



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMÁTICA E ECOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO

ADRIENNIUS MARQUES CARNEIRO

Padrão no uso de recursos e compartilhamento de nicho de  
*Melipona quadrifasciata* e *M. scutellaris* (Apidae, Meliponini)  
em remanescente de Floresta Atlântica no nordeste brasileiro

João Pessoa

Julho 2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMÁTICA E ECOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO

ADRIENNIUS MARQUES CARNEIRO

Padrão no uso de recursos e compartilhamento de nicho de  
*Melipona quadrifasciata* e *M. scutellaris* (Apidae, Meliponini)  
em remanescente de Floresta Atlântica no nordeste brasileiro

Trabalho de conclusão do curso de Ciências  
Biológicas, apresentado como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências  
Biológicas da Universidade Federal da Paraíba.

**Orientadora: Denise Dias da Cruz**

João Pessoa

Julho 2021

Catálogo na publicação  
Seção de Catalogação e Classificação

C289p Carneiro, Adriennius Marques.

Padrão no uso de recursos e compartilhamento de nicho de *Melipona quadrifasciata* e *M. scutellaris* (Apidae, Meliponini) em remanescente de Floresta Atlântica no nordeste brasileiro / Adriennius Marques Carneiro. - João Pessoa, 2021.  
48 f. : il.

Orientação: Denise Dias da Cruz.

TCC (Graduação/Bacharelado em Ciências Biológicas) - UFPB/CCEN.

1. Abelha sem ferrão. 2. Fatores abióticos. 3. *Melipona scutellaris*. 4. Abelhas - Competição. I. Cruz, Denise Dias da. II. Título.

UFPB/CCEN

CDU 638.12(043.2)

ADRIENNIUS MARQUES CARNEIRO

Padrão no uso de recursos e compartilhamento de nicho de *Melipona quadrifasciata* e *M. scutellaris* (Apidae, Meliponini) em remanescente de Floresta Atlântica no nordeste brasileiro

Trabalho acadêmico de conclusão do curso de Ciências Biológicas, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba.

Aprovado em 21/07/2021

Banca Examinadora



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Denise Dias da Cruz  
Orientadora



Prof. Dr. Celso Feitosa Martins  
DSE/UFPB



Prof<sup>a</sup>. Me. Nayara Silva Lins de Albuquerque

PPGBV/UFPE

*Dedico este trabalho à minha família e a todos os meus orientadores da vida.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primordialmente a Deus pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Minha eterna gratidão à minha família, que permitiu que tudo isso fosse realizado, com todo o apoio e por nunca ter medido esforços para me proporcionar um ensino de qualidade durante todo o meu período escolar e acadêmico.

À minha orientadora, Prof. Dra. Denise Dias da Cruz, por ter me guiado e sido um grande exemplo de profissional e pessoa desde o início da graduação. Principalmente, pelo grande incentivo nos trabalhos de iniciação científica, nas redações científicas e nas metas profissionais.

A todos os meus professores (educadores) que me permitiram analisar as diversas facetas da vida.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB) por ter sido essencial no meu processo de formação acadêmica, pela dedicação e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

Ao Laboratório de Ecologia Terrestre e aos amigos que dali levarei para a vida. Especialmente, a Nayara Albuquerque, pelos conselhos e de quem tanto pude aprender nas atividades de campo; ao grande trio da Biologia: Andreia Nunes, Cristhyane e Elisama, que estiveram comigo em boa parte da caminhada no LET e aos amigos Natacha e Hugo, que me proporcionaram conhecer e compartilhar um pouco da vida e dos ensinamentos.

A Valdir José Costa Padilha, pela confiança na minha capacidade de dar continuidade a este trabalho, e a todos os amigos de curso pelo grande apoio, compreensão e por compartilharem comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado ao longo deste percurso.

À melhor turma da Biologia da UFPB devo gratidão por todo o apoio e união em todos os processos. Minha enorme gratidão a Ana Clara Martins, Anna Beatriz Marques, Brenda Luany, Catarina Serrão, Daniel Cesarino, Jamilah Lucena, Lidiane Nascimento, Mateus Estrela, Natália das Neves, Nathália Martins, Rafael Vitor, Ruã Pontes, Rubens Almeida e a todos aqueles que estiveram presente na minha passagem pela graduação.

Às minhas queridas amigas Maria Eduarda das Neves e Sofia Vitória pela grande amizade, pelas conversas e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este trabalho.

Ao CNPQ, que apoiou, permitiu e impulsionou a realização dos trabalhos de iniciação científica. À Reserva Biológica Guaribas e ao Jardim Botânico Benjamim Maranhão, onde pude realizar trabalhos de campo e desenvolver meu conhecimento acadêmico.

A todos aqueles que contribuíram, de algum modo, para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O comportamento das abelhas sem ferrão é dinâmico na exploração de recursos vegetais. Alguns fatores podem aumentar ou diminuir essas atividades, como os climáticos. O objetivo foi avaliar o comportamento de forrageamento, a sobreposição de nicho e a influência da variação ambiental nas atividades de *Melipona scutellaris* e *M. quadrifasciata*, por meio da criação racional em uma mesma área. O estudo foi executado em um fragmento de Floresta Atlântica em São Cristóvão (SE) de junho de 2016 a março de 2017. Registrou-se mensalmente, das 05h às 18h, os itens carregados pelas abelhas (néctar e água, pólen, lixo, barro e resina), a temperatura e a umidade relativa do ar, obtidas por meio de termômetro digital. Foram realizados estatística circular, teste do módulo de sobreposição de nicho e modelagem de caminho. Ambas as espécies realizaram a maior parte das atividades externas pela manhã, aumentadas em função do aumento da umidade e reduzidas conforme o aumento da temperatura ao longo do dia e reduzidas com o aumento dessas variáveis ao longo do ano. Mesmo com os valores altos de sobreposição de nicho, a divergência observada nos picos de forrageamento de ambas as espécies e a diversidade vegetal no entorno pode minimizar os impactos da competição pelos recursos florais.

Palavras-chaves: abelha sem ferrão, competição, fatores abióticos.

## ABSTRACT

The behavior of stingless bees is dynamic in the exploitation of plant resources. Some elements can increase or decrease these activities, such as climatic factors. The aim of this study was to evaluate the foraging behavior, niche overlap and the influence of environmental variation on the activities of *Melipona scutellaris* and *M. quadrifasciata*, through rational breeding in the same area. The study was carried out in an Atlantic Rainforest fragment in São Cristóvão (SE) from June 2016 to March 2017. The items carried by the bees (nectar and water, pollen, garbage, clay and resin), the temperature and the relative humidity of the air, obtained by means of a digital thermometer, were recorded monthly, from 5h to 18h. Circular statistics, niche overlap module testing and path modeling were performed. Both species did most of the outdoor activities in the morning, increasing as a result of increased humidity and reducing when the temperature increases throughout the day and reducing when both variables increased throughout the year. Even with high values of niche overlap, the divergence observed in the foraging peaks of both species and the plant diversity in the surroundings may minimize the impacts of competition for floral resources.

Keywords: stingless bees, meliponiculture, abiotic factors.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Temperaturas médias (linha) e umidade relativa (barras) ao longo dos meses no meliponário em área de fragmento de Floresta Atlântica em Sergipe, nordeste do Brasil..... 9
- Figura 2.** Sobreposição de nicho mensal (dados coletados em atividades ao longo do dia) de pólen (preto) e néctar (cinza) coletados por *M. scutellaris* e *M. quadrifasciata* em área de Floresta Atlântica, no nordeste do Brasil..... 13
- Figura 3.** Histograma circular das atividades de coleta de pólen (preto), néctar (cinza) e lixo (vermelho) de *M. quadrifasciata* (A) e *M. scutellaris* (B) ao longo do dia em área de fragmento de Floresta Atlântica em Sergipe, nordeste do Brasil. .... 14
- Figura 4.** Correlação de Spearman entre os materiais carregados ao longo do dia por *M. quadrifasciata* e a variação de temperatura e da umidade. A e B) correlação com o pólen; C e D) Néctar; E e F) Lixo. .... 16
- Figura 5.** Correlação de Spearman entre os materiais carregados ao longo do dia por *M. scutellaris* e a temperatura e a umidade. A e B) correlação com o pólen; C e D) Néctar; E e F) Lixo. .... 17
- Figura 6.** Estimativas dos coeficientes de regressão padronizados e correlações no modelo de regressão multivariada entre as atividades de forrageamento de A) *M. quadrifasciata* e B) *M. scutellaris* e as variáveis ambientais ao longo do ano. umd – umidade; tmp – temperatura; lix – lixo; lxm – lixo; brr – barro; nct – néctar; pln – pólen. .... 19

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Carga total de recursos e lixo carregados por *Melipona scutellaris* e *M. quadrifasciata* de junho de 2016 a março de 2017 em fragmento Floresta Atlântica, em Sergipe, nordeste do Brasil..... 13

**Tabela 2** - Regressão entre os fatores abióticos (temperatura e umidade relativa - UR) e as atividades ao longo do ano (coleta de pólen, néctar e barro e carregamento de lixo) de *Melipona quadrifasciata* e *M. scutellaris*..... 18

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>3</b>
<b>Meliponíneos.....</b>	<b>3</b>
<b>Comportamento de forrageamento, variação ambiental e conservação.....</b>	<b>5</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
<b>Área de estudo .....</b>	<b>8</b>
<b>Espécies estudadas .....</b>	<b>9</b>
<b>Procedimentos de instalação do experimento .....</b>	<b>10</b>
<b>Procedimentos de coleta .....</b>	<b>11</b>
<b>Análise de dados.....</b>	<b>11</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>12</b>
<b>Sobreposição de nicho .....</b>	<b>12</b>
<b>Recursos utilizados e sincronicidade das atividades ao longo do dia.....</b>	<b>13</b>
<b>Efeito da umidade e temperatura no comportamento .....</b>	<b>15</b>
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>

## INTRODUÇÃO

No Brasil, são registradas 244 espécies de meliponíneos e cerca de 89 formas ainda não descritas, distribuídas em 29 gêneros (PEDRO, 2014). Em razão das suas características e comportamento, a criação dessas abelhas torna-se mais acessível do que a apicultura tradicional. Nesse sentido, essa técnica pode ser utilizada por pequenos produtores e contribuir com a geração de renda (BASARI; RAMLI; KHAIRI, 2018).

Além disso, por não possuírem um ferrão funcional, essas abelhas não podem ferroar, facilitando o manejo, sem necessitar de equipamentos muito sofisticados, como roupas específicas (JAFFÉ et al., 2015). Dessa forma, a meliponicultura, processo de criação racional de abelhas, representa grande auxílio para o crescimento e distribuição de populações de espécies de Meliponini e para reduzir o desmatamento e os danos ao meio ambiente (CARVALHO; MARTINS; MOURÃO, 2014). No entanto, para que esses sistemas tenham mais sucesso, é importante avaliar quais espécies podem viver em conjunto e qual seu comportamento.

Sabe-se que o comportamento das abelhas sem ferrão é dinâmico na exploração de recursos vegetais, como néctar, resina, látex, pólen, folhas, aromas, óleo e sementes durante seu voo de forrageamento (NUNES-SILVA et al., 2010). Essas abelhas coletam outras fontes além dos recursos alimentares de origem vegetal, principalmente, para a construção de ninhos, como água, argila e fezes de animais (BASARI; RAMLI; KHAIRI, 2018).

Muitas abelhas sem ferrão geralmente ocorrem simpatricamente no mesmo hábitat. Nesse sentido, a busca por recursos semelhantes e áreas de forrageamento sobrepostas podem gerar competição entre espécies que diferem em sua eficiência de exploração de recursos (BALFOUR et al., 2015). Assim, a limitação espacial e temporal de recursos e estudos de sobreposição de nicho têm sido amplamente usados para explicar o compartilhamento de recursos na ecologia de comunidades (BARÔNIO; TOREZAN-SILINGARDI, 2017). Sendo assim, a baixa densidade de flores e disponibilidade reduzida de recursos podem comprometer seriamente a manutenção de colônias de diferentes espécies de abelhas que compartilham o mesmo nicho trófico.

Porquanto, os índices de sobreposição e rede de interação podem mostrar que algumas abelhas, que são consideradas generalistas por necessidade, concentram intensamente suas coleções em algumas fontes de recursos (FERREIRA; ABSY, 2015). Além disso, podem explicitar uma possível sincronia entre o comportamento de

forrageamento dos recursos ao longo do dia, porém em divergência com outras espécies de abelhas em relação aos horários de maior fluxo e cargas transportadas, como estratégia para evitar compartilhamento de nicho. Nesse sentido, esses fatores podem contribuir com possíveis aplicações para uma criação sustentável das abelhas.

Além disso, as características comportamentais de voo de várias espécies de abelhas modificam de acordo com a influência por fatores bióticos e abióticos. Alguns desses fatores são o tamanho corporal do indivíduo, as variações climáticas e a disponibilidade de recursos explorados (OLIVEIRA et al., 2012; OYEN; DILLON, 2018). A maioria das espécies apresenta maior atividade de forrageamento no período do dia em que a temperatura é mais elevada e há mais luminosidade, além de baixa umidade e velocidade do vento (POLATTO; CHAUD-NETTO; ALVES-JUNIOR, 2014).

As abelhas possuem destaque do ponto de vista econômico para as atividades de polinização. O Brasil é um país rico em espécies de abelhas, e essa diversidade permite sua interação com um grande número de plantas (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010), garantindo a reprodução desses vegetais. Elas são consideradas os agentes polinizadores mais importantes para a maioria das plantas e ecossistemas (KLEIN et al., 2007; OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011).

Do ponto de vista do equilíbrio dos ecossistemas, quase 90% de todas as espécies silvestres de plantas dependem, pelo menos parcialmente, dos serviços de polinização animal (OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011). A produção de frutos faz parte da base da cadeia alimentar e é de fundamental importância para o equilíbrio dos ecossistemas. Desse modo, torna-se evidente a relevância da interação entre esses organismos para a manutenção da biodiversidade.

Apesar da importância ambiental e econômica das abelhas, as populações de muitas espécies estão ameaçadas, não só pela fragmentação, mas também pela degradação de habitats, introdução de espécies invasoras e práticas agrícolas convencionais, como o uso de agrotóxicos (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2014). Ademais, nota-se um grande aumento do extrativismo predatório para coleta de mel e a coleta de ninho para a comercialização (FREITAS et al., 2009).

O conhecimento acerca dessa temática é fundamental para o entendimento do padrão de forrageamento dos meliponíneos e para a preservação e o manejo (PICK; BLOCHTEIN, 2002). Portanto, considerando a importância dos serviços ecossistêmicos prestados pelas abelhas, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o comportamento de forrageamento das abelhas sem ferrão *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 e *M.*

*quadrifasciata* Lepeletier, 1836; além da influência da variação ambiental nessas atividades, por meio da criação racional dessas espécies em uma mesma área. Mais especificamente, foram investigados os seguintes objetivos:

- a) Verificar se há sobreposição de nicho, considerando as atividades realizadas pelas duas espécies;
- b) Analisar se há sincronicidade no comportamento de cada espécie ao longo do dia;
- c) Avaliar a relação entre o comportamento de coleta de recursos e materiais das abelhas *M. scutellaris* e *M. quadrifasciata* e as variáveis ambientais de temperatura e umidade.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Meliponíneos

As abelhas estão distribuídas por todo o mundo, com uma alta diversidade, dispostas em mais de 20.000 espécies dentro de sete famílias taxonômicas (MICHENER, 2007). Grande parte delas possui hábitos solitários, porém cerca de 1000 espécies são sociais. Dentre elas, os meliponíneos, que são insetos eussociais pertencentes à família Apidae e à tribo Meliponini, com pelo menos 600 espécies, classificadas em cerca de 60 gêneros (BASARI; RAMLI; KHAIRI, 2018).

Toda diversidade biológica e taxonômica exibida pelas abelhas sem ferrão que vivem no Brasil torna-as incríveis objetos de estudo. Além da diversidade taxonômica, elas apresentam uma grande diversidade de comportamentos e modos de vida, incluindo os relacionados a roubo ou usurpação, chamado cleptobiose (COSTA et al., 2018). Também podem estar em associação simbiótica com vírus, bactérias, leveduras e fungos filamentosos, que produzem biomoléculas para a biotransformação de produtos apícolas, como o mel e o pão de abelha; compostos antimicrobianos que inibem patógenos; ou servem de alimento (DE PAULA et al., 2021).

Além disso, a diversidade de soluções arquitetônicas e o uso de diferentes substratos é impressionante, como em troncos de árvores vivas ou mortas, substrato de rocha, no solo, em ninhos de cupins epígeos, arbóreos ou subterrâneos, em poste de cimento ou de madeira, videira e em paredes (NOGUEIRA-NETO, 1997).

O nome dado à criação de abelhas indígenas sem ferrão é meliponicultura e representa uma atividade que pode ser integrada a plantios de fruteiras, florestais e de culturas de ciclo curto. Desse modo, podem contribuir, por meio da polinização, com a regeneração vegetal e o aumento da produtividade agrícola (VENTURIERI; RAIOL; PEREIRA, 2003). Essa atividade é muito comum entre as populações brasileiras e desempenhada há séculos por populações rurais, principalmente do nordeste e norte, e comunidades tradicionais, como povos indígenas e quilombolas (CARVALHO; MARTINS; MOURÃO, 2014).

Em adição a isso, a meliponicultura gera renda e empregos ao permitir a venda de colônias e/ou produtos coletados ou processados pelas abelhas dentro das colônias, como pólen, mel, própolis e cera; assim como a polinização agrícola em campo aberto ou em estufas com o aluguel de colônias, sendo uma prática em ascensão no Brasil (SANTOS et al., 2021).

Em colônias de *Melipona*, os principais elementos presentes são o ninho composto por discos de cria em espiralos potes de alimento e estruturas auxiliares, como a entrada e o túnel de ingresso, o invólucro, os batumes superior e inferior e os potes, em que há armazenamento de mel e pólen separadamente. Nesse contexto, as células de cria são todas iguais, não possuindo células reais. Sendo assim, a garantia do número de rainhas que nasce é definida por uma proporção genética (VILLAS-BÔAS, 2012).

Durante a vida adulta, as abelhas operárias desenvolvem a maior parte das tarefas dentro da colônia. Nesse sentido, quando emergem dos casulos, as jovens operárias iniciam o trabalho de limpeza geral, de cuidado com as crias, manipulação de alimentos, produção de cera e abastecimento de células de cria. Com o passar do tempo, ficam responsáveis pela construção de favos de cria, pólen e mel e atuam como guardas. Apenas depois de todas essas etapas que se dedicam à coleta de alimento no campo, podendo também voltar a desenvolver tarefas internas no ninho (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Os principais recursos alimentares para os meliponíneos são o pólen e o néctar. Para a produção de mel, eles coletam néctar das flores, que, ao entregarem a outras abelhas, sofre desidratação e ação enzimática para, então, ser estocado em potes na colmeia a fim de sobreviverem em tempos de escassez de alimentos no ambiente. Em relação ao pólen, após a coleta nas flores pelas abelhas campeiras, é transportado para a colônia, onde é estocado em potes de cera para passar por alterações físico-químicas em processos fermentativos (PENEDO, 1976).

O gênero *Melipona* distribui-se pela América tropical, do México à Argentina, e contém cerca de 40 espécies de abelhas de tamanho médio, variando de 8 a 15 mm de comprimento, robustas e geralmente com muitos pelos (MICHENER, 2007). Muitas espécies apresentam grande importância para a polinização de diversas espécies, inclusive comerciais, como *M. quadrifasciata* para polinização de tomate. Nesse caso, frutos oriundos de flores visitadas por abelhas operárias dessa espécie produziram cerca de 47% a mais de sementes e sua concentração de açúcar foi aproximadamente 14% superior, garantindo uma maior qualidade (BARTELLI; NOGUEIRA-FERREIRA, 2014).

Aproximadamente 6% das espécies de angiospermas possuem flores com anteras que se abrem através de pequenos poros ou fendas (VALLEJO-MARÍN, 2019). Espécies de *Melipona* também são conhecidas por terem a capacidade de liberar pólen das anteras florais usando vibrações torácicas, em um fenômeno conhecido como *buzz pollination* (ROSI-DENADAI et al., 2020). Por exemplo, *Melipona quadrifasciata* atua desse modo em flores de *Miconia cinerascens* (Melastomataceae) e *Solanum variabile* (Solanaceae); da mesma forma, *M. scutellaris* libera os grãos de pólen de inflorescências de *Solanum stramonifolium* (Solanaceae) e *Swartzia pickelii* (Fabaceae) (NUNES-SILVA; HRNCIR; IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

### **Comportamento de forrageamento, variação ambiental e conservação**

Os processos de urbanização, industrialização e crescimento agrícola no Brasil resultaram, além de um desenvolvimento econômico, em grandes perdas históricas e acentuada fragmentação dos *habitats* naturais. Com esse crescente fracionamento e ameaças, a Floresta Atlântica tornou-se um dos maiores *hotspots* de biodiversidade já conhecidos. Na conjuntura atual, a distribuição espacial da parte remanescente desse bioma é representada por 12,4% de manchas de vegetação (RIBEIRO et al., 2009), inseridas em uma matriz de áreas degradadas, pastagens, agricultura, silvicultura e áreas urbanas (Fundação SOS Mata Atlântica, 2021). Esse cenário afeta a biodiversidade e os benefícios ambientais gerados.

Desse modo, a mudança no uso da terra é especialmente rápida nos trópicos, sendo marcada tanto pelo aumento das terras agrícolas (BEDDOW et al., 2010) quanto pela diminuição da área florestal (HANSEN et al., 2013). Ela está relacionada à fragmentação das populações em algumas espécies (JHA, 2015; JHA; KREMEN, 2013).

A perda de habitat devido às atividades humanas tem sido relacionada a reduções na abundância e riqueza de abelhas nativas (KENNEDY et al., 2013), além de diminuir o sucesso reprodutivo das plantas (ALBRECHT et al., 2012). Outras ameaças como secas, inundações, incêndios florestais em grande escala e furacões estão se tornando mais frequentes e intensos na região Neotropical, talvez como um produto das mudanças climáticas mundiais. Essas perturbações podem ter efeitos imprevisíveis na flora, como na abundância, distribuição e fenologia das espécies, e, conseqüentemente, na fauna de abelhas (FREITAS et al., 2009).

Em adição a isso, alguns fatores podem modificar o comportamento das abelhas, como a exposição a algumas substâncias, principalmente em práticas agrícolas convencionais. A gradagem, aragem ou fogo no preparo do solo e o uso excessivo de agrotóxicos tendem a diminuir a quantidade e a variedade de alimentos alternativos e fontes de nidificação para polinizadores em geral, incluindo as abelhas (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2014; MAUÉS, 2014).

Contaminações com pesticidas durante atividades de forrageamento que envolvem a coleta e ingestão de recursos florais tratados ou por fumigação através de substâncias pulverizadas também são bastante comuns em abelhas (FRAZIER et al., 2015). Em exemplo a isso, verifica-se que algumas abelhas do gênero *Bombus* podem reduzir a longevidade pela ingestão de néctar com alta concentração de nitrogênio, proveniente de utilização de fertilizantes (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2014). Em espécies eussociais de abelhas, a contaminação de indivíduos forrageiros pode impactar indiretamente o desempenho de toda a colônia por meio do envenenamento horizontal de centenas de companheiros de ninho, incluindo a rainha (WU-SMART; SPIVAK, 2016).

Dessa maneira, alguns efeitos neurológicos de pesticidas que acometem abelhas são a diminuição da memória espacial, *homing* e eficiência de forrageamento e uma redução nas atividades que requerem memória e aprendizagem (STANLEY; SMITH; RAINE, 2015). Além disso, os pesticidas reduzem a taxa de visitação de flores, coleta de pólen e sonicação, o que pode resultar em um déficit de polinização e nutricional da ninhada dentro da colmeia (STANLEY et al., 2015; WHITEHORN; WALLACE; VELLEJO-MARIN, 2017).

Em um mesmo plano, verifica-se que as abelhas e seus produtos, como mel, pólen, própolis e cera são usados em avaliações de risco ambiental através da análise dos níveis bioacumulados de metais e metalóides. Em exemplo a isso, estudos na China verificaram que produtos de abelhas coletados em áreas de intenso tráfego de veículos e atividades

industriais e agrícolas apresentavam altas concentrações de metais tóxicos e metalóides (ZHOU et al., 2018).

Nessa perspectiva, pode ocorrer o fenômeno do transtorno do colapso da colônia em *Apis mellifera*, relacionado a uma rápida perda de abelhas operárias adultas. Isso é evidenciado por colônias fracas ou mortas com populações de cria em excesso em relação às populações de abelhas adultas, falta de abelhas operárias mortas dentro e ao redor das colmeias afetadas e a invasão retardada de pragas de colmeia. Por exemplo, pequenos besouros, e cleptoparasitismo de colônias de abelhas vizinhas (VANEGELSDORP et al., 2009).

Além dos fatores externos provenientes da ação antrópica, o comportamento do forrageamento das abelhas está relacionado a fatores climáticos, como temperatura, umidade relativa, luminosidade, precipitação e velocidade do vento, além de poder ser influenciada pela oferta de recursos florais e condições internas do ninho (HILÁRIO; IMPERATRIZ-FONSECA; KLEINERT, 2001).

No gênero *Melipona*, no geral, o grande número de forrageadoras de pólen são constantemente observados nas primeiras horas da manhã (ROUBIK, 1989). Para realizar o comportamento de recrutamento, as operárias de *Melipona scutellaris* e *M. quadrifasciata* são alertadas sobre uma fonte de alimento lucrativa por companheiras de ninho, informando a distância e direção do recurso (JARAU et al., 2000). Elas comunicam as outras abelhas e dão amostras de comida enquanto os recrutas saem em uma busca aleatória. Assim, o odor da fonte de alimento também pode ser especialmente importante (HRNCIR; JARAU; BARTH, 2000).

*Melipona quadrifasciata* e *M. scutellaris* possuem antenas compostas por estruturas chamadas sensilas antenais, que são classificadas de acordo com funções desempenhadas por elas. Desse modo, sabe-se que, para detectar variações na temperatura e umidade, essas espécies utilizam sensilas específicas, chamadas celocônica e ampulácea (CARVALHO et al., 2017; RAVAIANO et al., 2014).

Por agir diretamente no custo energético utilizado para regular a temperatura corporal durante o voo, a temperatura é o fator que mais influencia nas atividades de forrageamento das abelhas, já que cerca de 80% da energia metabolizada pelos músculos é perdida sob forma de calor (ROUBIK, 1989; CARVALHO-ZILSE et al., 2007). Assim, em extremos de temperaturas, pode haver danos à termorregulação do indivíduo e da colônia. Consequentemente, esse fato leva ao colapso fisiológico de operárias durante as

atividades de voo e à morte das crias (CORREIA et al., 2017; MARDAN; KEVAN, 2002).

Além disso, os parâmetros relacionados à umidade (umidade relativa e precipitação) provavelmente afetam a formação de pólen indiretamente por meio de sua influência na abundância de recursos (MAIA-SILVA et al., 2015). Assim, espera-se que as mudanças climáticas também possam modificar a disponibilidade de recursos florais e de nidificação; assim como, afetar a fisiologia das abelhas, resultando em mudanças de distribuição e reduções em muitas espécies (JAFFÉ et al., 2019).

Dessa forma, estudos do comportamento dessas abelhas, associados às boas práticas agrícolas, manutenção dos *habitats* e criações racionais são de fundamental importância para a conservação dessas espécies.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

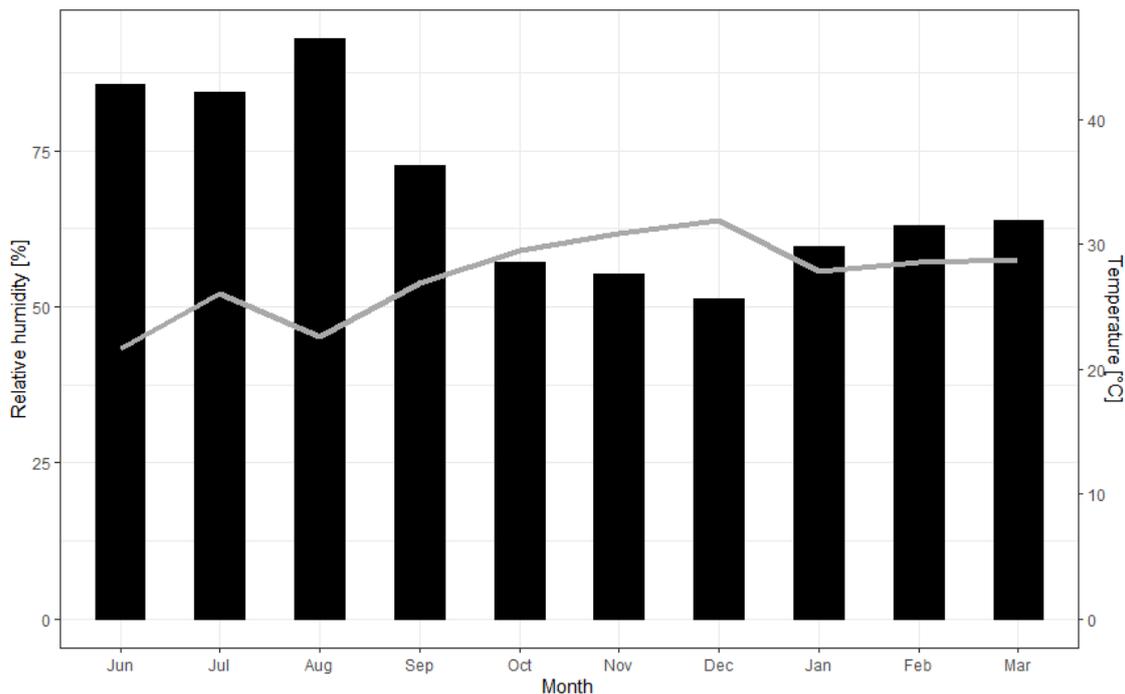
### **Área de estudo**

O estudo foi executado em um fragmento de Floresta Atlântica, na área de reserva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS), no campus São Cristóvão, de junho de 2016 a março de 2017. O fragmento localiza-se no município de São Cristóvão (11° 00' 54"S e 37° 12' 21"N), a 47m.a. na região metropolitana de Aracaju (VIANA, 2010).

O clima predominante da região é quente e úmido, com temperaturas médias mínima de 25,4°C e máxima de 27,2°C, e precipitações pluviométricas médias anuais de 1.303 mm. Além disso, apresenta um período de seca de até 3 meses (EMDAGRO, 2008).

Durante o período de estudo, a amplitude da temperatura média variou em 10°C (de 21,6°C a 31,9°C), com média de 28,4°C. A umidade relativa teve uma variação de 51,2 a 92,9% e registrou uma queda acentuada a partir do mês de setembro, estendendo-se até dezembro de 2016, com certa estabilidade até março de 2017 (Figura 1).

**Figura 1.** Temperaturas médias (linha) e umidade relativa (barras) ao longo dos meses no meliponário em área de fragmento de Floresta Atlântica em Sergipe, nordeste do Brasil.



FONTE: o autor (2021).

Os solos da região são, predominantemente, de tabuleiros de Sergipe. A vegetação constituía-se de extensas florestas, porém, atualmente, possui uma vegetação litorânea, com fragmentos de Mata Atlântica e Cerrado. Ao longo do município de São Cristóvão, transpassam-se as bacias hidrográficas do rio Vaza-Barris e Sergipe (EMDAGRO, 2008).

### Espécies estudadas

Para os experimentos, foram utilizadas colônias de *Melipona quadrifasciata* e de *M. scutellaris* adquiridas junto aos meliponicultores da região de Aracaju, que costumam ter criações racionais e com essas espécies em conjunto (PADILHA et al., 2021, no prelo). *Melipona scutellaris* é uma espécie ameaçada de extinção em seu *habitat* natural, a Floresta Atlântica do nordeste brasileiro, sendo encontrada também em locais de transição caatinga-floresta sazonal nas áreas mais úmidas (ALVES et al., 2012). É frequentemente mantida fora de seus *habitats* naturais por causa de seu saboroso mel (SCHORKOPF et al., 2016). Conhecida como “Uruçu Nordestina”, é uma espécie de grande importância econômica e ambiental (CARVALHO; MARTINS; MOURÃO, 2014).

*Melipona quadrifasciata* é uma abelha sem ferrão que ocorre na região Neotropical e possui ampla distribuição no Brasil, indo do nordeste ao sul (CAMARGO; PEDRO, 2013). Seu nome popular, “mandaçaia”, é uma palavra de origem indígena, que significa “bela vigilante”, referindo-se à atividade de proteção permanentemente que a abelha realiza na entrada do ninho. Ela é uma das abelhas sem ferrão mais populares cultivadas no Brasil (JAFFÉ et al., 2015).

Existem duas subespécies de *M. quadrifasciata*, que mostram divergência genética significativa e são reconhecidas por diferentes padrões de coloração do abdômen. A primeira é *Melipona quadrifasciata anthidioides*, utilizada neste trabalho e encontrada no sudeste e norte do Brasil; a segunda é *M. q. quadrifasciata*, que ocorre na região sul (BATALHA-FILHO et al., 2009; TAVARES et al., 2013).

### **Procedimentos de instalação do experimento**

Foi desenvolvido um meliponário fixo, coletivo, de madeira, com cobertura de tela de amianto e cercado com arame farpado. Coletivamente, foram instaladas colmeias racionais por espécie, em prateleiras, dispostas a uma altura de 1,8 metro e 1,3 metro, respectivamente. Dessa forma, a disposição das prateleiras permitiu a formação de níveis diferenciados, garantindo um maior aproveitamento do espaço para facilitar o deslocamento e diminuir o estresse das abelhas durante o manejo, sendo construído de acordo com modelo da Embrapa Meio-Norte (CONTRERA; VENTURIERI, 2008).

O meliponário possui 14 colônias de abelhas *Melipona*: 7 da espécie *Melipona quadrifasciata* e 7 de *M. scutellaris*. Foi realizada a técnica de divisão de famílias para a obtenção das colônias. A totalidade das colmeias foi manejada racionalmente, recebendo alimentação artificial energética (50% água e 50% açúcar mascavo) antes do experimento. Ao início as colmeias se encontravam no mesmo estágio de desenvolvimento com pelo menos 5 discos de cria no ninho e sobreninho. Assim, a fim de abrigar as abelhas para manejo racional na área do meliponário, o transporte delas foi realizado no período noturno e de forma ágil, com o propósito de não causar maiores estresses, oferecendo as melhores condições de bem-estar animal.

Cada caixa foi construída a partir de madeira de boa qualidade (cedro ou mogno), com 2,5 a 3,0 cm de espessura, a fim de garantir uma resistência a ataques de cupins, evitar modificação na estrutura e manter a temperatura da colônia. Cada caixa abrigava uma colmeia artificial e a distância mínima entre elas era de 0,50 m (ALVES et al., 2005).

Sendo assim, para realizar o estudo do comportamento, a amostragem foi obtida junto a 3 colônias de cada espécie de abelha, selecionadas ao acaso por sorteio (BUSSAB, 2005).

### **Procedimentos de coleta**

Foram realizadas coletas mensais de junho de 2016 a março de 2017, com o intuito de estabelecer a relação entre os fatores climáticos e o comportamento de forrageamento das abelhas. A coleta foi realizada por 10 min a cada hora, das 05:00h às 18:00h, observando-se o fluxo de abelhas saindo e entrando e o tipo de material que estas transportavam (néctar, pólen, resina, barro, água, retirada de lixo). Durante o trabalho de observação do fluxo e cargas transportadas, foi acoplada uma mangueira transparente de 10 cm na entrada do ninho, facilitando a observação no momento do pouso e saída das campeiras. Assim, contabilizou-se o número de abelhas que entravam carregando pólen, barro ou resina. Ao retornarem do campo sem material aparente na corbícula, considerou-se que elas carregavam néctar ou água, de acordo com metodologia descrita por Carvalho-Zilse (2007). No movimento de saída, foi observado o número de abelhas que saíam com lixo ou sem carga aparente.

Para determinar a quantidade de abelhas coletoras de néctar ou água, foi utilizada a metodologia apresentada por Lopes (2007), subtraindo a quantidade de abelhas entrando na colmeia sem carga na corbícula da quantidade de abelhas saindo com carga de lixo em suas mandíbulas. Nesse contexto, isso foi realizado porque é imperceptível a identificação da carga de néctar coletada, já que esse recurso é carregado no papo e pode ser confundido com as abelhas que saem com lixo e voltam ao ninho rapidamente (ROUBIK, 1989).

A cada coleta, além da observação dos itens carregados pelas abelhas, também eram registradas, a cada hora, a temperatura e a umidade relativa do ar, obtidas por meio de termômetro digital instalado no meliponário. Ao final do dia, também foram coletados os dados máximos e mínimos a partir desse mesmo aparelho.

### **Análise de dados**

Para verificar a sobreposição de nicho, foi realizado teste do módulo de sobreposição de nicho no programa EcoSim, a partir do índice de Pianka (1973). Os dados para essa análise consistem em uma matriz na qual cada espécie é uma linha e cada

categoria de recurso é uma coluna. Foi utilizada a opção "algoritmo de randomização dois" (RA2 - Niche breadth relaxed/Zero States retained), que substitui a categoria de recurso na matriz original por um número uniforme aleatório entre zero e um, mas mantém a estrutura zero na matriz (WINEMILLER; PIANKA, 1990). Também foi realizada a análise para avaliar a estruturação da comunidade. As análises consideraram a utilização mensal e ao longo do dia dos principais recursos coletados pelas espécies (pólen e néctar).

Para analisar a sincronicidade no comportamento de cada espécie ao longo do dia foi realizada uma estatística circular a partir do teste de Rayleigh de Uniformidade. Nessa análise, foram consideradas as atividades de forrageamento com mais ocorrências (carregamento de pólen e néctar) e as atividades de limpeza da colmeia ao longo do dia. Os intervalos horários das 5:00h às 17:00h foram convertidos em ângulos (considerando-se 5:00h=0° e 17:00h=332°). O horário das 18h foi excluído da análise por não terem sido registradas atividades. A coleta de resina também não foi considerada nas análises por terem tido poucas ocorrências. Nessa análise, obtêm-se os ângulos médios e o desvio padrão para a frequência das diferentes atividades, os horários médios das atividades, o valor do vetor  $r$  e a significância pelo teste de Rayleigh. Além da estatística circular, realizamos a Correlação de Spearman para avaliar o efeito da temperatura e da umidade sobre esse comportamento ao longo do dia. O teste foi escolhido porque as variáveis não apresentavam distribuição normal.

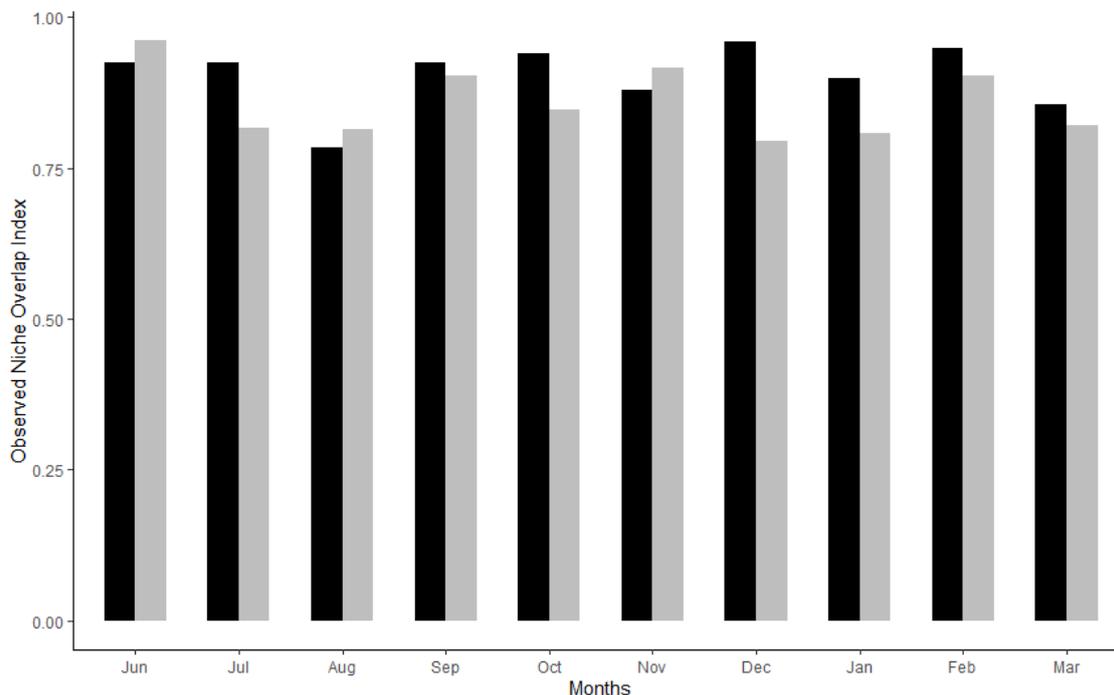
Para analisar se as atividades de coleta desses recursos e materiais são influenciadas pela temperatura e pela umidade ao longo do ano, rodamos uma modelagem de caminho (path analysis). Nessa análise, desenvolvemos um modelo onde previa a temperatura e umidade tendo influência sobre a coleta de pólen, néctar, barro e lixo. Todos os testes foram realizados no Programa RStudio (RStudio Team, 2020).

## **RESULTADOS**

### **Sobreposição de nicho**

Houve sobreposição na coleta ao longo do dia em todos os meses analisados e não foi observada estruturação de comunidade (ao longo de todo ano e ao longo do dia as espécies compartilham os recursos,  $p > 0.05$  em todos os meses) (Figura 2).

**Figura 2.** Sobreposição de nicho mensal (dados coletados em atividades ao longo do dia) de pólen (preto) e néctar (cinza) coletados por *M. scutellaris* e *M. quadrifasciata* em área de Floresta Atlântica, no nordeste do Brasil.



FONTE: o autor (2021).

### Recursos utilizados e sincronicidade das atividades ao longo do dia

Em relação ao número de visita total, a carga mais coletada ao longo do dia para ambas as espécies foi de néctar, seguida pelo pólen, retirada de lixo, barro e resina (Tabela 1).

**Tabela 1** - Carga total de recursos e lixo carregados por *Melipona scutellaris* e *M. quadrifasciata* de junho de 2016 a março de 2017 em fragmento Floresta Atlântica, em Sergipe, nordeste do Brasil.

Horário de observação	<i>Melipona scutellaris</i>					<i>Melipona quadrifasciata</i>				
	pólen	néctar	resina	barro	saída lixo	pólen	néctar	resina	barro	saída lixo
05h	590	1328	20	11	126	162	179	18	7	40
06h	439	1316	1	19	131	243	261	6	7	68
07h	323	1236	1	7	69	164	119	23	1	34
08h	202	848	11	5	49	53	104	9	10	13
09h	97	881	7	11	50	35	121	3	6	11
10h	96	756	1	2	43	20	51	11	7	5
11h	51	448	5	4	23	9	37	4	9	0
12h	5	172	1	3	13	2	10	0	5	3

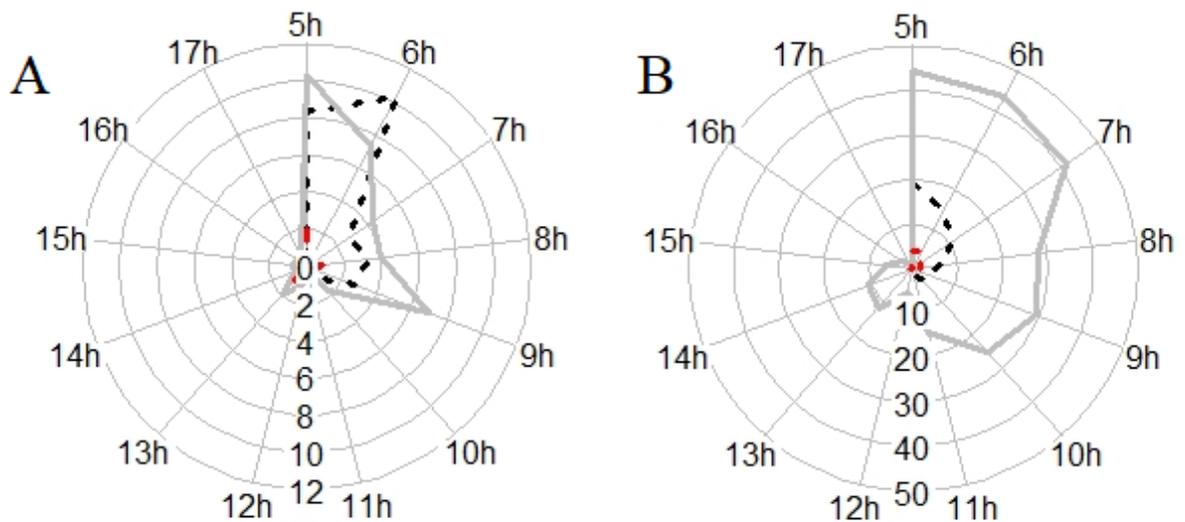
13h	33	365	9	6	24	13	37	3	17	10
14h	24	329	2	0	24	4	40	5	13	1
15h	11	186	0	0	23	4	18	0	11	0
16h	8	95	2	6	19	0	14	1	16	4
17h	14	28	1	12	7	0	6	0	17	1

FONTE: o autor (2021).

*Melipona scutellaris* e *M. quadrifasciata* realizaram a maior parte das suas atividades externas pela manhã. Em relação à sincronicidade da coleta de pólen por mandacaia (*M. quadrifasciata*) ao longo do dia (das 5h às 17h), observa-se que a maior frequência das atividades ocorre das 5h às 9h, com média significativa às 7:10h (Rayleigh Test=0.8356;  $p<0.0001$ ), enquanto a coleta do néctar acontece às 7:49h (Rayleigh Test =0.5823;  $p<0.0001$ ) (Figura 3A). No que tange ao carregamento de lixo, os dados não foram significativos (Rayleigh Test=0.3519898;  $p=0.6392$ ), indicando que não há um horário prioritário para a realização da atividade (Figura 3A). Além disso, durante o período das 12h às 16h, verificou-se um fluxo esporádico de campeiras da espécie *M. quadrifasciata*, que se dedicaram às atividades internas do ninho.

A atividade de coleta de pólen por *M. scutellaris* apresentou sincronicidade, com maior fluxo estendendo-se das 5h para além das 10h, apresentando uma janela de atividade superior à de *M. quadrifasciata*. O pico do comportamento de forrageamento de pólen ocorreu de maneira significativa às 7:21h (Rayleigh Test=0.7249;  $p<0.0001$ ), da coleta de néctar às 8:17h (Rayleigh Test=0.4384;  $p<0.0001$ ), e de lixo às 7:23h (Rayleigh Test=0.7564;  $p<0.0001$ ) (Figura 3B). Ao longo da tarde também houve uma proporcional diminuição do fluxo de campeiras dessa espécie. Nesse período, o fluxo de campeiras carregando pólen nas corbículas apresentou-se bastante baixo, e as entradas, na maior parte das vezes, foram registradas de indivíduos sem carga aparente (néctar e água). A coleta de néctar e água mostrou-se mais expressiva para *M. scutellaris* quando comparada à de pólen (Figura 3B).

**Figura 3.** Histograma circular das atividades de coleta de pólen (preto), néctar (cinza) e lixo (vermelho) de *M. quadrifasciata* (A) e *M. scutellaris* (B) ao longo do dia em área de fragmento de Floresta Atlântica em Sergipe, nordeste do Brasil.



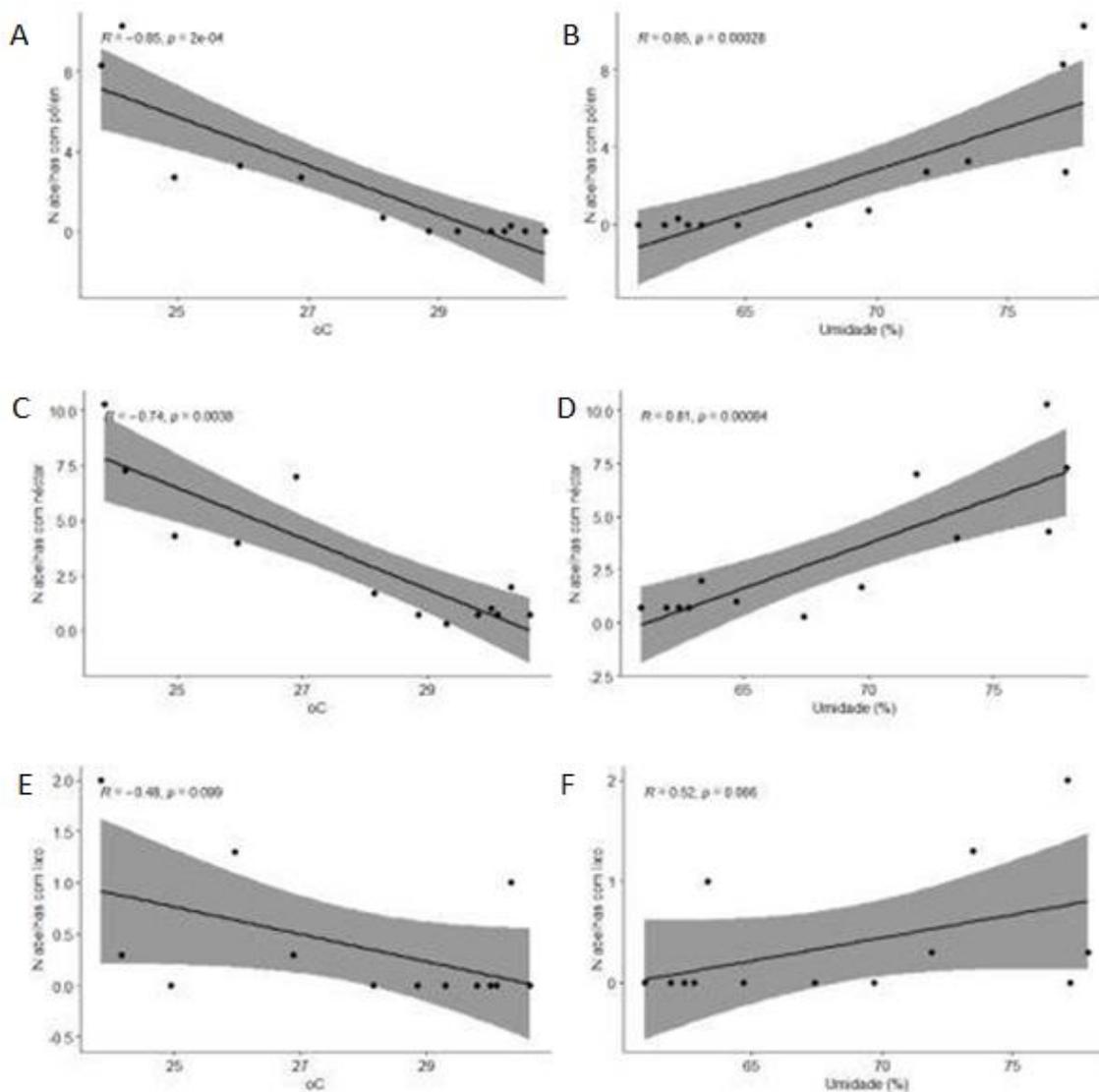
FONTE: o autor (2021).

### Efeito da umidade e temperatura no comportamento

As duas espécies (*M. quadrifasciata* e *M. scutellaris*) apresentaram uma dinâmica semelhante de acordo com a mudança nas variáveis ambientais. Assim, verificou-se que as atividades de forrageamento de pólen e néctar dessas abelhas são aumentadas em função do aumento da umidade e reduzidas conforme o aumento da temperatura ao longo do dia (Figuras 4 e 5), porém reduzidas à medida que há um aumento dessas variáveis longo do ano (Tabela 2).

Tanto a temperatura quanto a umidade influenciam *M. quadrifasciata* nas atividades de carregar o pólen e o néctar, mas não influenciam o carregamento do lixo ao longo do dia ( $p > 0.05$ ) (Figura 4).

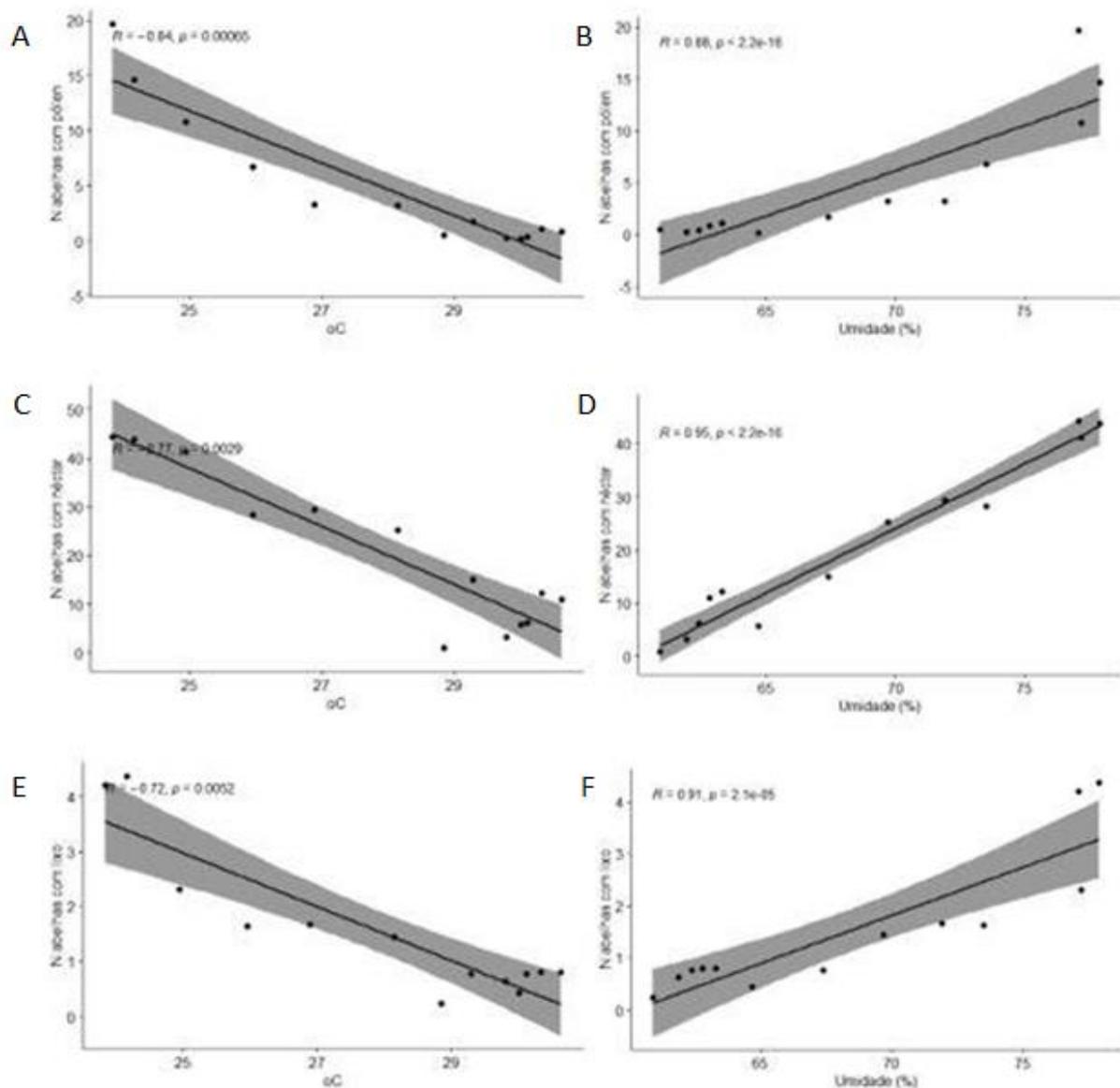
**Figura 4.** Correlação de Spearman entre os materiais carregados ao longo do dia por *M. quadrifasciata* e a variação de temperatura e da umidade. A e B) correlação com o pólen; C e D) Néctar; E e F) Lixo.



FONTE: o autor (2021).

Para *Melipona scutellaris*, os parâmetros ambientais de temperatura e umidade relativa correlacionam-se de maneira significativa com o carregamento de pólen, néctar e lixo ao longo do dia (Figura 4).

**Figura 5.** Correlação de Spearman entre os materiais carregados ao longo do dia por *M. scutellaris* e a temperatura e a umidade. A e B) correlação com o pólen; C e D) Néctar; E e F) Lixo.



FONTE: o autor (2021).

Para a análise da influência das variáveis ambientais ao longo do ano, o modelo proposto com a temperatura e a umidade foi submetido à avaliação com uso de equações estruturais e apresentou bons índices de ajuste, embora o qui-quadrado não tenha dado significativo (KLINE, 2010). Os demais índices de ajuste foram adequados (CFI = 1; RMSEA < 0.05; SRMR < 0.01; TLI = 1).

Nesse sentido, os valores de  $R^2$  explicam 17% da variabilidade de coleta de pólen, 23% da variabilidade de coleta de néctar, 1,2% de barro e 13,2% de carregamento de lixo por *M. quadrifasciata* (Tabela 2).

**Tabela 2** - Regressão entre os fatores abióticos (temperatura e umidade relativa - UR) e as atividades ao longo do ano (coleta de pólen, néctar e barro e carregamento de lixo) de *Melipona quadrifasciata* e *M. scutellaris*.

	<i>Melipona scutellaris</i>				<i>Melipona quadrifasciata</i>			
	Pólen	Néctar	Barro	Lixo	Pólen	Néctar	Barro	Lixo
<b>R<sup>2</sup></b>	0.279	0.292	0.036	0.121	0.17	0.229	0.012	0.132
<b>Temperatura</b>								
Z	-11.669	-8.528	-2.607	-6.161	-7.773	-7.699	1.05	-5.729
P	<0.0001	<0.0001	0.009	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.294	<0.0001
r	-2.471	-5.072	-0.045	-0.390	-0.873	-0.900	0.026	-0.206
<b>UR</b>								
Z	-8.238	-2.768	-0.899	-3.399	-4.589	-2.976	1.846	-2.422
P	<0.0001	0.006	0.368	0.001	<0.0001	0.003	0.065	0.015
r	-0.399	-0.376	-0.004	-0.049	-0.118	-0.080	0.011	-0.020

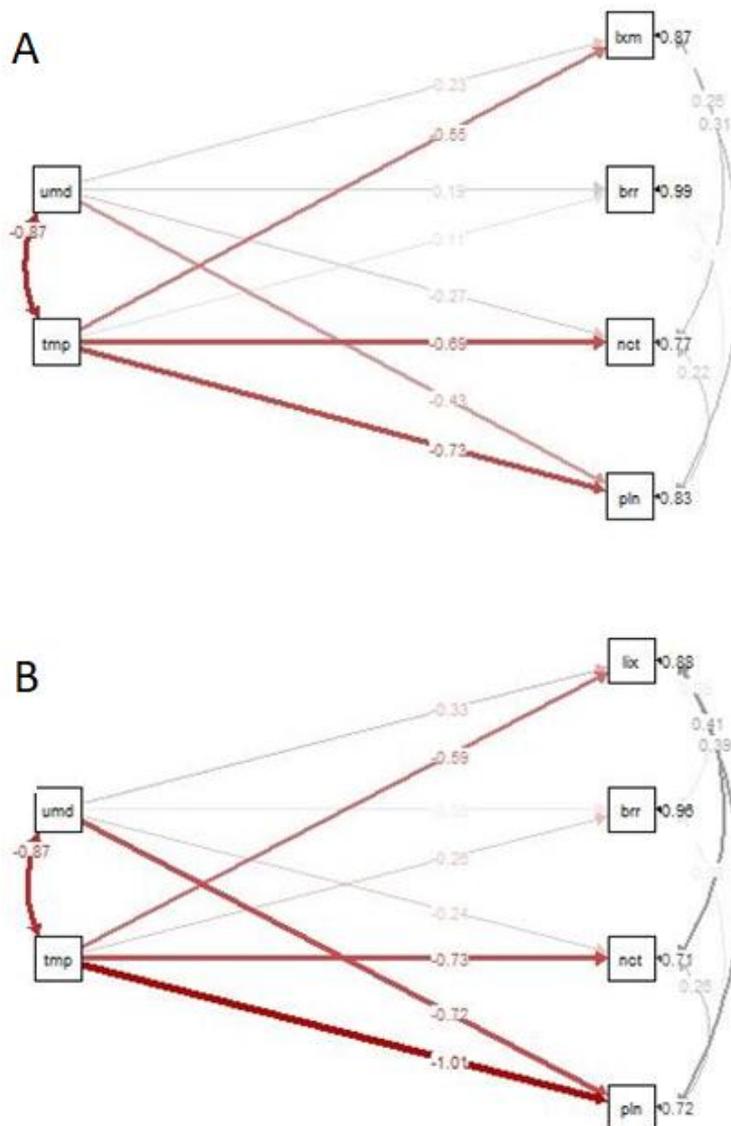
FONTE: o autor (2021).

Para mandaia (*M. quadrifasciata*), as coletas de pólen, néctar e a retirada de lixo são influenciadas pela temperatura e pela umidade ao longo do ano (Figura 5A; Tabela 2). Durante esse período, as correlações entre coleta de barro e temperatura e umidade não foram significativas ( $r=0.026$ ;  $p=0.294$  e  $r=0.011$ ;  $p=0.065$ , respectivamente).

As atividades de coleta de pólen, néctar e limpeza da colmeia realizadas por *M. scutellaris* são influenciadas pela temperatura e umidade (Figura 5B; Tabela 2). Em relação à coleta de barro, apenas a temperatura se mostrou de influência significativa ( $r=-0.045$ ;  $p=0.009$ ), diferentemente da umidade ( $r=-0.004$ ;  $p=0.368$ ) (Figura 5B; Tabela 2). Nesse contexto, os valores de  $R^2$  nesse modelo explicam 27,9% da variabilidade de coleta de pólen, 29,2% da variabilidade de coleta de néctar, 3,6% de barro e 12,1% de carregamento de lixo.

Além disso, há uma forte correlação entre as variáveis temperatura e umidade para ambas as espécies estudadas (Figura 6). As correlações entre as variáveis ambientais e as atividades desempenhadas por *M. scutellaris* parecem ser mais fortes do que aquelas desempenhadas por *M. quadrifasciata*.

**Figura 6.** Estimativas dos coeficientes de regressão padronizados e correlações no modelo de regressão multivariada entre as atividades de forrageamento de A) *M. quadrifasciata* e B) *M. scutellaris* e as variáveis ambientais ao longo do ano. umd – umidade; tmp – temperatura; lix – lixo; lxm – lixo; brr – barro; nct – néctar; pln – pólen.



FONTE: o autor (2021).

No que se refere às coletas de resina, agosto foi o mês de maior frequência por *M. quadrifasciata*, com média de 17 coletas. Para *M. scutellaris*, março representou o mês de maior coleta desse recurso (média de 5 coletas).

## DISCUSSÃO

Valores altos de sobreposição de nicho podem indicar o uso compartilhado de recursos e competição entre as espécies (GOTELLI; GRAVES, 1996). Nesse sentido, a divergência observada nos picos de forrageamento de *M. quadrifasciata* e *M. scutellaris* ao longo do dia pode sugerir que o comportamento de cada espécie difere em relação à coleta dos recursos florais (FREITAS et al., 2020). Isso, provavelmente, reduz a competição entre essas espécies ao explorar recursos em diferentes horários do dia ou, até mesmo, ao adaptar-se ao forrageamento em diferentes condições climáticas, como observado com as abelhas sem ferrão *Partamona orizabaensis* e *Trigona fuscipennis* (KEPPNER; JARAU, 2016).

Além disso, mesmo com a ausência de dados sobre análises de redes de interação planta-polinizador e palinológicos referentes a essas espécies, sabe-se que as famílias com maior representatividade em estágio avançado de sucessão no fragmento do meliponário são Myrtaceae, Anacardiaceae e Fabaceae (FERNANDES et al., 2019).

Em vista disso, sabe-se que essas abelhas possuem preferência por algumas espécies vegetais dessas famílias. *M. scutellaris* tem Fabaceae como família mais representativa para coleta de recursos, seguida de Myrtaceae. Outro táxon que também se destaca com alta frequência de distribuição e dominância é o tipo *Miconia* (Melastomataceae), altamente polínifero (MATOS; ASSIS, 2017). Entretanto, para *M. quadrifasciata*, os tipos polínicos mais frequentes nas amostras de mel e pólen são Myrtaceae (*Eucalyptus*, *Myrcia*), Melastomataceae e Solanaceae (OLIVEIRA-ABREU et al., 2014).

Assim, essa significativa sobreposição de nicho pode ter dependência na disponibilidade de recursos no entorno. Desse modo, a conservação de espécies vegetais que fazem parte da dieta dessas abelhas é importante para o sucesso da meliponicultura. Isso se dá devido ao aumento do alcance do nicho trófico de *Melipona scutellaris* e *M. quadrifasciata* na região estudada, contribuindo para a conservação da flora e da fauna desse ambiente (ANDRADE et al., 2019). Sendo assim, criá-las em uma mesma área pode ser possível caso haja garantia de uma alta diversidade vegetal nas regiões do entorno.

Nessa perspectiva, a diversidade de plantas modifica os nichos espaço-temporais dos polinizadores. Uma dessas mudanças está relacionada ao próprio número de espécies de plantas, que pode afetar o uso dos recursos espaço-temporais dos polinizadores; outra, está atrelada à diversidade de plantas ao afetar os parâmetros da vegetação, como

abundância floral e estrutura da vegetação, ou condições abióticas (microclima, por exemplo) que interferem indiretamente no uso de recursos (VENJAKOB et al., 2016).

Dessa forma, o padrão de coleta de recursos por abelhas melíponas pode estar relacionado ao ambiente em que estão inseridas, e elas adequam seu comportamento de forrageio de acordo com as condições edafoclimáticas às quais estão expostas (CORREIA et al., 2017). As faixas de temperatura e umidade relativa registradas no início das atividades das abelhas operárias de *M. quadrifasciata* e *M. scutellaris* são similares com as relatadas no mesmo gênero (OLIVEIRA et al., 2012).

Além disso, as colônias estudadas de ambas as abelhas evitaram as horas mais quentes do dia. Nesse sentido, observa-se que esse fato ocorre de forma semelhante com a abelha sem ferrão *Heterotrigona itama*, que possui a atividade de forrageamento diminuída à medida que a temperatura ambiente aumenta por volta do meio dia, das 12:00h às 13:00h (BASARI; RAMLI; KHAIRI, 2018). Isso está relacionado com a indução do comportamento de ventilação da colônia quando há um aumento significativo na temperatura (MICHENER, 2007).

Já é sabido que os parâmetros ambientais de temperatura e umidade relativa possuem relação com diferentes atividades de forrageamento de *M. quadrifasciata* e *M. scutellaris*. Nessa perspectiva, há registros de redução das atividades de voo de melíponas em temperaturas acima de 30°C e umidade relativa inferior a 80%, como ocorre com *Melipona eburnea* (CORREIA et al., 2017).

Um fator interessante observado no presente trabalho é que a umidade relativa aumenta o forrageamento de pólen e néctar de operárias de ambas as espécies ao longo do dia. Assim, essa atividade de *M. scutellaris* e *M. quadrifasciata* intensificada conforme aumento da umidade relativa pode relacionar-se a uma maior lucratividade de uma fonte de alimento, como quando se eleva a concentração de açúcar ao fornecer néctar artificial a *M. scutellaris* (SCHORKOPF et al., 2016).

Trabalho com *Melipona quadrifasciata anthidioides* demonstrou divergência em relação à correlação com as variáveis climáticas apresentadas no presente trabalho. Assim, o número de forrageadoras de pólen e néctar correlacionou-se positivamente com a temperatura do ar e negativamente com a umidade relativa ao longo do dia (OLIVEIRA-ABREU et al., 2014). Nesse caso, a população estudada é da região sudeste do Brasil, onde a temperatura mostra-se como fator limitante em comparação com a umidade relativa. No entanto, na região nordeste, ocorre o inverso: o fator limitante é a umidade,

podendo corroborar com a correlação positiva dessa variável ambiental com as atividades de forrageamento e carregamento de materiais observados.

No entanto, as correlações entre o comportamento de remoção de lixo realizado por *M. quadrifasciata* e ambos os parâmetros ambientais ao longo do dia não se mostraram significativas, diferente do observado com *M. scutellaris*. Porém, sabe-se que a retirada de lixo do interior da colônia é mais influenciada pelas condições internas do que pelas condições externas (SILVA, 2007). Em comparação, no bioma cerrado, observa-se que o número médio de abelhas *Melipona fasciculata* que deixam cada colônia com detritos por hora é baixo (entre 0,167 e 2 abelhas por hora). Todavia, assim como observado no presente trabalho, houve influência do período do ano e do dia (FREITAS et al., 2020).

Os dados analisados corroboram a hipótese de que a umidade relativa influencia nas atividades das abelhas ao longo do ano. Estudos com *Melipona colimana* no México, correlacionando temperatura, umidade, velocidade do vento e luminosidade com a atividade de entrada e saída das abelhas com pólen e resinas, também demonstrou que esses fatores podem afetar essas atividades, principalmente a umidade, que também se apresentou em correlação negativa (MACÍAS-MACÍAS; TAPIA-GONZALEZ; CONTRERAS-ESCAREÑO, 2016). Nesse sentido, outros fatores ambientais também podem afetar diretamente a coleta de pólen, como a temperatura máxima, a hora do nascer do sol e a disponibilidade de fontes potenciais de pólen (MAIA-SILVA et al., 2015).

Nessa perspectiva, a disponibilidade de recursos também se mostra em uma estreita relação com as atividades exercidas pelas abelhas ao longo do ano. Os parâmetros relacionados à umidade, provavelmente, afetaram o forrageamento de pólen indiretamente por meio de sua influência na abundância de recursos, como registrado com populações de *M. subnitida* na caatinga (MAIA-SILVA et al., 2015).

*M. quadrifasciata* e *M. scutellaris* não responderam positivamente ao aumento da temperatura ao longo do ano, podendo ser mais sensíveis a uma menor amplitude (menor variação). No entanto, outro estudo concluiu que, durante o ano, temperaturas mais elevadas proporcionam a *Scaptotrigona aff. depilis* condições favoráveis para voar, coletar e armazenar recursos alimentares (ALEIXO et al., 2017). Isso pode estar atrelado ao fato de que, na região do nordeste, do presente estudo, a umidade relativa é o fator limitante, e as temperaturas mais altas são concentradas em períodos de menor umidade, o que pode estar relacionado com a disponibilidade de recurso (néctar) reduzida para as abelhas.

Ademais, as correlações entre as variáveis ambientais e as atividades desempenhadas por *M. scutellaris* são mais fortes do que aquelas desempenhadas por *M. quadrifasciata* ao longo do ano. Estudo comparando duas subespécies de *Melipona costaricensis* e dois morfos cromáticos de *Cephalotrigona capitata* mostrou forte evidência de que a cor do corpo pode estar envolvida na regulação da temperatura corporal. De acordo com esse estudo, as abelhas de coloração clara têm vantagem em relação às mais escuras e podem coletar recursos por um maior período de tempo em condições de exposição solar, devido ao menor nível de aquecimento corporal (PEREBOOM; BIESMEIJER, 2003).

Mesmo a coleta de barro não tendo sido influenciada pela umidade relativa para ambas as espécies, Oliveira et al. (2012) observaram redução dos comportamentos de limpeza, coleta de barro e resina por *M. subnitida* no período seco do ano, em região de clima quente e seco do Rio Grande do Norte. No entanto, o pequeno número de abelhas coletando argila pode ter ocorrido devido às colônias já estarem estabelecidas, visto que esses tipos de recursos são usados pelas abelhas, sobretudo, para vedação de fissuras, entrada na colônia e para a construção da colmeia (VILLAS-BÔAS, 2012).

Diferentemente do presente estudo, em relação à umidade relativa, já foi observada correlação positiva para transporte de pólen nos períodos seco e chuvoso do ano e para resina e lixo interno no período chuvoso em trabalho realizado com *M. subnitida* (OLIVEIRA et al., 2012).

Sabe-se que fatores externos, como concentração de néctar e distância entre o recurso e a colmeia, competição e risco de forrageamento (predação, por exemplo), podem ser muito mais importantes para os meliponíneos em relação às suas decisões sobre forrageamento do que os fatores internos (SCHORKOPF et al., 2016).

Dessa maneira, uma intensificação da pesquisa com abelhas sem ferrão para entender seu comportamento de forrageamento é necessária. Consequentemente, isso também pode colaborar para que haja uma utilização mais eficiente dessas abelhas na agricultura, principalmente, para o processo de polinização (MARZINZIG et al., 2018).

Torna-se evidente, portanto, que adquirir conhecimento sobre as atividades de voo das abelhas *Melipona* pode contribuir para o entendimento dos padrões de forrageamento dessas espécies, assim como permitir que se avalie os recursos utilizados por elas, impulsionando novos estudos. Isso é fundamental para o manejo adequado das abelhas, assim como para o sucesso da meliponicultura, maximizando a produção de mel e garantindo que as colônias permaneçam saudáveis.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis ambientais interferem no comportamento de forrageamento de *M. scutellaris* e *M. quadrifasciata*. As atividades de forrageamento de pólen e néctar de ambas as espécies são aumentadas em função do aumento da umidade e reduzidas conforme o aumento da temperatura, concentrando a maior parte das suas atividades externas pela manhã. Em relação à sincronicidade da coleta de pólen por mandaçaia (*M. quadrifasciata*) ao longo do dia, o maior período de atividade ocorre das 5h às 9h. Das 12h às 16h, verificou-se um fluxo esporádico de campeiras dessa espécie, dedicando-se às atividades internas do ninho. *M. scutellaris* apresentou maior fluxo de coleta de pólen das 5h para além das 10h, com uma janela de atividades superior à de *M. quadrifasciata*.

A sobreposição na coleta ao longo do dia entre as espécies em todos os meses analisados, e a falta de estruturação de comunidade, com o compartilhamento de recurso ao longo de todo ano e ao longo do dia, pode ser reduzida se as espécies explorarem plantas e recursos em horários diferentes e apresentarem picos de forrageamento distintos ou ao adaptar-se ao forrageamento em diferentes condições climáticas. Assim, com esse esclarecimento, a criação racional das espécies-focos desse trabalho poderia ser desenvolvida concomitantemente em meliponários sem causar prejuízos. No entanto, não foi possível verificar as fontes de recursos utilizadas por cada espécie. Sendo assim, estudos posteriores abrangendo análises de redes de interação planta-polinizador, além de melissopolinológicos, tornam-se necessários para elucidar algumas questões ainda não estabelecidas.

## REFERÊNCIAS

ALBRECHT, M. et al. Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. **Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1748, p. 4845-4852, 3 out. 2012

ALEIXO, K. P. et al. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona aff. depilis*). **Apidologie**, v. 48, n. 1, p. 117–127, 2017.

ALVES, R. M. de O. et al. **Sistema de produção para abelhas sem ferrão: uma**

**proposta para o estado da Bahia.** Cruz das Almas-BA: Gráfica e Editora Nova Civilização, 2005. Série Meliponicultura 03.

ALVES, R. M. O. et al. Areas of Natural Occurrence of *Melipona scutellaris* Latreille , 1811 (Hymenoptera: Apidae) in the state of Bahia, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 679–688, 2012.

ALVES-DOS-SANTOS, I.; AIZEN, M.; SILVA, C. I. Conservação dos polinizadores. In: Rech, A. R. et al. (org.) **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, p. 493-524, 2014.

ANDRADE, B. R. et al. Pollen spectrum and trophic niche width of *Melipona scutellaris* latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) in highly urbanized and industrialized sites. **Sociobiology**, v. 66, n. 2, p. 279–286, 2019.

BALFOUR, N. J.; GANDY, S.; RATNIEKS, F. L. W. Exploitative competition alters bee foraging and flower choice. **Behavioral Ecology And Sociobiology**, v. 69, n. 10, p. 1731-1738, 23 ago. 2015. Springer Science and Business Media LLC.

BARÔNIO, G. J.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Temporal niche overlap and distinct bee ability to collect floral resources on three species of Brazilian Malpighiaceae. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 168–180, 2017.

BARTELLI, B. F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Pollination Services Provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in Greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 510–516, 2014.

BASARI, N.; RAMLI, S. N.; KHAIRI, N. ‘AINA S. M. Food reward and distance influence the foraging pattern of stingless bee, *Heterotrigona itama*. **Insects**, v. 9, n. 4, p. 1–10, 2018.

BATALHA-FILHO, H. et al. Geographic distribution and spatial differentiation in the color pattern of abdominal stripes of the Neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* ( Hymenoptera : Apidae ). **Zoologia**, v. 26, n. 2, p. 213–219, 2009.

BEDDOW, J. M. et al. The Changing Landscape of Global Agriculture. In: **The shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide**. Ames, Iowa: The Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center, 2010. p. 7–38.

- BUSSAB, W.; BOLFARINE, H. **Elementos de amostragem**, São Paulo: Edgar Blucher, 2005.
- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version**. 2013. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acessado em: Jul/01/2021
- CARVALHO-ZILSE, G. et al. Atividades de vôo de operárias de *Melipona seminigra* (Hymenoptera: Apidae) em um sistema agroflorestral da Amazônica. **Biosci. j. (Online)**, v. 23, n. 1, p. 94–99, 2007.
- CARVALHO, R. M. A.; MARTINS, C. F.; MOURÃO, J. DA S. Meliponiculture in Quilombola communities of Ipiranga and Gurugi, Paraíba state, Brazil: an ethnoecological approach. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 10, n. 3, p. 1–12, 2014.
- CARVALHO, W. J. et al. Characterization of antennal sensilla, larvae morphology and olfactory genes of *Melipona scutellaris* stingless bee. **PLoS ONE**, v. 12, n. 4, p. 1–22, 2017.
- CONTRERA, F. A. L.; VENTURIERI, G. C. **Vantagens e limitações do uso de abrigos individuais ou comunitários para a criação da abelha sem ferrão (Apidae, Meliponini) urucu-amarela (*Melipona flavolineata*)**, EMBRAPA, 2008. (Nota técnica).
- CORREIA, F. C. DA S. et al. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE NAS ATIVIDADES DE VOO DE OPERÁRIAS DE *Melipona eburnea* (Apidae, Meliponina). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 20, n. 2, p. 65–70, 2017.
- COSTA, L. et al. Plasticity of stingless bee *Melipona fuliginosa* Lepeletier to obtain food resources in Amazonia. **Sociobiology**, v. 65, n. 4, p. 744–750, 2018.
- DE PAULA, G. T. et al. Stingless bees and microbial interactions. **Current Opinion in Insect Science**, v. 44, p. 41–47, 2021.
- EMDAGRO. Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe. **Informações básicas municipais: município de São Cristóvão**. 2008.

FERNANDES, M. M. et al. Regeneração natural em fragmento de Floresta Ombrófila Semidecidual em Sergipe, Brasil. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal - ENFLO**, v. 7, p. 1-10, 2019.

FERREIRA, M. G.; ABSY, M. L. Pollen niche and trophic interactions between colonies of *Melipona* (Michmelia) *seminigra merrillae* and *Melipona* (Melikerria) *interrupta* (Apidae: Meliponini) reared in floodplains in the Central Amazon. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 9, n. 3, p. 263–279, 2015.

FRAZIER, M. T. et al. Assessing Honey Bee ( Hymenoptera : Apidae ) Foraging Populations and the Potential Impact of Pesticides on Eight U . S . Crops. **JOURNAL OF ECONOMIC ENTOMOLOGY**, v. 108, n. 5, p. 2141–2152, 2015.

FREITAS, B. M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 332–346, 2009.

FREITAS, P. V. D. X. et al. External activity of the stingless bee *Melipona fasciculata* (Smith) kept in the Brazilian Cerrado. **Journal of Apicultural Research**, p. 1–6, 2020.

Fundação SOS Mata Atlântica. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2019/2020, relatório técnico/Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. – São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021.

GOTELLI, N. J.; GRAVES, G. R. **Null models in Ecology**. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1996.

HANSEN, M. C. et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850–853, 2013.

HILÁRIO, S. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT, A. DE M. P. RESPONSES TO CLIMATIC FACTORS BY FORAGERS OF *Plebeia pugnax* MOURE (IN LITT.) (APIDAE, MELIPONINAE). **Rev. Brasil. Biol.**, v. 61, n. 2, p. 191–196, 2001.

HRNCIR, M.; JARAU, S.; BARTH, F. G. Recruitment behavior in stingless bees , *Melipona scutellaris* and *M. quadrifasciata* . II . Possible mechanisms of communication. **Apidologie**, v. 31, p. 93–113, 2000.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. Bees , ecosystem services and

the Brazilian Forest Code. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 59–62, 2010.

JAFFÉ, R. et al. Bees for Development : Brazilian Survey Reveals How to Optimize Stingless Beekeeping. **PLOS ONE**, v. 10, n. 3, p. 1–21, 2015.

JAFFÉ, R. et al. Landscape genomics to the rescue of a tropical bee threatened by habitat loss and climate change. **Evolutionary Applications**, v. 12, n. 6, p. 1–14, 2019.

JARAU, S. et al. Recruitment behavior in stingless bees, *Melipona scutellaris* and *M. quadrifasciata*. I. Foraging at food sources differing in direction and distance. **Apidologie**, v. 31, p. 81–91, 2000.

JHA, S. Contemporary human-altered landscapes and oceanic barriers reduce bumble bee gene flow. **Molecular Ecology**, v. 24, n. 5, p. 993–1006, 2015.

JHA, S.; KREMEN, C. Urban land use limits regional bumble bee gene flow. **Molecular Ecology**, v. 22, n. 9, p. 2483–2495, 2013.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459–473, 2014.

KENNEDY, C. M. et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. **Ecology Letters**, v. 16, n. 5, p. 584–599, 2013.

KEPPNER, E. M.; JARAU, S. Influence of climatic factors on the flight activity of the stingless bee *Partamona orizabaensis* and its competition behavior at food sources. **Journal Of Comparative Physiology A**, v. 202, n. 9-10, p. 691-699, 2016.

KLEIN, A. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 2007.

KLINE, R.B. **Principles and Practice of Structural Equation Modeling**. New York: Guilford Press. 2010.

LOPES, M. T. do R.; SILVA, J. O.; PEREIRA, F. M.; ARAÚJO, R. de S.; CAMARGO, R. C. R. de; VIEIRA-NETO, J. M.; RIBEIRO, V. Q. Atividade de Vôo de

Abelhas Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke, 1910) Instaladas em dois Modelos de Colmeia. 20 p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Meio-Norte, 20p. 2007.

MACÍAS-MACÍAS, J. O.; TAPIA-GONZALEZ, J. M.; CONTRERAS-ESCAREÑO, F. Foraging behavior, environmental parameters and nests development of *Melipona colimana* Ayala (Hymenoptera: Meliponini) in temperate climate of Jalisco, México. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 2, p. 383–387, 2016.

MAIA-SILVA, C. et al. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, v. 46, n. 5, p. 631–643, 2015.

MARDAN, M.; KEVAN, P. G. Original article Critical temperatures for survival of brood and adult workers of the giant honeybee, *Apis dorsata* ( Hymenoptera : Apidae ). **Apidologie**, v. 33, n. 3, p. 295–301, 2002.

MARZINZIG, B. et al. Bee pollinators of faba bean (*Vicia faba* L.) differ in their foraging behaviour and pollination efficien. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 264, n. May, p. 24–33, 2018.

MATOS, V. R.; ASSIS, F. DE. Pollen in honey of *Melipona scutellaris* L . (Hymenoptera: Apidae) in an Atlantic rainforest area in Bahia, Brazil. v. 6122, 2017.

MAUÉS, M. M. Economia e polinização: custos, ameaças e alternativas. In: Rech, A. R. et al. (org.) **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, p. 461-481, 2014.

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

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Editora Nogueirapis. 1997.

NUNES-SILVA, P. et al. Foraging Activity in *Plebeia remota*, a Stingless Bees Species, Is Influenced by the Reproductive State of a Colony. **Psyche**. v. 2010, p. 1-16, 2010.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 140–151, 2010.

OLIVEIRA-ABREU, C. et al. Pollen and nectar foraging by *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in natural habitat. **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 441–448, 2014.

OLIVEIRA, L. F. et al. Influência das variações climáticas na atividade de vôo das abelhas jandairas *Melipona subnitida* Ducke ( Meliponinae ) 1 Influence of climatic variations on the flight activity of the Jandaira bee *Melipona*. **Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 598–603, 2012.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals ? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321–326, 2011.

OYEN, K. J.; DILLON, M. E. Critical thermal limits of bumble bees (*Bombus impatiens*) are marked by stereotypical behaviors and are unchanged by acclimation, age, or feeding status. **The Journal of Experimental Biology**, v. 221, n. 8, 2018.

PADILHA, V. J. C. et al. MODELOS DE CRIAÇÃO DE ABELHAS SEM FERRÃO (*MELIPONA SCUTELLARIS* E *M. QUADRIFASCIATA*) EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA NO LITORAL DO NORDESTE BRASILEIRO. In: **Ciências Ambientais: desafios e perspectivas**. Editora UFPB. 2021. No prelo.

PEDRO, S. R. DE M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 348–354, 2014.

PENEDO, M. C. T., TESTA, P. R. & ZUCOLOTO, F. S. Valor nutritivo do geval e do levedo de cerveja em diferentes misturas com o pólen para *Scaptotrigona* (*Scaptotrigona*) *postica* (Hymenoptera, Apidae). **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 3, p. 536-538, 1976.

PEREBOOM, J. J. M.; BIESMEIJER, J. C. Thermal constraints for stingless bee foragers: the importance of body size and coloration. **Oecologia**, v. 137, n. 1, p. 42–50, 2003.

PICK, R. A.; BLOCHTEIN, B. Atividades de vôo de *Plebeia saiqui* (Holmberg) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) durante o período de postura da rainha e em diapausa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 3, p. 827–839, 2002.

POLATTO, L. P.; CHAUD-NETTO, J.; ALVES-JUNIOR, V. V. Influence of abiotic factors and floral resource availability on daily foraging activity of bees. **Journal of Insect Behavior**, v. 27, n. 5, p. 593-612, 2014.

RAVAIANO, S. V. et al. The antennal sensilla of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera : Apidae : Meliponini): a study of different sexes and castes. **Naturwissenschaften**, v. 101, n. 8, p. 603–611, 2014.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest : How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.

ROSI-DENADAI, C. A. et al. Buzz-pollination in Neotropical bees : genus-dependent frequencies and lack of optimal frequency for pollen release. **Insect Science**, v. 27, n. 1, p. 133–142, 2020.

ROUBIK, D.W. **Ecology and natural history of tropical bees**. New York, Cambridge Univ. Press, 514p. 1989.

RStudio Team (2020). **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

SANTOS, C. F. et al. Diversidade de abelhas-sem-ferrão e seu uso como recurso natural no Brasil: permissões e restrições legais consorciadas a políticas públicas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 1–22, 2021.

SCHORKOPF, D. L. P. et al. Nectar profitability, not empty honey stores, stimulate recruitment and foraging in *Melipona scutellaris* (Apidae, Meliponini). **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 202, n. 9–10, p. 709–722, 2016.

SILVA, P. N. **A organização e a ritmicidade no forrageamento e na enxameação de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

STANLEY, D. A. et al. Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees. **Nature**, v. 528, n. 7583, p. 548–550, 2015.

STANLEY, D. A.; SMITH, K. E.; RAINE, N. E. Bumblebee learning and memory is impaired by chronic exposure to a neonicotinoid pesticide. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 1–10, 2015.

- TAVARES, M. G. et al. Genetic divergence between *Melipona quadrifasciata*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 117, n. 1, p. 111–117, 2013.
- VALLEJO-MARÍN, M. Tansley insight Buzz pollination : studying bee vibrations on flowers. **New Phytologist**, v. 224, n. 3, p. 1068–1074, 2019.
- VANEGELSDORP, D. et al. Colony Collapse Disorder : A Descriptive Study. **PLoS ONE**, v. 4, n. 8, p. 1–17, 2009.
- VENJAKOB, C. et al. Plant diversity increases spatio-temporal niche complementarity in plant-pollinator interactions. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 8, p. 2249–2261, 2016.
- VENTURIERI, G. C.; RAIOL, V. DE F. O.; PEREIRA, C. A. B. AVALIAÇÃO DA INTRODUÇÃO DA CRIAÇÃO RACIONAL DE MELIPONA FASCICULATA ( APIDAE: MELIPONINA), ENTRE OS AGRICULTORES FAMILIARES DE BRAGANÇA - PA, BRASIL. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, p. 1–7, 2003.
- VIANA, A. C. DE M. **Uma Experiência Pedagógica Interdisciplinar**: Implantação de um Núcleo de Estudos em Apicultura no IFS - Campus São Cristóvão. 2010. 79 p. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2010.
- VILLAS-BÔAS, J. **Manual Tecnológico**: Mel de Abelhas sem Ferrão. 1. ed. Brasília, DF: ISPN, 2012.
- WHITEHORN, P. R.; WALLACE, C.; VALLEJO-MARIN, M. Neonicotinoid pesticide limits improvement in buzz pollination by bumblebees. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–9, 2017.
- WINEMILLER, K. O.; PIANKA, E. R. Organization in Natural Assemblages of Desert Lizards and Tropical Fishes. **Ecological Monographs**, v. 60, n. 1, p. 27–55, 1990.
- WU-SMART, J.; SPIVAK, M. Sub-lethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honey bee queen fecundity and colony development. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1–11, 2016.
- ZHOU, J. et al. Exposure risk of local residents to copper near the largest flash copper smelter in China. **Science of the Total Environment**, v. 630, p. 453–461, 2018.