cerado: estimativas populacionais, estrutura genética, manejo de ninhos e serviços de polinização				

Reuniu-se por videoconferência a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade assim composta pelas doutoras: Camila Nonato Junqueira - ESTES/UFU; Silvia Helena Sofia- UEL e Solange Cristina Augusto - INBIO/UFU, orientadora do candidato.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Solange Cristina Augusto, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, às examinadoras, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Solange Cristina Augusto, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/08/2023, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º,

§ 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Nonato Junqueira, Professor(a) do Ensino Básico,**

Técnico e Tecnológico, em 01/08/2023, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Silvia Helena Sofia, Usuário Externo**, em 02/08/2023, às 11:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](#), informando o código verificador **4634109** e o código CRC **7894CA3A**.

Referência: Processo nº 23117.048064/2023-84

SEI nº 4634109

Aos meus pais Fernanda Rogéria e Luiz Cláudio,

e meus avós, José Teixeira e Vasseni Gonçalves,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus por todo conforto e força que me deu, nas mais diversas situações de minha vida, me permitindo descanso em meus melhores e piores momentos.

À minha família, por todo suporte que me deram em toda minha trajetória. Hoje tenho a percepção que, mesmo com as dificuldades do dia a dia, vocês me deram todo o apoio em minhas decisões.

À minha Orientadora, Prof. Dra. Solange Augusto Cristina, que me guiou e orientou desde meu início da trajetória acadêmica. Suas considerações textuais, análises e sugestões foram imprescindíveis para a construção do meu Eu cientista.

À Dra. Thayane Nogueira Araújo, que me auxiliou durante todo o desenvolvimento deste projeto. Suas percepções, feedbacks e auxílios durante a construção do texto, coleta e análises estatísticas foram de grande importância.

Ao Dr. Léo Correia da Rocha Filho, por todo suporte feito para as análises polínicas e receitas culinárias compartilhadas nos momentos que estivemos juntos.

À Dra. Ana Luísa Sousa e Castro Melo, pelas imagens fornecidas, por toda conversa e suporte durante as coletas em campo, além de claro, aquela boa prosa nos momentos mais conturbados da escrita.

À FAPEMIG, por todo o financiamento do meu projeto. Sabemos que o desenvolvimento da pesquisa em nosso país é um trabalho exaustivo e com grandes desafios relacionados à recursos, portanto, sem esse investimento o trabalho seria inviável.

Ao Laboratório de Morfologia, Microscopia e Imagem (LAMOVI-UFU), pela disponibilidade da estrutura do laboratório para confecção das lâminas polínicas.

Ao Prof. Dr. Carlos Henrique Gomes Martins, nos auxiliando com a estrutura de seu laboratório durante o desenvolvimento da metodologia. Professor, eu o admiro e o respeito desde o dia em que te conheci.

A Rede de Laboratórios Multiusuários (RELAM) da UFU, que nos auxiliou com todo maquinário utilizado para leitura e análises das lâminas polínicas.

Agradeço ao meu companheiro Maik Ferreira, pela paciência durante todos os altos e baixos em minha vida durante o tempo de desenvolvimento desse projeto. Sem seu suporte e amor, as coisas teriam sido muito mais difíceis.

Por fim, agradeço nominalmente meus amigos, Laura Vital, Dyessica Nunes, Isabella Farias, Ana Luísa, Anna Luiza, Pedro Batistela, Bruna Campos, Gabriel Felipe, Iolanda Barbosa, Augusto Melo e Pedro André e todos aqueles que de alguma forma, contribuíram para ser quem sou hoje. Todos foram de grande suporte, nos momentos de risadas, descontração e claro, desabafos.

RESUMO

As abelhas do gênero *Centris* são importantes agentes polinizadores para diversas culturas, sendo os principais para alguns cultivos, como o da acerola. O conhecimento do nicho alimentar dessas abelhas em remanescentes de vegetação natural e áreas de cultivo do Cerrado, é um dos fatores preponderantes para definição de possíveis estratégias de conservação. O objetivo desse trabalho foi identificar as principais fontes de recursos de pólen utilizadas pelas abelhas *Centris tarsata*, por meio de análises polínicas, em diferentes remanescentes de vegetação natural e em áreas agrícolas. O estudo foi conduzido em sete áreas de diferentes tamanhos, quatro áreas de cultivo agrícolas e três áreas de vegetação natural de Cerrado, localizadas nas cidades de Araguari e Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Em todas as áreas foram instalados abrigos de madeira, nos quais foram disponibilizadas ninhos-armadilhas (NA), os quais consistiam em gomos de bambus fechados em uma das extremidades pelo próprio nó, com comprimento aproximado de 10,5cm e diâmetro de 0,8cm. Os NA foram inspecionados mensalmente, no período de agosto de 2020 a dezembro de 2021, e o ninhos produzidos foram levados ao Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA-UFU). Após a emergência, amostras do pólen residual desses ninhos foram coletadas nas células de cria e nas fezes incorporadas, e processado por meio do processo de acetólise. Foi observada a presença de 16 tipos polínicos. Nas áreas agrícolas, os tipos polínicos *Heteropterys*, *Platypodium* e Fabaceae foram os mais abundantes, enquanto nas áreas de vegetação natural, *Solanum*, *Mimosa* e *Senna*. Não houve diferenças significativas na diversidade polínica entre as amostras coletadas nas áreas naturais e agrícolas. As análises de similaridade também não mostraram que estas áreas formam dois agrupamentos distintos. As redes de interações entre os indivíduos de *Centris tarsata* e os recursos polínicos sugerem uma tendência de especialização individual.

Palavras-chave: abelhas solitárias; análises polínicas; grão de pólen; Cerrado;

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1: Áreas Agrícolas e Áreas Naturais, localizadas na região do Triângulo Mineiro, selecionadas para introdução dos ninhos-armadilha. Ha = hectare.

Tabela 2: Amostras de material residual do pólen e fezes de *Centris tarsata*, coletadas nas áreas de estudo utilizando ninhos-armadilha nos ambientes de Áreas Naturais e Áreas Agrícolas.

Tabela 3: Tipos polínicos coletados por *Centris tarsata*, após emergência dos indivíduos nas áreas agrícolas e naturais. Abundância relativa dos grãos de pólen (%) (Ab); Frequência de ocorrência dos tipos polínicos (%) (Fo).

Tabela 4: Diversidade das Áreas Naturais e Áreas Agrícolas selecionadas e, Matriz de similaridade de diversidade entre as áreas. Valores calculados através do índice de Horn. $H' = \text{Índice de diversidade de Shannon-Wiener}$. Valor médio do índice de Horn entre as áreas $S = 0,325$.

Tabela 5: Valores de conectância, aninhamento e especialização obtidos para a redes de interações entre *Centris tarsata* e suas fontes polínicos, em Áreas Naturais e Áreas Agrícolas.

Figura 1: Distribuição dos ninhos-armadilha estabelecidos na região de Minas Gerais. Os pontos em vermelho representam Áreas Agrícolas; A= MCJ08; B= MCJ04; C= MCJ03; D=MCJ02. Os pontos em verde representam as Áreas Naturais: E= CER06; F=CER04; G=CER03. As dimensões dos pontos representam a distância máxima de forrageio das *C. tarsata* nessas áreas. Mapa gerado digitalmente através da plataforma de Infraestrutura de Dados Especiais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema).

Figura 2: Estrutura completa utilizada como suporte para os ninho-armadilha fixadas nas Áreas Naturais e Áreas Agrícolas, localizadas na região do Triângulo Mineiro-MG. A estrutura externa é constituída de placas de madeira fixadas a troncos com uma trama de ferro para suporte dos gomos de bambus em diferentes diâmetros.

Figura 3: Composição e abundância dos tipos polínicos encontrados nas amostras coletadas nas áreas naturais e agrícolas, Triângulo Mineiro. Áreas Naturais: CER03, CER04, CER06. Áreas Agrícolas: MCJ02, MCJ03, MCJ04, MCJ08.

Figura 4: Diversidade (Shannon-Wiener - H') dos tipos polínicos coletados por *Centris tarsata* nas Áreas Naturais e Áreas Agrícolas. Os pontos pretos representam as amostras analisadas. (DF = 1; F= 1.857; P= 0.183).

Figura 5: Dendrograma representativo da similaridade dos recursos polínicos residuais da espécie *Centris tarsata* em Áreas Naturais e Áreas Agrícolas de cerrado. Áreas Naturais: CER03, CER04, CER06. Áreas Agrícolas: MCJ02, MCJ03, MCJ04, MCJ08.

Figura 6: Redes comparativas entre a composição do pólen residual coletado de *Centris tarsata* em áreas de Cultivo e Cerrado. (a) MCJ02; (b) MCJ03; (c) MCJ04; (d) MCJ08; (e) CER03; (f) CER06. As linhas representam o grau de interações entre os indivíduos (esquerda) e os tipos polínicos (direita). A espessura representa o número de interações que esses indivíduos tiveram com os recursos coletados.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
3. RESULTADOS	17
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	24
5. REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

O cerrado, um dos principais biomas brasileiros, é de vital importância para a conservação da biodiversidade sendo reconhecido por sua rica flora e fauna (Ribeiro & Walter, 1998). Contudo, nas últimas décadas, o Cerrado tem enfrentado uma crescente pressão devido ao avanço de modelos tradicionais de agricultura e seu desmatamento, em prol da produtividade, como o cultivo extensivo de grãos e a pecuária (Sousa & Lobato, 2004). O desmatamento e a conversão de áreas naturais em terras agrícolas têm contribuído significativamente para o declínio desse bioma, ameaçando não apenas sua própria existência, mas também afetando os serviços ecossistêmicos essenciais que ele oferece (Lopes & Daher, 2008).

Tal avanço da agricultura intensiva no cerrado tem impactos profundos na biodiversidade desse bioma, especialmente quando observamos às espécies vegetais (Sousa & Lobato, 2004). Um dos impactos mais notáveis, se dá pela queda acentuada na disponibilidade de recursos florais (Lopes & Daher, 2008, Agostini & Machado, 2014), recursos no qual as plantas podem oferecer aos seus agentes polinizadores como forma para atrair esse organismo e assim, incentivar sua polinização (Agostini & Machado, 2014).

Diversas espécies nativas do cerrado dependem de polinizadores para sua reprodução e, a diminuição desses recursos, aliados à presença do uso constante e inadequado de agrotóxicos na agricultura, afetam negativamente as populações dos principais agentes polinizadores, as abelhas (Sousa & Lobato, 2004, Rosa et al., 2019).

Dentre os principais recursos florais disponibilizados, como o pólen e néctar, os óleos florais são essenciais para as diversas etapas do ciclo de vida das abelhas, podendo atuar diretamente no fornecimento energético ou até mesmo na estruturação de seus ninhos, como no caso das abelhas do gênero *Centris* (Vaudo et al., 2015, Gaglianone et al., 2010). As abelhas *Centris* Fabricius constituem um importante grupo de abelhas solitárias que atuam como polinizadoras de diversas culturas, sendo os principais polinizadores para o cultivo da acerola (*Malpighia emarginata* DC) (Giannini et al., 2020; Vilhena et al., 2012). As fêmeas desses insetos utilizam esses recursos florais para as mais diversas funções, sendo o pólen e néctar como recursos necessários para suprir as demandas energéticas e, fornecer material proteico para o provisionamento larval; resinas e óleos florais para construção das células de cria e, adicionado ao pólen

aprovisionado para composição do alimento larvar que será depositado para o desenvolvimento da célula de cria (Gaglianone et al., 2010; Michener & Griswold, 2007) e, alguns casos, podem utilizar para fornecimento de energético. A diversidade de recursos coletados pode variar de acordo com a espécie da abelha e, pode ser utilizada como critério de classificação desses insetos com relação ao perfil de coleta, no qual pode ser classificado como oligolético, quando há a coleta de até quatro gêneros vegetais, ou polilético, quando há um número superior a este (Muller & Kuhlmann, 2008).

Durante essa coleta, a abelha poderá realizar a polinização daquela flor que visitou em busca de determinado recurso (Souza et al., 2007). Essa interação, induz a uma polinização natural que induz a formação de frutos maiores e mais saborosos, com uma qualidade superior quando comparados às flores que foram polinizadas manualmente nos cultivos de agricultura tradicional (Meena et al., 2022). Essa interação pode ser utilizada como uma estratégia em busca de um cultivo agrícola mais sustentável, potencializando os ganhos materiais do agricultor e mantendo a biodiversidade daquele local (Meena et al., 2022).

Dessa forma, identificar as espécies vegetais que fornecem os recursos necessários para a manutenção das populações de espécies de *Centris* em diferentes sistemas ambientais é um passo crucial para definir possíveis estratégias de conservação das abelhas desse gênero. Além disso, essa identificação fornece informações relevantes para o aprimoramento de técnicas de manejo dessas populações visando a polinização de grandes cultivos agrícolas, através da oferta de fontes de pólen específicas para o provisionamento larval, de acordo com o perfil de coleta dessas abelhas (Maria et al., 2007; Souza et al., 2019; Vilhena et al., 2012)

As interações entre planta e polinizador podem ser identificadas por meio de análises polínicas (Cane & Sipes, 2006). Essas interações podem ser analisadas com modelos visuais de redes ecológicas, que facilitam a observação e análise de composição e amplitude de nicho, através de um padrão visual das conexões entre as relações dessas abelhas e suas respectivas espécies vegetais coletadas (Bascompte, 2009; Bascompte & Jordano, 2006). Além disso, observa-se que a composição e amplitude de nicho estão diretamente relacionadas ao ambiente no qual esses organismos estão inseridos, podendo ocasionar variações de acordo com o local em que essas populações estão estabelecidas (Lima et al., 2018).

O Cerrado brasileiro, um dos principais bioma do Brasil que abrange aproximadamente 22% do território nacional, é o habitat para cerca de 30% das espécies da fauna brasileira. No entanto, o avanço das áreas de cultivo e ambientes urbanos tem levado ao desaparecimento dessas espécies (Jepson, 2005). A expansão dos sistemas agrícolas no cerrado brasileiro vem impactando negativamente as abelhas nativas, como a espécie *Centris tarsata*, causando o declínio destas populações nos ecossistemas afetados, desestabilizando as relações existentes entre esses insetos e outras espécies que dependem de sua presença (Gaglianone et al., 2010; Gallai et al., 2009; Sandrock et al., 2014; Tschardt et al., 2005).

Por isso, entender a relação desses polinizadores com as espécies vegetais torna-se essencial para desenvolver técnicas de conservação e manejo desta espécie (Armbruster, 2017; Filipiak, 2018; Freitas et al., 2009; Yourstone et al., 2021). A realização de estudos ao longo do tempo e em diferentes tipos de paisagem observando o uso dos recursos alimentares é essencial para entendermos a dinâmica de coleta polínica dessas abelhas, buscando evidenciar os principais tipos coletados para garantirmos tais recursos, visando a preservação dessas populações.

Portanto, o objetivo do trabalho foi identificar as principais fontes de recursos de pólen utilizadas pelas abelhas *Centris tarsata*, por meio de análises polínicas, em diferentes remanescentes de vegetação natural e Áreas Agrícolas, buscando responder as seguintes questões: (i) existe diferença na diversidade polínica das amostras coletadas de ninhos provenientes de remanescentes naturais do cerrado e de áreas agrícolas? Considerando que remanescentes naturais devem apresentar uma maior diversidade de vegetação, pressupomos que as abelhas desses locais coletam seus recursos de um número menor de espécies vegetais quando comparados às abelhas que nidificam em áreas de cultivos agrícolas; (ii) As redes de interações das áreas de naturais e de cultivos diferem quantos aos níveis de aninhamento e especialização? Buscamos entender se em ambientes influenciados pela interferência humana, com desmatamento e plantio seletivo, determinam a forma como as redes são estruturadas (Beal-Neves et al., 2020; Carman & Jenkins, 2016).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudos

O estudo foi conduzido em sete áreas de diferentes tamanhos, quatro áreas de cultivo agrícola (MCJ02, MCJ03, MCJ04 e MCJ08) e três áreas de vegetação natural de Cerrado (CER03, CER04 e CER06), localizadas nas cidades de Araguari e Uberlândia, em Minas Gerais, Brasil (Tabela 1). Em cada foram introduzidos ninhos-armadilha (NA) para a atração de fêmeas nidificantes de *Centris tarsata*.

As áreas de cultivo possuem plantios de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims), com algumas variações entre elas. MCJ02 é cercado por pastagens e áreas de cultivo de café, além de estar em proximidade com áreas naturais e à represa de uma hidrelétrica. MCJ03 é adjacente a cultivos de café e pastagem, localizada próxima a áreas contínuas de mata, próximo a um curso de rio. MCJ04 é uma área próxima a áreas de mata nativa, caracterizada por pequenos cultivos familiares de uso diversificado, pastagens para pecuária e cultivo de soja e milho. MCJ08 é adjacente a cultivos de café, soja e está próxima a uma extensa área de cerrado (Figura 1).

Em relação às áreas de Cerrado, foram observadas algumas variações: CER03 compreende uma área de cerrado *sensu stricto* e cerradão, cercada por cultivos agrícolas e pastagens, localizado na Reserva Privada Eucatex. CER04 é caracterizada por uma área de cerradão e mata de galeria, predominantemente próxima a cultivos agrícolas, localizado em uma propriedade particular. CER06 é uma área de cerrado *sensu stricto* e campo sujo, localizado em uma propriedade particular, tendo no seu entorno um condomínio residencial, cultivos agrícolas e áreas de pastagens.

2.2 Características da espécie

As abelhas *Centris tarsata* possuem tamanho com cerca de 1,5-2,0cm de comprimento (Rabelo et al., 2012) e, dado o seu tamanho corporal, possui raio de forrageio com cerca de 600m (Zurbuchen et al., 2010). É uma abelha solitária que pode ser encontrada nos mais diversos ambientes, como matas fechadas, campos abertos, áreas rurais e centros urbanos (Lourenço et al., 2020). Com hábitos filopátricos, essas abelhas constroem seus ninhos no solo ou em cavidades preexistentes, como troncos de árvores ocos (Oliveira, 2013), próximos ao local de nascimento. Na construção de seu ninho, essa espécie utiliza terra, óleos e resinas para estabelecer câmaras larvais onde será realizado o provisionamento, no qual irá depositar seus ovos que irá se desenvolver

posteriormente, em um novo indivíduo (Aguiar & Garófalo, 2004)). Esse alimento depositado pode ser coletado de um amplo número de espécies vegetais, conferindo-a característica polilética à espécie (Dórea et al., 2009).

Tabela 1. Áreas Agrícolas e Áreas Naturais, localizadas na região do Triângulo Mineiro, selecionadas para introdução dos ninhos-armadilha. Ha = hectare

	Áreas Agrícolas	Ha		Áreas Naturais	Ha
MCJ02	18°56'06.4"S 47°53'50.7"W	1,59	CER03	19°02'21.0"S 48°05'29.0"W	415
MCJ03	18°52'32.0"S 47°58'47.2"W	0,71	CER04	19°05'50.1"S 48°17'27.5"W	300
MCJ04	18°34'08.0"S 48°01'09.0"W	0,8	CER06	19°01'59.1"S 48°32'06.5"W	220
MCJ08	18°30'58.2"S 48°14'39.4"W	1,89			

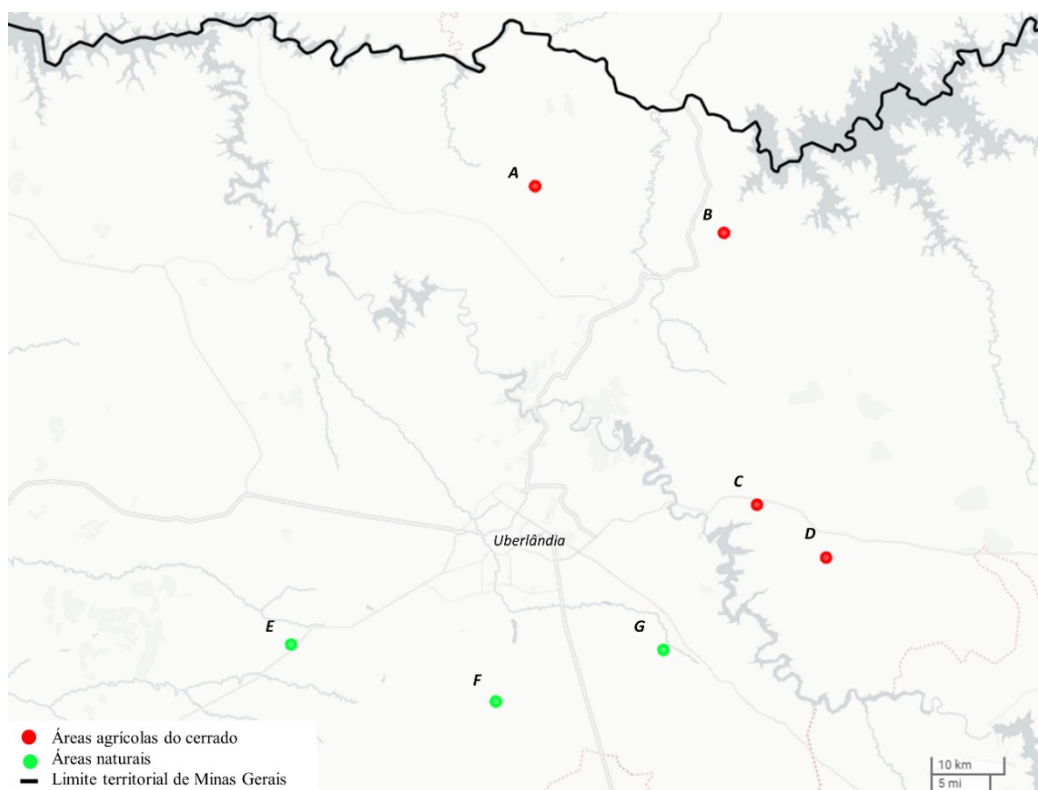


Figura 1. Distribuição dos ninhos-armadilha estabelecidos na região de Minas Gerais. Os pontos em vermelho representam Áreas Agrícolas; A= MCJ08; B= MCJ04; C= MCJ03; D=MCJ02. Os pontos em verde representam as Áreas Naturais: E= CER06; F=CER04; G=CER03. As dimensões dos pontos representam a distância máxima de forrageio das *C. tarsata* nessas áreas. Mapa gerado digitalmente através da plataforma de Infraestrutura

de Dados Especiais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema).

2.3 Estruturação dos ninhos-armadilha e

Em todas as áreas foram instalados abrigos de madeira, nos quais foram disponibilizadas ninhos-armadilhas (NA). Esses NA consistem em gomos de bambus fechados em uma das extremidades pelo próprio nó, com comprimento aproximado de 10,5cm e diâmetro de 0,8cm (Aguiar & Garófalo, 2004), que foram introduzidos em tubos de PVC fixados nos abrigos (Figura 2). As armações consistiam e uma estrutura quadrada com dimensões de 150mm x 100mm x 100mm construídos para sustentação dos tubos. Com o objetivo de evitar ocupação dos ninhos por outros artrópodes, foi aplicado cola e fita entomológica próximo aos locais onde foram instalados os ninhos. as quais foram fixadas com fitas em árvores inseridas em parcelas de fragmentos de Cerrado e próximos aos cultivos agrícolas a cerca de 1,5 m do solo (Araújo et al., 2021).



Figura 2: Estrutura completa utilizada como suporte para os ninho-armadilha fixadas nas *Áreas Naturais* e *Áreas Agrícolas*, localizadas na região do Triângulo Mineiro-MG. A estrutura externa é constituída de placas de madeira fixadas a troncos com uma trama de ferro para suporte dos gomos de bambus em diferentes diâmetros.

2.4 Coleta de amostras de pólen residual e análises polínicas

Os NA foram mensalmente inspecionados, no período de agosto de 2020 a dezembro de 2021, entre 07h e 17h, em busca de ninhos concluídos e selados. Após identificação, os NA concluídos (Tabela 2) foram levados ao Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA-UFU) e incubados em uma câmara de Demanda Biológica de Oxigênio (D.B.O) a temperatura de 25 ± 1 °C e umidade a $75\% \pm 1\%$ até a emergência dessas abelhas. Após a emergência dos indivíduos, amostras do pólen residual desses ninhos foram coletadas dos nas paredes das células de cria e nas fezes

incorporadas ao casulo, e processado por meio do processo de acetólise (Dórea et al., 2010).

O material polínico foi preparado em lâmina permanente utilizando a metodologia da acetólise (Erdtman, 1960) com o objetivo de eliminar o conteúdo intrapolínico para limpeza da exina. O material acetolisado posterior foi montado em gelatina glicerinada corada com alguns cristais de fucsina básica (Barth et al., 1975; Santos, 1963).

Todas as lâminas confeccionadas foram indexadas na coleção do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA) – UFU. As lâminas em sequência, foram escaneadas através do scanner de lâminas *Scanscope AT*, garantindo imagens digitais de toda composição da lâmina. Em sequência, os grãos polínicos foram identificados com base na literatura (Roubik & Moreno, 1991; Salgado-Labouriau, 1973), banco de dados de imagens (Bastos et al., 2007), coleção de lâminas (Funed-Pol) disponível na rede speciesLink (<http://www.splink.org.br>) e lâminas de referência presentes no Laboratório de Morfologia Vegetal, Microscopia e Imagem - UFU. A análise quantitativa foi realizada a partir da divisão da lamínula em quatro quadrantes, nos quais foram contabilizados aproximadamente 100 grãos de pólen por quadrante, totalizando 400 grãos de pólen por amostra de célula (Vilhena et al., 2012). Os tipos polínicos que apresentaram abundância relativa inferior a 3%, em todas as amostras, foram excluídos por serem considerados contaminantes ou apenas fontes de néctar ou óleo.

Foram coletadas amostras polínicas de 32 ninhos, coletados no período de setembro de 2020 a dezembro de 2021 (Tabela 2).

Tabela 2: Amostras de material residual do pólen e fezes de *Centris tarsata*, coletadas nas áreas de estudo utilizando ninhos-armadilha nos ambientes de Áreas Naturais e Áreas Agrícolas

Áreas Agrícolas		Áreas Naturais	
Ninhos	Data de coleta dos ninhos	Ninhos	Data de coleta dos ninhos
<i>MCJ02</i>		<i>CER03</i>	
MELI0132	07-Dez-21	MELI0139	16-Fev-21
MELI0133	07-Dez-21	MELI0141	16-Fev-21
MELI0138	16-Mar-21	MELI0143	15-Dez-21
MELI0159	18-Set-20	MELI0153	16-Fev-21
MELI0170	10-Ago-20	MELI0157	18-Set-20
MELI0175	11-Set-21	MELI0169	16-Fev-21
<i>MCJ03</i>		<i>CER04</i>	
MELI0146	24-Out-20	MELI0148	20-Nov-20
MELI0163	18-Set-20	MELI0165	16-Set-20
MELI0172	10-Ago-20	<i>CER06</i>	
MELI0173	18-Set-20	MELI0135	08-Out-21
<i>MCJ04</i>		MELI0136	08-Out-21
MELI0134	16-Mar-21	MELI0137	08-Out-21
MELI0152	18-Nov-20	MELI0145	20-Out-20
MELI0166	18-Set-20	MELI0154	16-Set-20
<i>MCJ08</i>		MELI0156	16-Set-20
MELI0144	24-Out-20	MELI0171	16-Set-20
MELI0158	18-Set-20	MELI0155	16-Set-20
MELI0164	18-Set-20		

2.5 Índices Ecológicos

Para cada amostra nas diferentes áreas foi calculado a diversidade do nicho alimentar usando o índice de Shannon-Wiener [$H' = - \sum (p_k \times \ln of p_k)$], no qual p_k representa a proporção de fontes de pólen em cada amostra (Camillo & Garófalo, 1989).

Para analisar as diferenças entre a diversidade das áreas analisadas, os valores obtidos no índice de Shannon-Wiener, e plotados através de gráfico *boxplot* utilizando o pacote *ggplot2* (Gómez-Rubio, 2017) no software R Studio.

2.6 Índices Estatísticos

A composição e diversidade de fontes polínicas foi avaliada a partir dos parâmetros de Redes de Interações entre os indivíduos de *Centris tarsata* e os tipos polínicos encontrados no pólen residual. Foram analisados os seguintes parâmetros: (i)

Conectância (**C**) sendo a proporção de interações que ocorrem para todas as possibilidades (Araujo et al., 2010; Corso et al., 2011). Nesse sentido, os valores de conectividade mais baixos representam maior diferenciação de nicho entre indivíduos; (ii) *Aninhamento* (**NODF**), sendo aninhada as interações que tendem a formar um subgrupo de interações de, considerando o nicho total de uma população. Dessa forma, valores próximos a 0 significam baixo aninhamento e valores próximos a 1, alto aninhamento (Pigozzo & Felipe Viana, 2010); (iii) *Modularidade* (**M**), indica se ocorrem subconjuntos de interações que ocorrem com mais frequência do que outros subconjuntos da rede (Dormann et al., 2009; C. F. Dormann & Strauss, 2014); (iv) *Grau de especialização da rede* (**H2'**), os valores podem variar entre 0 (caracterizado como sem especialização) e 1 (especialização perfeita). Tais parâmetros foram avaliados para as redes de cada sistema estudado.

Todas as análises foram realizadas no software *R* version 3.3.3 (Team R. Core, 2017). Para as análises, foram utilizados os pacotes: *spaa* (Zhang et al., 2016), *SpadeR* (Chao et al., 2016), *bipartite* (Dormann et al., 2009), e *RInSP* (Zaccarelli et al., 2013), *vegan* (Oksanen et al., 2013) e *ggplot2* (Gómez-Rubio, 2017).

3. Resultados

3.1 Diversidade e similaridade polínica

Foi observada a presença de 16 tipos polínicos no total de amostras analisadas (n=32), pertencentes a 5 famílias: Fabaceae (Fabaceae; *Cajanus*; *Machaerium*; *Mimosa*; *Platypodium*; *Senna*), Malpighiaceae (*Malpighia*, *Byrsonima*, *Heteropterys*), Ochnaceae (*Ouratea*), Solanaceae (*Solanum*), Melastomataceae (*Melastomataceae*); 4 tipos não foram identificados (Tabela 3).

Dentre os principais tipos polínicos utilizados por essas abelhas, para áreas agrícolas destacam-se os tipos: *Heteropterys* (*Ab*: 23,88%; *Fo*: 33,25%), *Platypodium* (*Ab*: 19,45%; *Fo* 33,33%) e Fabaceae (*Ab*: 18,25%; *Fo*: 26,67%). Para as áreas naturais, destacaram-se os tipos: *Solanum* (*Ab*: 22,26%; *Fo*: 26,27%), *Mimosa* (*Ab*: 15,10%; *Fo*: 20%) e *Senna* (*Ab*: 14,18%; *Fo*: 20%) (Tabela 3; Figura 3).

Tabela 3: Tipos polínicos coletados por *Centris tarsata*, após emergência dos indivíduos nas áreas agrícolas e naturais. Abundância relativa dos grãos de pólen (%) (*Ab*); Frequência de ocorrência dos tipos polínicos (%) (*Fo*).

<i>Áreas Agrícolas</i>			<i>Áreas Naturais</i>		
Tipo Polínico	<i>Ab</i>	<i>Fo</i>	Tipo Polínico	<i>Ab</i>	<i>Fo</i>
Fabaceae			Fabaceae		
Fabaceae	18,25	26,67	Fabaceae	0,68	6,67
<i>Machaerium</i>	0,93	6,67	<i>Cajanus</i>	0,62	6,67
<i>Mimosa</i>	6,67	6,67	<i>Machaerium</i>	5,88	6,67
<i>Platypodium</i>	19,45	33,33	<i>Mimosa</i>	15,10	20,00
<i>Senna</i>	2,92	6,67	<i>Senna</i>	14,18	20,00
Malpighiaceae			Malpighiaceae		
<i>Malpighia</i>	7,40	13,33	<i>Malpighia</i>	11,05	13,33
<i>Heteropterys</i>	23,88	33,33	<i>Heteropterys</i>	10,60	26,67
<i>Byrsonima</i>	8,68	13,33	Ochnaceae		
Solanaceae			<i>Ouratea</i>	0,78	6,67
<i>Solanum</i>	3,75	6,67	Solanaceae		
Others			<i>Solanum</i>	22,68	26,67
T12	2,30	13,33	Melastomataceae		
T17	5,32	6,67	Melastomataceae	0,32	6,67
T22	0,45	6,67	T17	12,28	20,00
			T6	5,82	6,67

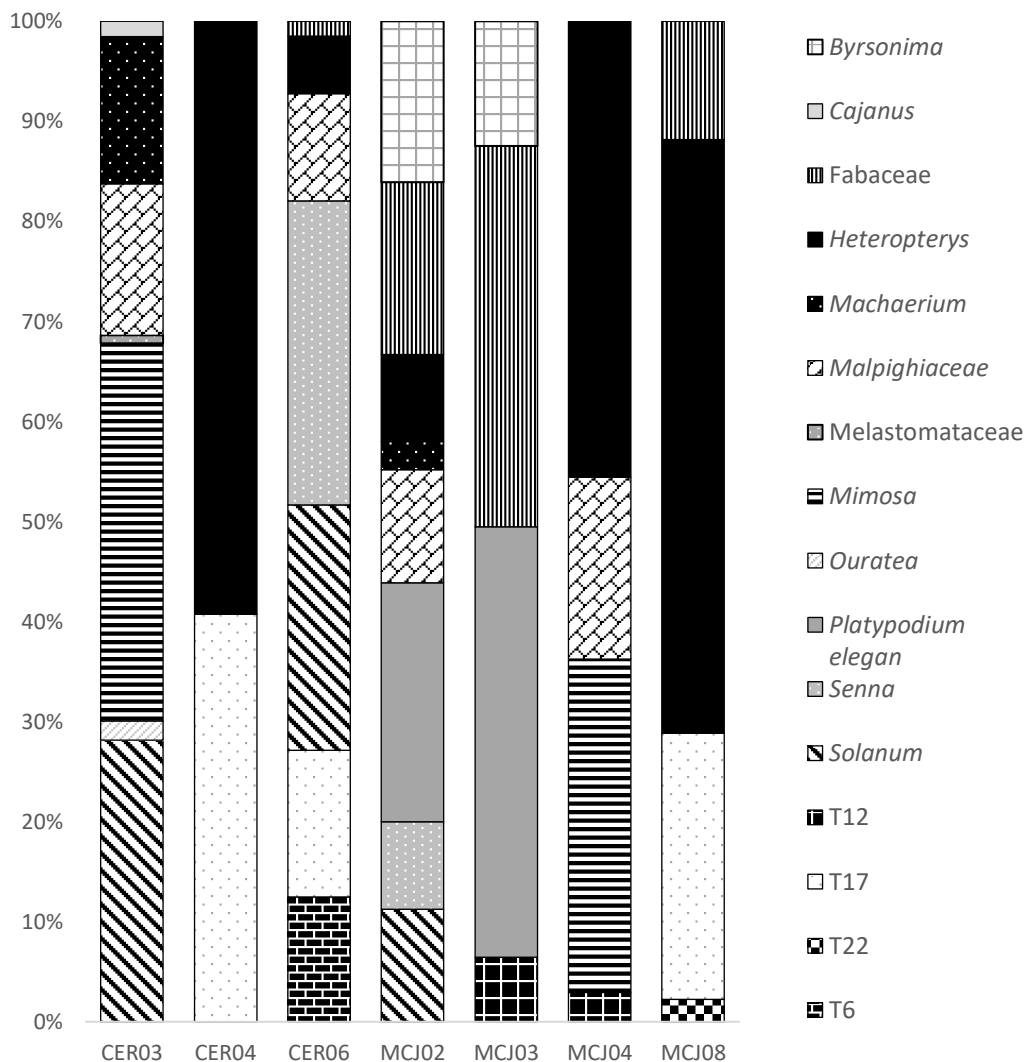


Figura 3: Composição e abundância dos tipos polínicos encontrados nas amostras coletadas nas áreas naturais e agrícolas, Triângulo Mineiro. Áreas Naturais: CER03, CER04, CER06. Áreas Agrícolas: MCJ02, MCJ03, MCJ04, MCJ08

Não houve diferenças significativas na diversidade polínica entre as amostras coletadas de ninhos provenientes de áreas naturais e agrícolas do Cerrado ($F= 1,857$; $df = 1$; $p= 0,183$). (Figura 3).

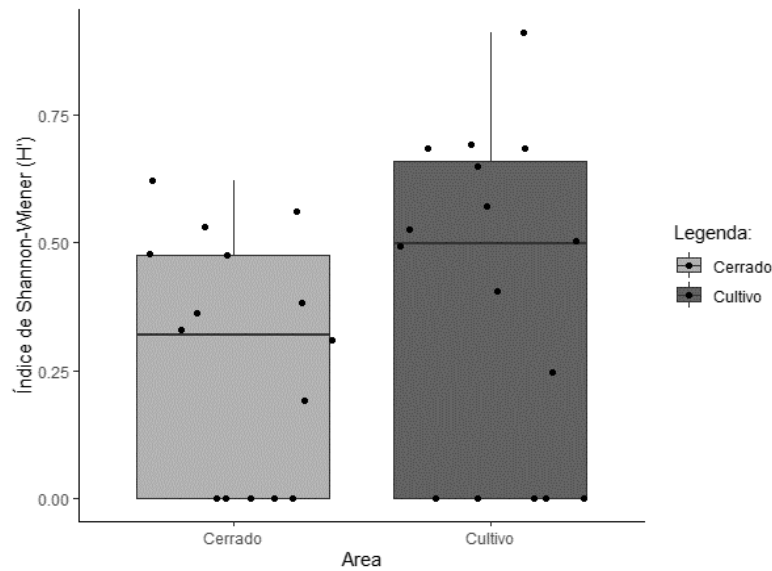


Figura 4: Diversidade (Shannon-Wiener - H') dos tipos polínicos coletados por *Centris tarsata* nas Áreas Naturais e Áreas Agrícolas. Os pontos pretos representam as amostras analisadas. ($DF = 1$; $F= 1.857$; $P= 0.183$).

Com relação à similaridade dessas áreas, observamos a formação de alguns grupos de similaridade distintos (Figura 5, Tabela 5). Especificamente, identificamos que as áreas MCJ02 e MCJ03, as que apresentaram menor diversidade de tipos polínicos amostrados, apresentaram também uma maior similaridade entre si. Por outro lado, MCJ04 foi mais similar ao grupo composto por CER04 e MCJ08. Por fim, observamos maior similaridade entre CER03 e CER06, as áreas com maior diversidade de tipos polínicos amostrados nos ninhos. Entretanto, não foi observado a formação de dois agrupamentos isolados, considerando apenas áreas agrícolas e áreas naturais.

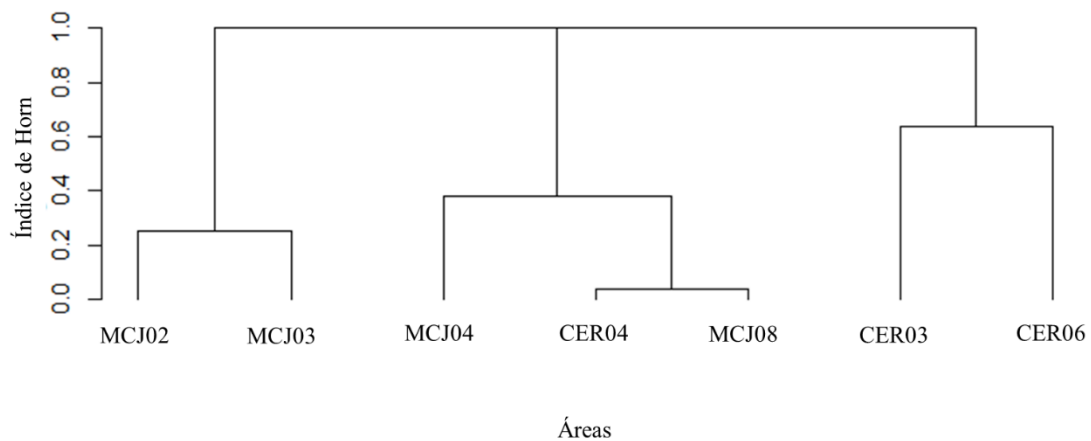


Figura 5: Dendrograma representativo da similaridade dos recursos polínicos residuais da espécie *Centris tarsata* em Áreas Naturais e Áreas Agrícolas de cerrado. Áreas Naturais: CER03, CER04, CER06. Áreas Agrícolas: MCJ02, MCJ03, MCJ04, MCJ08.

Tabela 4: Diversidade das Áreas Naturais e Áreas Agrícolas selecionadas e, Matriz de similaridade de diversidade entre as áreas. Valores calculados através do índice de Horn. $H' =$ Índice de diversidade de Shannon-Wiener. Valor médio do índice de Horn entre as áreas $S = 0,325$.

Área	H'	Valores de similaridade						
		CER03	CER04	CER06	MCJ02	MCJ03	MCJ04	MCJ08
CER03	1,4718	1,000	0,000	0,390	0,350	0,000	0,519	0,000
CER04	0,6759		1,000	0,455	0,225	0,000	0,524	0,925
CER06	1,7138			1,000	0,522	0,053	0,300	0,416
MCJ02	1,9568				1,000	0,711	0,334	0,346
MCJ03	1,1663					1,000	0,041	0,190
MCJ04	1,1373						1,000	0,518
MCJ08	0,9998							1,000

3.2 Análises de redes

Os resultados das análises das redes de interações entre os indivíduos de *Centris tarsata* e os recursos polínicos coletados nas diferentes áreas, sugerem um grau de diferenciação quanto as métricas analisadas e uma tendência de especialização individual.

Nas áreas de cultivo observamos que o local com maior conectância (C) é a área MCJ08 (C: 0,5). Entretanto, quando analisamos especificamente a métrica de aninhamento (NODF), observamos que a área MCJ03 se destaca (NODF: 37,5), seguida por valores similares entre MCJ04 e MCJ08 (NODF: 33,33) e um valor baixo para MCJ02 (NODF: 5,26). Por fim, nossas análises demonstraram, para todas as redes, uma relação entre o aninhamento e especialização (H2'), no qual observamos que as áreas com valores superiores de aninhamento, possuem uma relação menor de especialização.

Considerando as redes para as áreas de Cerrado, observamos que a área CER03 demonstrou maior nível de conectância e aninhamento (C: 0,29; NODF: 12,5), superior as demais áreas analisadas. Além disso, para todas as áreas, observamos valores de H2' que indicam um considerável grau de especialização com relação aos tipos polínicos coletados por essas abelhas (Tabela 7; H2' \geq 0,95). Não foi possível realizar as análises de rede para CER04 devido ao baixo número de amostras (n=2).

Tabela 5: Valores de conectância, aninhamento e especialização obtidos para a redes de interações entre *Centris tarsata* e suas fontes polínicos, em Áreas Naturais e Áreas Agrícolas.

	Áreas Agrícolas					Áreas Naturais			
	a) MCJ02	b) MCJ03	c) MCJ04	d) MCJ08	Todas as áreas	e) CER03	f) CER04	g) CER06	Todas as áreas
(C)	0,23	0,44	0,42	0,500	0,150	0,29	-	0,25	0,14
(NODF)	5,26	37,50	33,33	33,33	11,99	12,50	-	11,91	9,06
(H2')	1,00	0,87	1,00	0,87	0,89	0,99	-	0,95	0,95

Legenda: (C) = Conectância; (NODF)= Aninhamento; (H2') = Especialização

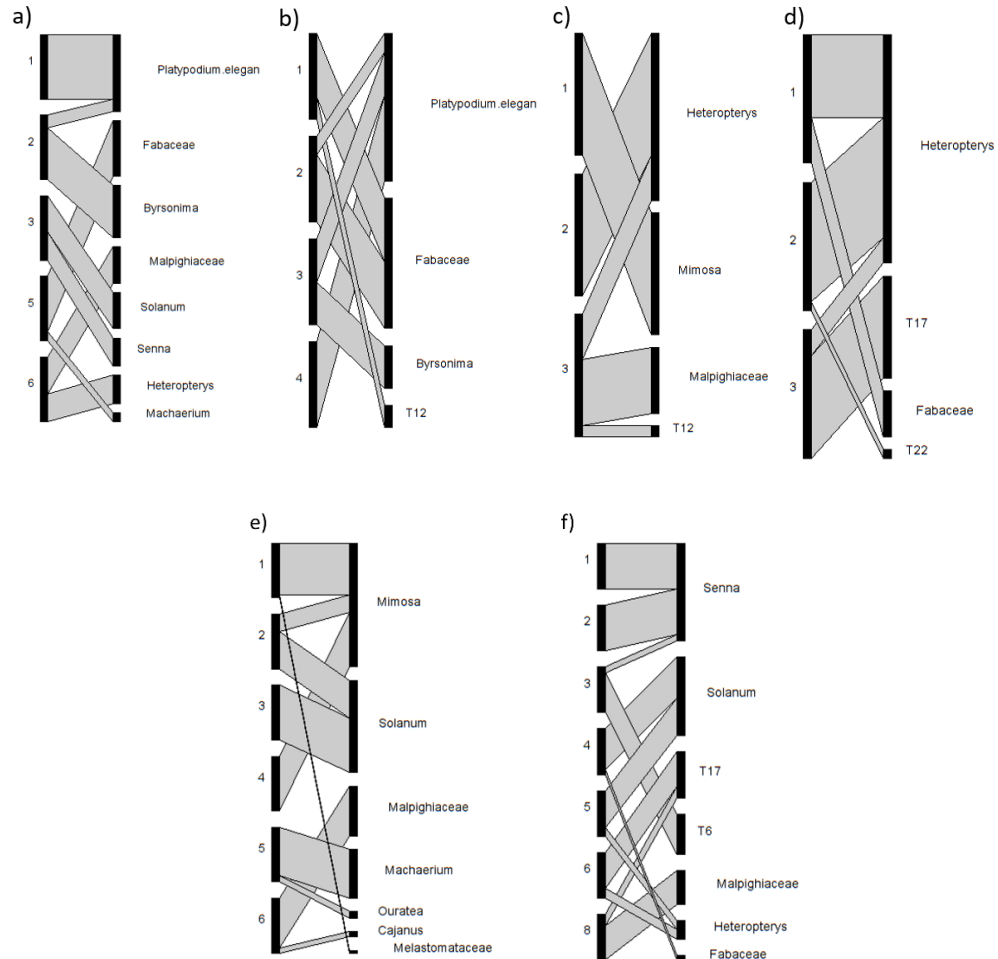


Figura 6: Redes comparativas entre a composição do pólen residual coletado de *Centris tarsata* em áreas de Cultivo e Cerrado. (a) MCH02; (b) MCH03; (c) MCH04; (d) MCH08; (e) CER03; (f) CER06. As linhas representam o grau de interações entre os indivíduos (esquerda) e os tipos polínicos (direita). A espessura representa o número de interações que esses indivíduos tiveram com os recursos coletados

Para as Áreas Agrícolas, observamos um NODF mais alto, embora não seja possível afirmar que o modelo seja aninhado, as análises demonstraram que $H2'$ é inferior daquelas áreas analisada em ambiente natural.

4. Discussão e conclusão

Neste estudo verificamos que a diversidade e a similaridade de tipos polínicos coletados por *Centris tarsata* para as áreas naturais e agrícolas não difere significativamente. Além disso, as redes de interações entre os indivíduos e suas fontes de pólen se mostraram altamente especializadas, especialmente nas áreas naturais.

As interações com as espécies vegetais que os indivíduos de *C. analis* visitam caracterizam-na como uma espécie generalista, coletando recursos de diferentes famílias botânicas (Dórea et al., 2010; Dórea et al., 2009; Rabelo et al., 2012, 2014). Entretanto, as análises dessas interações são feitas para as populações, de uma maneira geral (Dórea et al., 2010; Dórea et al., 2009), não levando em consideração as variações individuais, como o que foi feito no presente estudo. Nossos resultados, mostram a ocorrência de uma especialização individual, com já verificado para outras espécies (Araújo et al. 2021)

Conforme relatado por Rabelo et al (2015), as fêmeas de *C. tarsata* utilizam, predominantemente, flores com anteras poricidas coletando esse recurso através da vibração dos músculos das asas, estimulando ativamente a liberação dos grãos de pólen que, após dispersos, ficam aderidos ao ventre da abelha (Amador et al., 2017).

Nossos resultados mostraram que *C. tarsata* coletou preferencialmente os tipos *Heteropterys* e *Platypodium*, nas áreas agrícolas e os *Solanum* e *Mimosa*. Considerando os tipos polínicos mais coletados nas áreas agrícolas, observamos que nossos resultados evidenciam a coleta predominantemente por flores com anteras não-poricidas. Entretanto, quando analisamos especificamente as áreas naturais, observamos que nossos resultados corroboram com Rabelo et al. (2015), com o uso predominantemente de pólen de flores poricidas. Estes mostram uma flexibilidade dos das fêmeas quanto aos tipos polínicos, ao usar fontes alimentares que estejam disponíveis e/ou sejam mais abundantes, dentro do espectro de recursos que são usados pela espécie.

Ao comparamos as fontes de recursos usadas em áreas naturais e agrícolas, constatamos que não houve uma separação em dois grupos distintos, quando consideramos as análises de similaridade, ou seja, não houve diferenças significativas com relação a diversidade e similaridade entre os tipos polínicos coletados por *Centris tarsata* em áreas naturais e agrícolas. Essa similaridade pode ser explicada por: (i) a disponibilidade de outras espécies vegetais no entorno das áreas analisadas, potencializada pela presença de espécies não poricidas e poucos representantes não

poricidas; (ii) a qualidade dos macro nutrientes nesses recursos, que são compatíveis às demandas da abelha, orientando-a a coletar esse conjunto de espécies vegetais; ou (iii) a busca da abelha pela melhor fonte proteica disponível com o menor esforço energético para essa coleta, garantindo assim um forrageamento com alto retorno proteico e baixo gasto energético.

Em relação às redes de interações, nossas análises evidenciaram um alto grau de especialização individual, especialmente nas áreas naturais. Assim, por se tratar de uma espécie generalista (Rabelo et al., 2012) e dada a sua capacidade de alternar o principal recurso coletado, esses indivíduos têm a capacidade de explorar diferentes fontes durante seu ciclo de vida (Araújo et al., 2021).

Concluindo, os resultados obtidos em nossas análises, não corroboraram nossa primeira hipótese, ou seja, não existe diferença na diversidade polínica das amostras coletadas de ninhos provenientes de remanescentes naturais do cerrado e de áreas agrícolas. Contudo, seria importante a análise da estrutura da paisagem onde estão inseridas as áreas de estudo, para conclusões mais precisas. Com relação as redes de interações entre os indivíduos e suas fontes polínicas, nossos resultados sugerem que, embora a espécie seja classificada como generalista, quando observamos a nível de indivíduo, tem-se organismos especialistas, especialmente nas áreas naturais. De maneira geral, nossos resultados reforçam a plasticidade dessa abelha com relação aos recursos disponíveis no ambiente, dado à sua característica generalista, que amplia o potencial desta abelha para o manejo em cultivos agrícolas buscando um plantio mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- Agostini, K., Lopes, A. V., & Machado, I. C. (2014). *Recursos florais*. *Biologia da polinização*, 1, 130-150.
- Aguiar, C. M. L., & Garófalo, C. A. (2004). *Nesting biology of Centris (Hemisiella) tarsata Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini)*. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(3), 477–486. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752004000300009>
- Amador, G. J., Matherne, M., Waller, D. A., Mathews, M., Gorb, S. N., & Hu, D. L. (2017). *Honeybee hairs and pollenkitt are essential for pollen capture and removal*. *Bioinspiration & Biomimetics*, 12(2), 026015 <https://doi.org/10.1088/1748-3190/aa5c6e>
- Araujo, A. I. L., de Almeida, A. M., Cardoso, M. Z., & Corso, G. (2010). *Abundance and nestedness in interaction networks*. *Ecological Complexity*, 7(4), 494–499. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.02.004>
- Araújo, T. N., Pires, L. P., Meireles, D. A. L., & Augusto, S. C. (2021). *Individual-resource network between Xylocopa bees and plant resources: generalist species, specialist individuals?* *Ecological Entomology*, eea.13072. <https://doi.org/10.1111/EEN.13072>
- Armbruster, W. S. (2017). *The specialization continuum in pollination systems: diversity of concepts and implications for ecology, evolution and conservation*. *Functional Ecology*, 31(1), 88–100. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12783/SUPPINFO>
- Barth, O. M., Macieira, E. G., & Côrte-Real, S. (1975). *Morfologia do pólen anemófilo e alergizante no Brasil: Casuarinaceae, Salicaceae, Moraceae, Ulmaceae e Urticaceae*. *Suzana Côrte-Real*, 73, 141–150. <https://doi.org/10.1590/S0074-02761975000200001>
- Bascompte, J. (2009). *Mutualistic networks*. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(8), 429–436. <https://doi.org/10.1890/080026>
- Bascompte, J., & Jordano, P. (2006). *The Structure of Plant-Animal Mutualistic Networks*. *Ecological networks*, 1(1), 143–159. <https://doi.org/10.1890/080026>
- Bastos, E. M. A. F., Simone, M., Jorge, D. M., Soares, A. E. E., & Spivak, M. (2007). *In vitro study of the antimicrobial activity of Brazilian propolis against Paenibacillus larvae*. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2007.10.007>
- Beal-Neves, M., Vogel Ely, C., Westerhofer Esteves, M., Blochtein, B., Lahm, R. A., Quadros, E. L. L., & Abreu Ferreira, P. M. (2020). *The Influence of Urbanization and Fire Disturbance on Plant-floral Visitor Mutualistic Networks*. *Diversity*, 12(4), 141. <https://doi.org/10.3390/d12040141>
- Camillo, E., & Garófalo, C. A. (1989). *Social Organization in reactivated nests of three species of Xylocopa (Hymenoptera, Anthophoridae) in southeastern Brasil*. *Insectes Sociaux*, 36(2), 92–105. <https://doi.org/10.1007/BF02225905>
- Cane, J. H., & Sipes, S. (2006). *Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty*. Em *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization* (p. 99–122).

- Carman, K., & Jenkins, D. G. (2016). *Comparing diversity to flower-bee interaction networks reveals unsuccessful foraging of native bees in disturbed habitats*. *Biological Conservation*, 202, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.030>
- Chao, A., Ma, K. H., Hsieh, T. C., & Chiu, C. H. (2016). SpadeR: *Species-Richness Prediction and Diversity Estimation with R*. [WWW Document]. R package version 0.1.1. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0026329>
- Corso, G., de Araujo, A. I. L., & de Almeida, A. M. (2011). *Connectivity and Nestedness in Bipartite Networks from Community Ecology*. *Journal of Physics: Conference Series*, 285, 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/285/1/012009>
- Dórea, M. D. C., Aguiar, C. M. L., Figueroa, L. E. R., Lima, L. C. L., & Santos, F. de A. R. (2010). *Residual pollen in nests of *Centris analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in an area of caatinga vegetation from Brazil*. *Oecologia Australis*, 14(01), 232–237. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.13>
- Dórea, M. D. C., dos Santos, F. D. A., Lima, L. C. D. L., & Figueroa, L. E. (2009). *Análise polínica do resíduo pós-emergência de ninhos de *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini)*. *Neotropical Entomology*, 38, 197-202. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0026329>
- Dormann, C. F., & Strauss, R. (2014). *A method for detecting modules in quantitative bipartite networks*. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(1), 90–98. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12139>
- Dormann, C., Fründ, J. (2009). *Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks*. *benthamopen.com*, 2, 7 <https://doi.org/10.2174/1874213000902010007>
- Erdtman, G. (1960). *The acetolysis method - A revised description*. *Sven Bot Tidskr*, 54, 516–564.
- Filipiak, M. (2018). *A Better Understanding of Bee Nutritional Ecology Is Needed to Optimize Conservation Strategies for Wild Bees—The Application of Ecological Stoichiometry*. *Insects 2018, Vol. 9, Page 85*, 9(3), 85. <https://doi.org/10.3390/INSECTS9030085>
- Freitas, B. M., Lúcia Imperatriz-Fonseca, V., Medina, L. M., De Matos, A., Kleinert, P., Galetto, L., Nates-Parra, G., Javier, J., & Quezada-Euán, G. (2009). *Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics**. *Apidologie*, 40, 332–346. <https://doi.org/10.1051/apido/2009012>
- Gaglianone, M. C., Henrique, H., Rocha, S., Rodrigues Benevides, C., Junqueira, C. N., & Augusto, S. C. (2010). *Importância de Centridini (Apidae) na polinização de plantas de Interesse agrícola: o maracujá-doce (*Passiflora alata* CurtIs) como estudo de caso na região sudeste do Brasil*. *Oecologia Australis*, 14(1), 152–164. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.08>
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*. *Ecological Economics*, 68(3), 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>

- Giannini, T. C., Alves, D. A., Alves, R., Cordeiro, G. D., Campbell, A. J., Awade, M., Bento, J. M. S., Saraiva, A. M., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2020). *Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management*. *Apidologie*, 51(3), 406–421. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00727-3>
- Gómez-Rubio, V. (2017). *ggplot2 - Elegant Graphics for Data Analysis* (2nd Edition). *Journal of Statistical Software*, 77(Book Review 2). <https://doi.org/10.18637/jss.v077.b02>
- Jepson, W. (2005). *A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna*. *The Geographical Journal*, 171(2), 99–111. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2005.00153.x>
- Lima, R., Oliveira, D. M., & Garófalo, C. A. (2018). *Interaction Network and Niche Analysis of Natural Enemy Communities and their Host Bees (Hymenoptera: Apoidea) in fragments of Cerrado and Atlantic Forest*. *Sociobiology*, 65(4), 591. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3386>
- Lopes, A. S., & Daher, E. (2008). *Agronegócio e recursos naturais no cerrado: desafios para uma coexistência harmônica. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 173-209.
- Lourenço, A. P., Santos, A. P. M., Checon, H. H., Costa, M. R., & Assis Junior, S. L. (2020). *Cavity-nesting bee communities in areas with different levels of vegetation disturbance*. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 55(2), 116-128. <https://doi.org/10.1080/01650521.2019.171033>
- Maria, A., Fernandes, G., Solange, V., & Augusto, C. (2007). *Polinizadores da aceroleira Malpighia emarginata DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro*. *Bioscience Journal*, 23(0), 14–23.
- Meena, N. K., Meena, R. S., Singh, R., Verma, A. K., Choudhary, S., Singh, B. M. (2022). *Managed pollination is a much better way of increasing productivity and essential oil content of dill seeds crop*. *Scientific Reports*, 12(1), 13134. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17397-4>
- Michener, C. D., & Terry L. Griswold. (2007). *The classification of old world Anthidiini (Hymenoptera, Megachilidae)*. *The University of Kansas science bulletin*, 55(9), 299.
- Muller, A., & Kuhlmann, M. (2008). *Pollen hosts of western palaeartic bees of the genus Colletes (Hymenoptera: Colletidae): the Asteraceae paradox*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 95(4), 719–733. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2008.01113.x>
- Oliveira, D. M. (2013). *Diversidade e estrutura genética de populações urbanas de abelhas Centridini (Hymenoptera: Apidae) visitantes florais de Tecoma stans (L) Kunth (Bignoniaceae)* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Pigozzo, C. M., & Felipe Viana, B. (2010). *Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga*. *Oecologia Australis*, 14(1), 100–114. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.04>

- Rabelo, L. S., Vilhena, A. M. G. F., Bastos, E. M. A. F., Aguiar, C. M. L., & Augusto, S. C. (2015). *Oil-collecting bee–flower interaction network: do bee size and anther type influence the use of pollen sources?* *Apidologie*, 46(4), 465–477.
<https://doi.org/10.1007/s13592-014-0336-8>
- Rabelo, L. S., Vilhena, A. M. G. F., Bastos, E. M. A. F., & Augusto, S. C. (2012). *Larval food sources of Centris (Heterocentris) analis (Fabricius, 1804) (Hymenoptera: Apidae), an oil-collecting bee.* *Journal of Natural History*, 46(17-18), 1129-1140.
<https://doi.org/10.1080/00222933.2011.651798>
- Rabelo, L. S., Vilhena, A. M. G. F., Bastos, E. M. A. F., & Augusto, S. C. (2014). *Differentiated use of pollen sources by two sympatric species of oil-collecting bees (Hymenoptera: Apidae).* *Journal of Natural History*, 48(25-26), 1595-1609.
<https://doi.org/10.1080/00222933.2014.886342>
- Ribeiro, J. F., & Walter, B. M. T. (1998). Fitofisionomias do bioma Cerrado.
- Rosa, J. M., Arioli, C. J., Nunes-Silva, P., & Garcia, F. R. M. (2019). *Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Existe uma explicação?* *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 18(1), 154-162.
<https://doi.org/10.5965/223811711812019154>
- Roubik, D. W., & Moreno, P. J. E. (1991). *Pollen and spores of Barro Colorado Island [Panama]. Pollen and spores of Barro Colorado Island [Panama]*, 36.
<https://doi.org/10.2307/4110734>
- Salgado-Labouriau, M. L. (1973). Contribuição a palinologia dos cerrados. *Academia Brasileira de Ciências*, 154–158.
- Sandrock, C., Tanadini, L. G., Pettis, J. S., Biesmeijer, J. C., Potts, S. G., & Neumann, P. (2014). *Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success.* *Agricultural and Forest Entomology*, 16(2), 119–128.
<https://doi.org/10.1111/AFE.12041>
- Santos, C. F. de O. (1963). *Características morfológicas dos Grãos de Pólen das principais Plantas Apícolas.* *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 20(0), 175–228. <https://doi.org/10.1590/S0071-12761963000100013>
- Sousa, D. M. G., & Lobato, E. (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação.* Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.
- Souza, D. L., Evangelista-Rodrigues, A., & de Caldas Pinto, M. D. S. (2007). *As abelhas como agentes polinizadores.* *REDVET. Revista electrónica de Veterinária*, 8(3), 1-7
- Souza, G. C. da S., Souza, P. S. S., Araújo, K. L. G. de, Rebouças, P. L. O., & Kiill, L. H. P. (2019). *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*, 1(1), 31.
- Team R. Core. (2017). *R: A language and environment for statistical computing.*
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). *Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem*

service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2005.00782.X>

- Vaudo, A. D., Tooker, J. F., Grozinger, C. M., & Patch, H. M. (2015). *Bee nutrition and floral resource restoration*. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.008>
- Vilhena, A. M. G. F., Rabelo, L. S., Bastos, E. M. A. F., & Augusto, S. C. (2012). *Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network*. *Apidologie*, 43(1), 51–62. <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0081-1>
- Yourstone, J., Karlsson, M., Klatt, B. K., Olsson, O., & Smith, H. G. (2021). *Effects of crop and non-crop resources and competition: High importance of trees and oilseed rape for solitary bee reproduction*. *Biological Conservation*, 261, 109249. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2021.109249>
- Zaccarelli, N., Bolnick, D. I., & Mancinelli, G. (2013). *RInSp: an r package for the analysis of individual specialization in resource use*. *Wiley Online Library*, 4(11), 1018–1023. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12079>
- Zhang, J., Qiong Ding, & Jihong Huang. (2016). spaa: *Species association analysis*. *R package version 0.2*, 2, 33
- Zurbuchen A, Landert L, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn S (2010) *Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances*. *Biol Conserv* 143(3):669–676 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.003>