



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

WILLIAN SCHORNOBAY BOCHENSKI

**VARIAÇÃO NA SAZONALIDADE E ESTRATIFICAÇÃO EM UMA ÁREA DE
TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO: INFLUENCIA NO BRILHO E TAMANHO DE
FORMIGAS (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)**

CUIABÁ-MT

2024

WILLIAN SCHORNOBAY BOCHENSKI

**VARIAÇÃO NA SAZONALIDADE E ESTRATIFICAÇÃO EM UMA ÁREA DE
TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO: INFLUENCIA NO BRILHO E TAMANHO DE
FORMIGAS (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade do Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso como requisito para obtenção a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Junqueira Izzo

Coorientador: Dr. Ricardo Eduardo Vicente

CUIABÁ-MT

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B664v Bochenski, Willian Schornobay.
Variação na sazonalidade e estratificação em uma área de transição
amazônia-cerrado: influencia no brilho e tamanho de formigas
(hymenoptera, formicidae) [recurso eletrônico] / Willian Schornobay
Bochenski. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 76 f., il. color., pdf). -- 2024.

Orientador: Thiago Junqueira Izzo.
Coorientador: Ricardo Eduardo Vicente.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação da Biodiversidade, Cuiabá, 2024.
Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.
Inclui bibliografia.

1. adaptações. 2. morfologia. 3. formiga. 4. cor. 5. sazonalidade. I.
Izzo, Thiago Junqueira, *orientador*. II. Vicente, Ricardo Eduardo,
coorientador. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "Variação microclimática em uma área de transição Amazônia-Cerrado: influencia na cor e tamanho de formigas (hymenoptera, formicidae)"

AUTOR: MESTRANDO WILLIAN SCHORNOBAY BOCHENSKI

Dissertação defendida e aprovada em **06 de Março de 2024**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. **Doutor** Thiago Junqueira Izzo (Orientador/Presidente Banca)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

2. **Doutor** Fabricio Beggiato Baccaro (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal do Amazonas

3. **Doutor** Fernando Augusto Schmidt (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal do Acre

4. **Doutor** Chaim José Lasmar (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Lavras

5. **Doutor** Domingos de Jesus Rodrigues (Examinador Suplente)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

Cuiabá - MT, 06 de Março de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Chaim Jose Lasmar, Usuário Externo**, em 13/03/2024, às 10:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **THIAGO JUNQUEIRA IZZO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 13/03/2024, às 18:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabricio Beggato Baccaro, Usuário Externo**, em 27/03/2024, às 14:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Augusto Schmidt, Usuário Externo**, em 28/03/2024, às 15:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6701404** e o código CRC **912C2ECB**.

Dedico esta dissertação à minha
querida vó Joana Darque da Silva
(*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família por todo apoio e força para chegar até aqui, em especial aos meus pais Rosilene Schornobay e Gelson Martins da Silva, e meu irmão José Renato Schornobay Martins. Também não posso deixar de agradecer aos meus avós Nina, Francisco e Darquinha (*in memoriam*) por todo incentivo e orações para estar onde estou hoje.

Ao meu orientador pelo seu comprometimento e tempo dedicados a mim, por toda paciência, compreensão e, principalmente, por sempre ter uma carta na manga para qualquer imprevisto (ele entende bem o que é isso). Agradeço por todas as oportunidades que me proporcionou desde o início do mestrado, incluindo as parcerias (nacionais e internacionais), bolsas, atividades de campo, bem como por me acolher da melhor forma possível em seu laboratório. Sempre serei grato por tudo.

Ao meu grande amigo e coorientador pela segunda vez consecutiva. Agradeço pela paciência e dedicação em mim investido por todos estes anos, as forças e motivações para que eu pudesse hoje estar finalizando o mestrado, aos bons cafés e cervejas compartilhados nestes últimos anos e principalmente as experiências de vida.

Aos meus professores do PPGEGB por todo conhecimento adquirido ao longo das disciplinas. À coordenação, em especial à Nilce, por ser uma pessoa que sempre me orientou da melhor forma possível e esclareceu minhas dúvidas, ao coordenador, Prof. Thadeu, por sempre resolver tudo da melhor forma possível.

Aos meus queridos amigos do Laboratório de Ecologia de Comunidades-LabECom, Camila Volff, Mariana Murça, Leticia Correia, Cris Reis, Rafael Cuissi, Kelley Rita e Paulo Ronald por deixar todos os dias mais leves com boas conversas, risadas e principalmente um bom café.

A todos aqueles que me auxiliaram de alguma forma ao longo do processo de coleta e processamento de material. Foram muitos dias de trabalho árduo no campo, e sem dúvida, sem o apoio dessas pessoas, eu não teria conseguido. Além disso, agradeço imensamente por toda colaboração na triagem do material coletado, uma tarefa desafiadora que levou meses para ser concluída. Graças ao esforço de todos vocês, conseguimos finalizá-la. Sacrificaram muitos sábados e domingos para me ajudar, e por isso, sou imensamente grato. Meu sincero agradecimento vai para

Camila Volff, Mariana Murça, Miriã Souza e Rogerio Santos pela triagem do material, e Seu Maeda, Gabriel, Ivanildo, Milton, Marcos, Reynaldo, Mariana Murça, Giselle, Moises, Ricardo Vicente, Wilson França pela ajuda nos campos e Letícia Correia pela ajuda nas fotografias das formigas.

Ao pessoal que me ajudou a avaliar a cor das formigas, foi cansativo, mas deu tudo certo no final, obrigado Camila Volff, Mariana Murça, Diego Rodrigues, Leticia Correia e Thiago Izzo.

Ao meu amigo Paulo Ronald, por todo o apoio prestado ao longo destes dois anos, por ter me ajudado nos campos, pelos pousos de toda a equipe de campo na casa dos seus pais e principalmente por ter me ajudado a triar todo aquele material, sei que não foi uma tarefa fácil. Sua ajuda foi fundamental para que as coisas ocorressem, obrigado por tudo.

Aos meus amigos de faculdade Gustavo Brito Bortolan, Marry Suelly Ferreira de Jesus e Letícia de Souza Pogalsky por sempre estarem do meu lado.

Aos meus amigos da turma do mestrado Daniel Pinheiro, Gabriel de Mello e Aline Gonçalves, por serem ótimas pessoas e nunca largarem a mão um do outro.

Aos meus amigos que a pós me proporcionou, Miriã Ferraz e Rogério Santos, pessoas que conheci na primeira semana que me mudei para Cuiabá, e que irei levar para o resto da vida, obrigado pelas companhias, conversas, viagens, café e principalmente pelas boas cervejas que já tomamos juntos.

As minhas amigas Nayara Cardoso e Aline Gonçalves, por todas as conversas, risadas, ajudas nos momentos mais difíceis e companheirismos para que estes dois anos fossem leves e divertidos.

Ao prof. Dr. Domingos Rodrigues por ter abertos os caminhos para que eu pudesse desenvolver minha dissertação no Parque Estadual do Xingu.

A SEMA (Secretaria de Estado de Meio Ambiente), pelo apoio financeiro via projeto ARPA (Programa Área Protegidas da Amazônia), e por todo apoio na logística dos campos, em especial aos motoristas Moisés Zappani e Reynaldo Santos.

E por fim, agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de mestrado ao longo destes dois anos.

RESUMO

Entender a distribuição das espécies pelo planeta é crucial para desenvolver táticas de conservação, principalmente em áreas de ecótonos como na transição Amazônia-Cerrado. Devido à sazonalidade marcante neste ecótono, o ambiente funciona como filtro ambiental para as espécies. Assim, apenas espécies adaptadas conseguem forragear em diferentes estações ou estratos. As formigas são excelentes modelos para estudar como esse filtro age na comunidade ao longo das estações, pois os ninhos são estáveis ao longo do ano, os indivíduos ocorrem em vários estratos, e possuem características morfológicas e fisiológicas que lhes permitem ocupar esses microhabitats. Duas características que vão lhes garantir essa resistência a ambientes secos e quentes, são a cor e tamanho. Portanto, para avaliar como é o padrão de distribuição das formigas presentes no solo e vegetação ao longo de duas estações (seca e chuvosa) e como isso influencia os tamanhos e cores das formigas, foram feitas coletas das formigas no Parque Estadual do Xingu-MT, uma área de ecótono. As formigas foram coletadas na estação seca e na estação chuvosa usando armadilhas do tipo pitfall para solo e vegetação. Foram feitas as medições de tamanho e cor (brilho) das espécies coletadas em ambas as estações e estratos. No total, foram registradas 2.659 ocorrências de formigas, distribuídas em 237 espécies, 53 gêneros e 8 subfamílias. Observamos que, de forma geral, a riqueza de espécies de formigas é maior na época seca, principalmente no solo. O componente que mais contribui para a diversidade beta é a substituição de espécies (turnover). Porém, isso não é estável temporalmente, mostrando que na época chuvosa formigas típicas do solo sobem a vegetação contribuindo para um aninhamento. Encontramos também formigas maiores na vegetação e menores no solo, além de indivíduos mais escuros na vegetação na estação seca. Esses achados ajudam a entender como a diversidade de formigas se comporta perante aos filtros ambientais em áreas de transição Amazônia-Cerrado.

Palavras-chaves: Adaptações; Morfologia; Formigas; Cor; Sazonalidade; Estratificação.

ABSTRACT

Understanding the distribution of species across the planet is crucial for developing conservation tactics, especially in ecotone areas such as the Amazon-Cerrado transition. Due to the marked seasonality in this ecotone, the environment functions as a filter for species. Thus, only adapted species can forage in different seasons or strata. Ants serve as excellent models for studying how this filter affects the community throughout the seasons, as their nests remain stable year-round, individuals occur in various strata, and they possess morphological and physiological characteristics enabling them to occupy these microhabitats. Two characteristics ensuring resistance to dry and hot environments are color and size. Therefore, to evaluate the distribution pattern of ants in soil and vegetation over two seasons (dry and rainy) and how this influences ant sizes and colors, ants were collected in the Xingu State Park-MT, an ecotone area. Ants were collected in both seasons using pitfall traps for soil and vegetation. Size and color (brightness) measurements were taken of the species collected in both stations and strata. In total, 2,659 occurrences of ants were recorded, distributed across 237 species, 53 genera, and 8 subfamilies. We observed that, generally, richness is greater in the dry season, especially in the soil. The component contributing most to beta diversity is species replacement (turnover). However, this is not temporally stable, as during the rainy season, ground ants typically climb vegetation, contributing to nesting. We also found larger ants in the vegetation and smaller ones in the soil, as well as darker individuals in the vegetation during the dry season. These findings help to understand how ant diversity behaves in response to environmental filters in Amazon-Cerrado transition areas.

Keywords: Adaptations; Morphology; Ants; Color; Seasonality; Stratification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1-** Mapa do local de estudo, mostrando os pontos onde foram feitas as coletas e uma imagem de satélite da estrutura de vegetação do Parque Estadual do Xingu (PEX). Fonte: Souza, M.F (2024)6
- Figura 2-** Tipos de armadilhas utilizadas para coletas de formigas no Parque Estadual do Xingu-MT. (A) Pitfall de solo; (B) Pitfall arborícola.....7
- Figura 3.** Figuras esquemáticas demonstrando o processo de comparação estatística da análise entre os componentes da diversidade. Fonte: Próprio autor.....11
- Figura 4-** Riqueza de formigas entre estação (azul=chuva, vermelho=seca), nos estratos do solo da vegetação.....13
- Figura 5-** Solução de NMDS em dois eixos da composição de formigas entre estratos e estações no Parque Estadual do Xingu, MT, Brasil. Os símbolos redondos representam o estrato solo e os triangulares a vegetação.....15
- Figura 6-** Contribuições dos componentes da diversidade beta dentro das estações em comparação com os estratos pareados (A); entre os estratos em comparação com as estações (B) e a época chuvosa e seca em comparação com os estratos (solo-vegetação e vegetação-solo) (C). Pontos pretos representam os outliers.....16
- Figura 7-** Tamanho médio ponderado pela abundância local (CWM) das formigas por estrato (solo e vegetação) e estação (seca e chuvosa)17
- Figura 8-** Variação da média do brilho da cutícula das formigas entre estratos (solo e vegetação) e estação (chuvosa e seca). Neste boxplot brilho se refere a cor das formigas.....19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Dados das variáveis ambientais filtradas de setembro de 2023 e fevereiro de 2024 disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação meteorológica em São José do Xingu-MT. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/ . Acesso em 25 de março de 2024.....	5
Tabela 2. Análise de PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance) de comparação pareada entre estratos e estação no Parque Estadual do Xingu, MT, Brasil.....	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
2.1 Área de estudo.....	17
2.2 Amostragem de formigas.....	18
2.3 Mensuração de tamanho das formigas.....	20
2.4 Avaliação do brilho da cutícula das formigas.....	21
2.5 Análises estatísticas.....	21
3 RESULTADOS.....	25
3.1 Padrões de riqueza.....	27
3.2 Composição das espécies de formigas.....	29
3.3 Contribuição da diversidade beta entre estratos e estações.....	30
3.4 Características das espécies entre estações e estratos.....	32
4 DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Compreender a distribuição das espécies e como esse processo é filtrado por variáveis bióticas e abióticas está entre as questões e objetivos fundamentais dentro da ecologia (SUTHERLAND *et al.*, 2009; SUTHERLAND *et al.*, 2012). Ecólogos não têm medido esforços para alcançar esta resposta em diversos ecossistemas, porém não é uma tarefa simples. Esse desafio surge porque não é somente um fator que vem a influenciar a distribuição de uma espécie, mas sim vários fatores agindo sobre a distribuição das espécies de forma sinérgica, antagônica ou neutra (DJORDJEVIĆ; TSIFTSIS, 2022; HENRIQUES-SILVA *et al.*, 2013; PLATTS *et al.*, 2019). Desta forma é necessário elucidar padrões e processos determinantes da diversidade sob diversas condições, a fim de prover estratégias claras e funcionais para a conservação das espécies.

A compreensão destes padrões e processos se torna de suma importância em áreas de ecótonos, como a transição Amazônia-Cerrado (TAC), a maior área de ecótono do mundo, com uma extensão que ultrapassa 6.000 km (MARQUES *et al.*, 2020; TORELLO-RAVENTOS *et al.*, 2013). Esta área de contato entre a Floresta Pluvial Amazônica e o Cerrado é uma área que se caracteriza por ter cobertura vegetal típica das duas fitofisionomias distribuída espacialmente em manchas e uma sazonalidade muito marcante, com estações bem definidas de época seca (com alta amplitude de temperatura e incidência solar) e chuvosa (com temperaturas mais amenas) (RATTER, 1992; ZAPPI *et al.*, 2016). O ecótono Amazônia-Cerrado apresenta uma complexidade biológica, que não se resume apenas a uma combinação de espécies típicas das duas fitofisionomias, mas sim pela criação de um ecossistema dinâmico com altas taxas de mortalidade e rotatividade de espécies vegetais além de possuir várias espécies endêmicas e uma grande lacuna de conhecimento a respeito da fauna e flora (MARIMON *et al.*, 2014; MORANDI *et al.*, 2016; MARQUES *et al.*, 2020). Dada a extensão e suas particularidades, pode-se dizer que o ecótono é um ambiente com características únicas, abrigando alta diversidade biológica em múltiplas escalas e com uma grande biodiversidade a ser estudada.

As características climáticas agindo sinergicamente com a estrutura vegetal destas áreas de transição agem como filtros ambientais para espécies, especialmente aquelas mais sensíveis às variações microclimáticas (DA CRUZ *et al.*, 2021; DE ARRUDA *et al.*, 2021). Estes filtros fazem com que a composição de espécies varie no tempo e no espaço, contribuindo para os padrões de diversidade beta. Estes padrões podem ser particionados em substituição de espécies (*turnover*) ou o aninhamento de espécies (*nestedness*) (BASELGA, 2010; HARRISON *et al.*, 1992). Devido a ação de filtros ambientais climáticos ou pela variação da disponibilidade de recursos entre períodos, podemos então observar a substituição de espécies por outras (QIAN *et al.*, 2005). Por outro lado, os filtros ambientais, especialmente as variações microclimáticas, podem agir somente em parcelas específicas da comunidade em determinados períodos, favorecendo apenas espécies mais adaptadas. Neste caso o padrão aninhado é observado, onde em um período do ano onde os filtros são mais intensos, apenas algumas espécies conseguem sobreviver e se reproduzir, enquanto em momentos de relaxamento desses filtros, teremos uma comunidade com todas estas espécies (BASELGA, 2012).

Nada é mais apropriado do que testar essa variação nos padrões de diversidade em função de filtros ambientais com um dos insetos mais abundantes nos ecossistemas tropicais, as formigas. Elas são sensíveis à temperatura, são encontradas em todos os estratos de uma fitofisionomia, desde subterrâneas até a copa das árvores, e possuem uma alta diversidade de cores e tamanhos (IDEC *et al.*, 2023; SOSIAK; BARDEN, 2020). As formigas, insetos ectotérmicos, abrange atualmente cerca de 16.698 espécies (BOLTON, 2024). São responsáveis por diversos papéis no meio ambiente, como controle de pragas, polinização, ciclagem e decomposição de nutrientes, promovem a bioturbação do solo e também dispersão de sementes (ALMEIDA; QUEIROZ, 2015; DÁTTILO *et al.*, 2009; ELIZALDE *et al.*, 2020; LEAL; LEAL; ANDERSEN, 2015; RIBAS *et al.*, 2012). Além da eussocialidade e variação comportamental que trazem fantásticas capacidades adaptativas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990), há também características morfológicas que as permitem ocupar microhabitats diversos, dentre as quais podemos destacar a variação no tamanho e nas cores dos indivíduos.

O tamanho de formigas está intimamente relacionado a perda de água, onde em ambientes secos e quentes esse é um traço fundamental, pois organismos maiores tendem a perder menos água e manter a temperatura ideal por mais tempo (EDNEY, 1957; LAW, *et al.*, 2020). Já a coloração, particularmente o quão escuras são, está relacionada a proteção contra dessecação, termorregulação e, principalmente, a filtragem de raios ultravioletas nocivos aos indivíduos (BISHOP *et al.*, 2016; KASPARI *et al.*, 2015; LAW *et al.*, 2020). Logo, a coloração e tamanho estão relacionados de forma sinérgica para proporcionar as formigas condições apropriadas de sobrevivência e reprodução, particularmente em ambientes quentes e secos.

A ação de filtros ambientais limitando a ocorrência de espécies de formigas em uma dada comunidade é evidente nos padrões de distribuição diferencial nos estratos verticais das florestas (LONGINO; NADKARNI, 1990; OLIVEIRA-SANTOS *et al.*, 2022). Do subsolo até o extremo da copa das árvores, há uma ampla variação na amplitude térmica e na radiação solar (ZIMMERMAN *et al.*, 2007). Como habitat, o solo tende a ser muito mais estável e úmido, tamponando a variação atmosférica em termos de temperatura, umidade e radiação solar, quando comparado à vegetação (KASPARI *et al.*, 2015). É esperado, então, que as espécies de vegetação apresentam adaptações fisiológicas, comportamentais e morfológicas específicas, como maior tamanho, predominância de coloração escura e epicutícula cerosa (BISHOP *et al.*, 2016, YANOVIK; KASPARI, 2000), o que não é necessário para ocupação do solo. Em contrapartida, dada as variações sazonais, esperamos que a diversidade de formigas apresenta um padrão temporalmente aninhado, onde uma parcela de espécies particularmente na vegetação, que possuem adaptações específicas para tolerância térmica e contra dissecação, conseguem forragear ao longo de todo o ano. Mas como os filtros ambientais agem em comunidades de formigas de regiões de transição, onde o pool regional de espécies apresenta espécies de ambas as fitofisionomias?

Meu objetivo nesta dissertação é entender os padrões de distribuição das formigas presentes no solo e na vegetação em uma área de transição Amazônia-Cerrado comparando estações (época seca e chuvosa). Para tanto, irei responder as seguintes perguntas: 1) Existe diferença na riqueza de formigas de solo e vegetação e ela se mantém entre estações de seca e cheia? 2) As formigas presentes na estação

seca são um subconjunto de formigas presente na estação chuvosa? e 3) Esse subconjunto é formado por formigas maiores e mais escuras? Se sim, 4) este mesmo padrão é observado entre solo e vegetação?

Para a minha primeira pergunta espero que a riqueza seja menor na estação seca, pois é uma época do ano em que os recursos são escassos, criando então uma restrição de forrageamento de certas espécies de formigas (QUEIROZ *et al.*, 2022). Também na estação seca a temperatura média é maior, com menor umidade, mais dias de sol e mais incidência de raios solares UV, todos fatores que agem como filtros ecológicos reduzindo o forrageamento de espécies (BISHOP *et al.*, 2016; GUAN *et al.*, 2015; RESTREPO-COUBE *et al.*, 2013). Minha segunda previsão é que a diferença entre variáveis ambientais restringe o forrageamento de certas espécies na estação seca, sendo a comunidade da estação seca um subconjunto das espécies presentes na época chuvosa, formando um padrão aninhado temporalmente. Mesmo que as colônias sejam estáveis entre as estações, apenas as espécies que encontram condições apropriadas irão forragear, enquanto outras restringem seu forrageamento apenas para épocas específicas. Como na estação seca temos um ambiente mais quente, as formigas precisam ter adaptações morfológicas e fisiológicas para sobrevivência nestes ambientes. Duas características morfológicas associadas a adaptações contra variações climáticas são: tamanho e a cor das operárias. Portanto, como minha terceira e quarta previsão, espero que estas características sejam diferentes entre formigas de solo e de vegetação nas diferentes estações. Esperamos que na vegetação em ambas as estações tenhamos formigas maiores e mais escuras (adaptadas a forragear constantemente em ambiente com maior exposição à radiação solar e, conseqüentemente, maior temperatura). Já as formigas de solo apresentarão maior variação e tenderão a serem menores e com cores intermediárias á mais claras, principalmente na época chuvosa, pois as copas das árvores tendem a fracionar a radiação solar que chega até o solo, então as formigas não são tão afetadas pelo calor.

2 MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido no Parque Estadual do Xingu (daqui adiante dominado PEX) localizado na parte nordeste do estado de Mato Grosso, na cidade de Santa Cruz do Xingu, divisa com o estado do Pará (Fig.1). A região encontra-se no Bioma Amazônia (sensu IBGE), em uma área de transição ecológica de Amazônia-Cerrado, possuindo áreas com vegetações do tipo Floresta estacional, Cerrados, Campinaranas, Matas ciliares, Matas de galeria e Floresta ombrófila (CÓRDOVA *et al.*, 2021). Por ser uma transição, possui uma sazonalidade marcante, com épocas secas bem definidas de maio a outubro (precipitação mensal tendendo a quase 0 mm) e chuvosas de novembro a abril (precipitação mensal de 200 a 450 mm, com vários dias de chuva) (IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2008). Dados recentes extraídos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) mais próxima do PEX, localizada na cidade de São José do Xingu-MT (-52,372500, -10,484167) demonstrou variação significativa entre precipitação, temperatura e radiação solar. Infelizmente o INMET não possui dados anteriores a 09/2022 e 02/2023, logo foram obtidos dados equivalentes dos meses de setembro de 2023, representando a estação seca e fevereiro de 2024, estação chuvosa (Tabela 1).

Tabela 1-Dados das variáveis ambientais filtradas de setembro de 2023 e fevereiro de 2024 disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação meteorológica em São José do Xingu-MT. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em 25 de março de 2024.

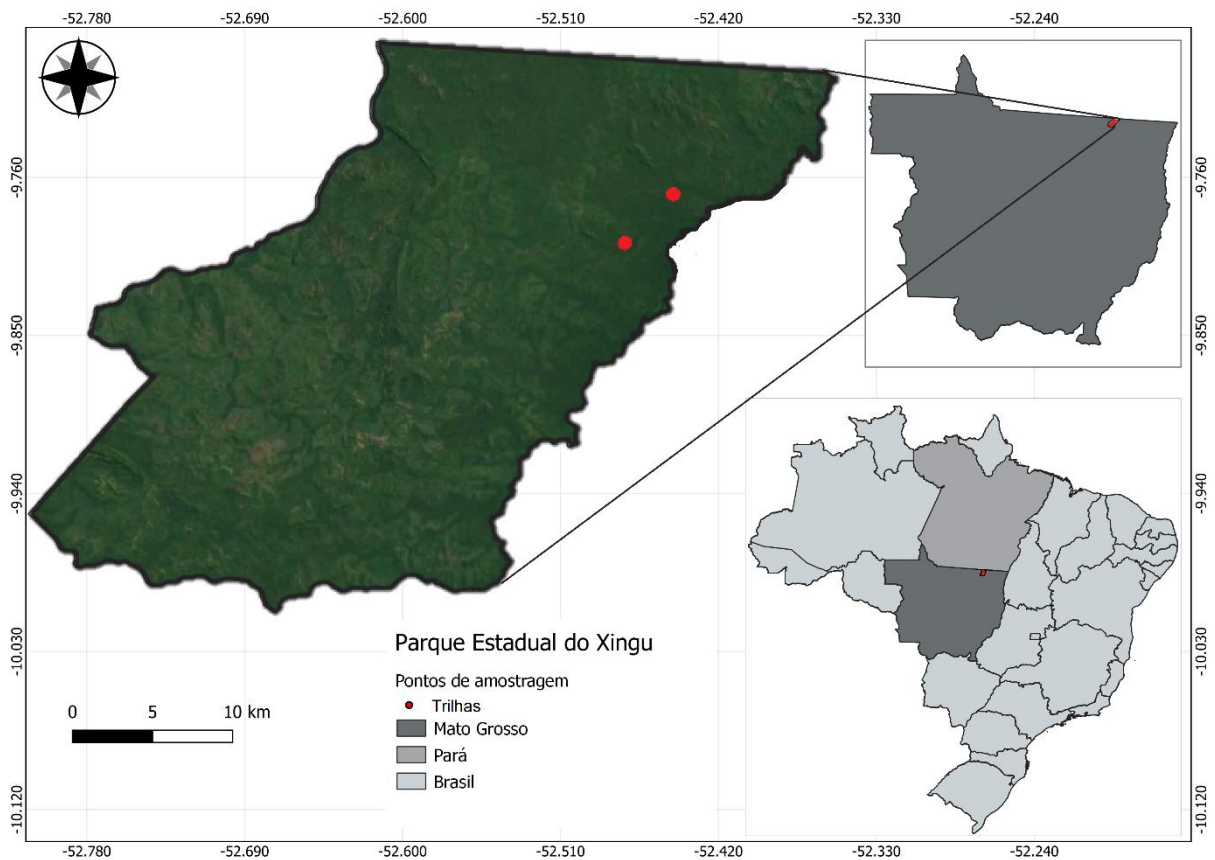
	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	Radiação (KJ/m ²)	Chuva (mm)
Setembro	29,17	27,24	1587,54	67,6
Fevereiro	26,78	25,53	1404,94	406,8
Diferença em (%)	8,19%	6,27%	11,50%	502%

Temp.: temperatura; Máx.: máxima; Mín.: mínima; °C: graus celsius; KJ/M²: quilojoules por metro quadrado; mm: milímetros.

A abertura de dossel obtida em campo para todos os locais de amostragem caiu de 88,00% (variando de 85,86 - 90,86%) na estação chuvosa para 86,11% (variando de 81,06 - 90,26%) na estação seca. Esta queda de 2,15%, somada aos parâmetros climáticos descritos acima, nos mostram que na época seca temos dias

mais quentes, com maior radiação solar, e principalmente com esta radiação penetrando na floresta através das aberturas do dossel, portanto, há uma maior radiação e consequentemente uma maior temperatura no sub-dossel da floresta.

Figura 1-Mapa do local de estudo, mostrando os pontos onde foram feitas as coletas e uma imagem de satélite da estrutura de vegetação do Parque Estadual do Xingu (PEX).



Fonte: Souza, M.F (2024).

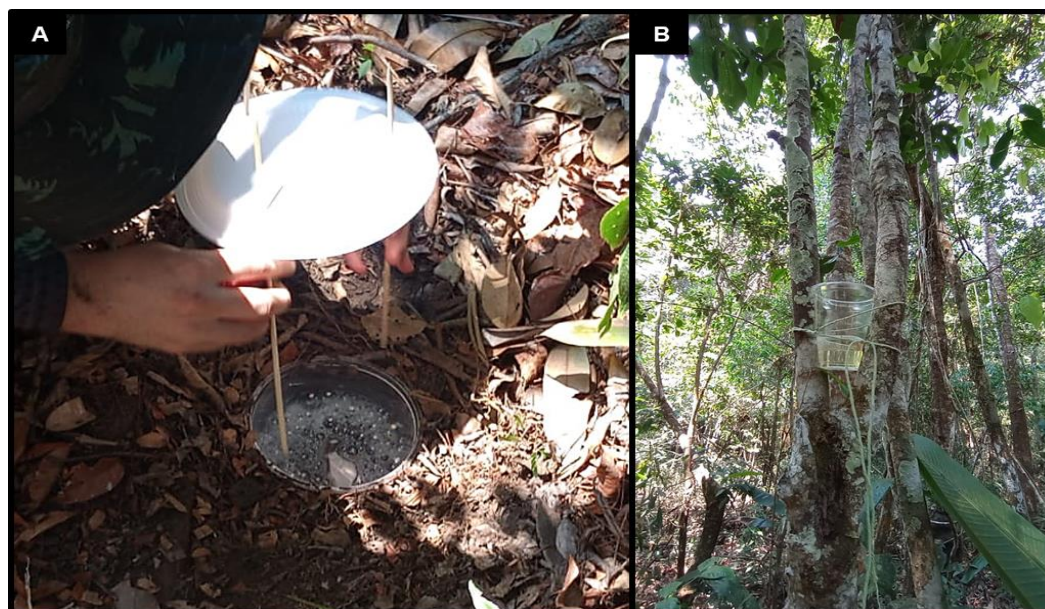
2.2 Amostragem de formigas

Foram realizadas coletas em setembro de 2022 (época seca), e em fevereiro de 2023 (época chuvosa). As amostragens foram padronizadas utilizando o método RAPELD, conforme proposto pelo Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio - <http://ppbio.inpa.gov.br>). A amostragem foi feita em duas trilhas principais com distância de 5 km uma da outra (Fig 1). Na primeira trilha (9°46'43"S, 52°24'60"O) foram traçadas três parcelas de 250 metros equidistantes 1 km, já na segunda

(9°48'15"S, 52°26'38"O) foram feitas 7 parcelas com mesma distância, totalizando 10 parcelas.

Em cada parcela foi instalado um pitfall de solo e um pitfall arborícola a cada 25 metros totalizando 20 amostras por parcela (10 de solo e 10 de vegetação) e 200 amostras no total (100 de solo e 100 de vegetação). Para o pitfall de solo, foi instalado um pote de 500ml com 1/3 de água com algumas gotas de detergente para quebrar a tensão superficial da água, esse método é amplamente usado para estimar a composição de espécies ativas que vivem no solo em uma determinada área (BESTELMEYER *et al.*, 2000). Foi utilizada uma cobertura plástica para impedir a entrada de detritos ou chuva (Fig. 2-A). Já o pitfall arborícola consistiu em um copo de 350 ml atado em uma árvore viva do sub-bosque a cerca de 1,5 metros de altura. Neste pitfall foi colocado solução de água com urina (3/1), isca altamente atrativa para formigas arborícolas (POWELL *et al.*, 2011) e algumas gotas de detergente (Fig. 2-B). Ambas as armadilhas permaneceram instaladas em campo por 48 horas, só depois disso era recolhido todo o material coletado e acondicionado em álcool 99%.

Figura 2. Tipos de armadilhas utilizadas para coletas de formigas no Parque Estadual do Xingu-MT. (A) Pitfall de solo; (B) Pitfall arborícola.



Fonte: Próprio autor

Todo material foi transportado para o Laboratório de Ecologia de Comunidades - LabECom, localizado na Universidade Federal do Estado de Mato Grosso - UFMT, Cuiabá. Os espécimes foram triados e as formigas identificadas até o nível de gênero utilizando a chave dicotômica Baccaro *et al.* (2015). Após essa separação inicial, os gêneros foram morfotipados em comparação com coleção de referência, e alguns gêneros foram identificados a nível de espécie pelo Drº Ricardo E. Vicente, utilizando chaves dicotômicas (e.g.: ALBUQUERQUE; BRANDÃO, 2014; CAMACHO *et al.*, 2022; DIAS; LATTKE, 2021; FEITOSA; PRADO-ACHIARDI, 2019; GUERRERO, 2019; MACKAY; MACKAY, 2019; PALACIO, E. E. 2019; FERNANDEZ; GUERRERO, 2019; FERNANDEZ; SERNA, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2021; TROYA; LATTKE, 2022; ULYSSÉA; BRANDÃO, 2021; WILD, 2015). A identidade das espécies de *Megalomyrmex* foram confirmadas pela especialista Drª. Livia P. Prado. As identificações serão confirmadas enviando *vouchers* dos exemplares para o taxonomista Dr. Rodrigo Feitosa, do Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas da Universidade Federal do Paraná (UFPR) para validar as identificações a nível de espécie e identificar as espécies que ainda estão separadas em morfotipos.

2.3 Mensurações de tamanho das formigas

As formigas foram fotografadas utilizando uma lupa Leica EZ4HD acoplada a um computador, usando o aplicativo LAZ EZ (Leica Application Suite version 3.4.0). Todas as fotos foram calibradas utilizando uma escala de tamanho conhecido. Com isso, foi possível mensurar o comprimento de Weber, que é medido em vista lateral da margem ântero-dorsal do pronoto até a margem posteroventral do mesossoma (ALMEIDA *et al.*, 2023; PARR *et al.*, 2017). O comprimento de Weber é uma medida utilizada como proxy do tamanho corporal total dos indivíduos de formigas (WEBER, 1938) e associada a diversos parâmetros relativos à fisiologia e metabolismo das formigas (PARR *et al.*, 2017), como termorregulação. O programa usado para mensuração do comprimento do Weber foi o ImageJ (<<http://imagej.nih.gov/ij>>). Para este traço funcional, foi medido de um a seis indivíduos de operária menor por espécie de diferentes colônias, conforme a disponibilidade. Seis indivíduos por espécies é o número recomendado para se ter uma média precisa da variação intraespecífica entre operárias menores (GAUDARD *et al.*, 2019). Foram feitas três medidas por indivíduo e tirada uma média, depois tirado uma média geral para cada espécie.

2.4 Avaliação do brilho da cutícula das formigas

Para fazer a mensuração do brilho da cutícula das formigas a partir da coloração de seu tegumento foi utilizado a paleta de cor proposta por Parr *et al* (2017) (Anexo 1). Com o auxílio da paleta, as cores foram classificadas categoricamente a olho nú comparando com a paleta. Optamos por mensurar somente a cor da cabeça, uma vez que a cabeça é o órgão mais exposto a radiação solar, e tende a representar uma grande proporção da área irradiada (KLUNK *et al.*, 2022). Focamos em mensurar somente a cor da cutícula, ignorando qualquer pelo ou detrito que estivesse presente na cabeça. Registramos então a cor dominante da cabeça de cada espécie de formiga. Como esta medida é subjetiva, podendo a interpretação variar entre observadores, as medidas foram realizadas por 6 pessoas que registraram a cor de forma independente, totalizando seis mensurações de cor por observador, seguindo o mesmo protocolo cada. Ao final calculamos a média (já convertido como será explicado adiante) entre os observadores para cada espécie para ser usado nos testes estatísticos.

Após a definição da cor de cada formiga pelos 6 observadores, seguimos a metodologia proposta por Parr *et al.* (2017) e modificada de Law *et al.* (2020) para converter as cores em variáveis numéricas. Fizemos a mensuração dos valores RGB (vermelho, verde e azul) de cada cor da paleta utilizando o programa ImageJ. Com os valores obtidos, empregamos a função 'rgb2hsv' do pacote grDevices no programa R para converter os valores RGB em valores HSV (matiz, saturação e valor). Na escala HSV, a matiz (H) descreve o comprimento de onda dominante, a saturação (S) indica a quantidade de matiz presente na cor, e o valor (V) representa a quantidade de luz na cor (chamado aqui de brilho), variando de 0 a 1. Neste espectro, o valor 0 representa um tom extremo escuro, enquanto 1 representa um tom extremo claro. Para o nosso estudo, utilizamos apenas o valor (V) do espaço de cor HSV.

2.5 Análises estatísticas

Em cada parcela, a soma das 10 unidades amostrais por método e por estação foram considerados como réplicas obtendo 4 pontos amostrais por parcela (1-arborícola/chuvosa; 2-arborícola/seca; 3-solo/chuvosa; 4-solo/seca). Primeiro para avaliar se a riqueza de espécies de formigas varia entre estações, usamos um Modelo

Linear Generalizado Misto (GLMM) utilizando o pacote glmTMB (BROOKS *et al.*, 2017), empregando distribuição de erro Poisson e a parcela foi usada como fator randômico. Foram feitas análises separadas para solo e vegetação. O modelo foi descrito como *modelo<-glmmTMB(Riqueza~Estação+(1|Parcela), family= "poisson")*. Neste modelo a estação (chuvosa ou seca) foi empregada como variável explicativa, e a riqueza como a variável resposta.

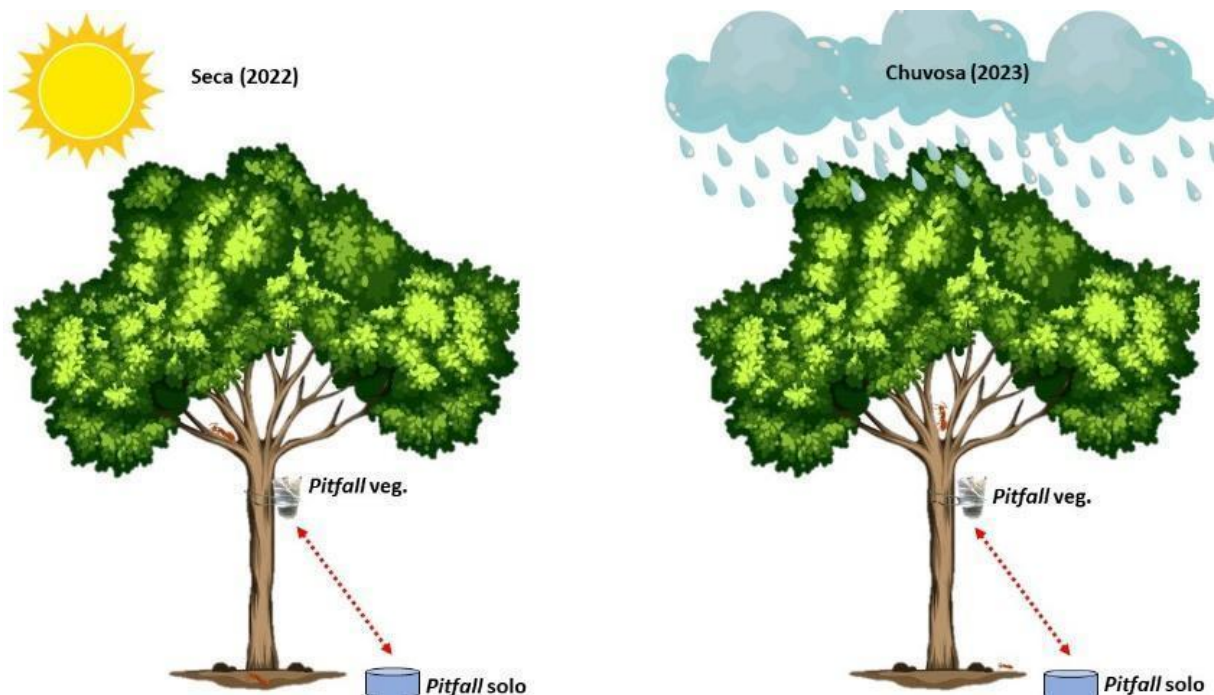
Para se acessar o particionamento da diversidade beta espaço-temporal das formigas, criamos uma matriz de dissimilaridade usando Sørensen a partir da planilha de dados qualitativos. A partir dessa matriz, calculamos a porcentagem da dissimilaridade explicada pela substituição de espécies entre pontos amostrais (*turnover*), ou variação no aninhamento (*nestedness-resultant*) utilizando a função *beta.pair* do pacote Betapart (BASELGA *et al.*, 2018). Adicionalmente, fizemos uma análise de Escalonamento Multidimensional não métrica (nMDS), resumindo a matriz total de dissimilaridade de Sørensen em 2 eixos. Estes eixos foram plotados para visualização dos padrões. Posteriormente, testamos a robustez dos diferentes grupos formados pelo nMDS através de uma comparação par-a-par por parcelas usando análise de PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance) com 999 randomizações, usando a função *pairwise.adonis2*.

Para uma análise mais robusta entre os componentes da diversidade, assumindo que os ninhos de formigas são relativamente estáveis e não migram ou se extinguem localmente entre nossas coletas, calculamos então o beta espaço-temporal e particionamos em seus componentes para cada comparação (estratos e estações). A partir desses valores, comparamos substituição de espécies e o aninhamento para cada parcela dentro dos estratos e entre estações de maneira pareada por parcela. Para isso, fizemos um GLMM usando o modelo *beta estrato<-glmmTMB(Valor de beta~Diversidade*estação+(1|parcela), Family="beta")*. Depois fizemos uma comparação entre as estações, usando o modelo *beta estação<-glmmTMB(Valor de beta~Diversidade*estrato+(1|parcela), Family="beta")*, e por último comparamos o beta entre a estação chuvosa e seca e comparamos entre os estratos, usando o modelo *beta cruzado<-glmmTMB (Valor de beta~Diversidade*estrato+(1|parcela), Family="beta")*. Neste modelo os parâmetros “*Diversidade*” são os valores dos dois componentes da biodiversidade separados

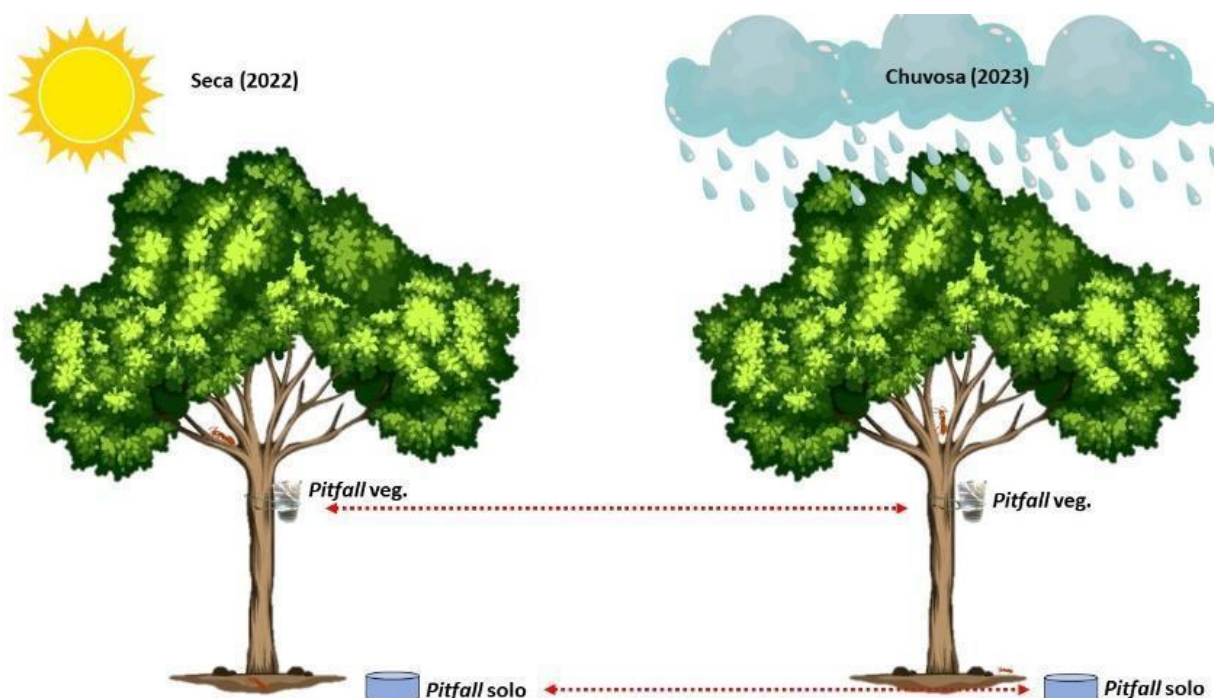
(aninhamento e substituição de espécie) e “*estação*” representa estação seca ou chuvosa e “*estrato*” representa solo ou vegetação, e por último usamos família beta por se encaixar melhor na distribuição dos dados, onde a variável resposta está restrita de um intervalo de (0,1). O fator randômico é as parcelas. Para simplificar melhor essas análises, foram elaboradas três figuras esquemáticas para representá-las (Fig. 3).

Figura 3. Figuras esquemáticas demonstrando o processo de comparação estatística da análise entre os componentes da diversidade. Fonte: Próprio autor.

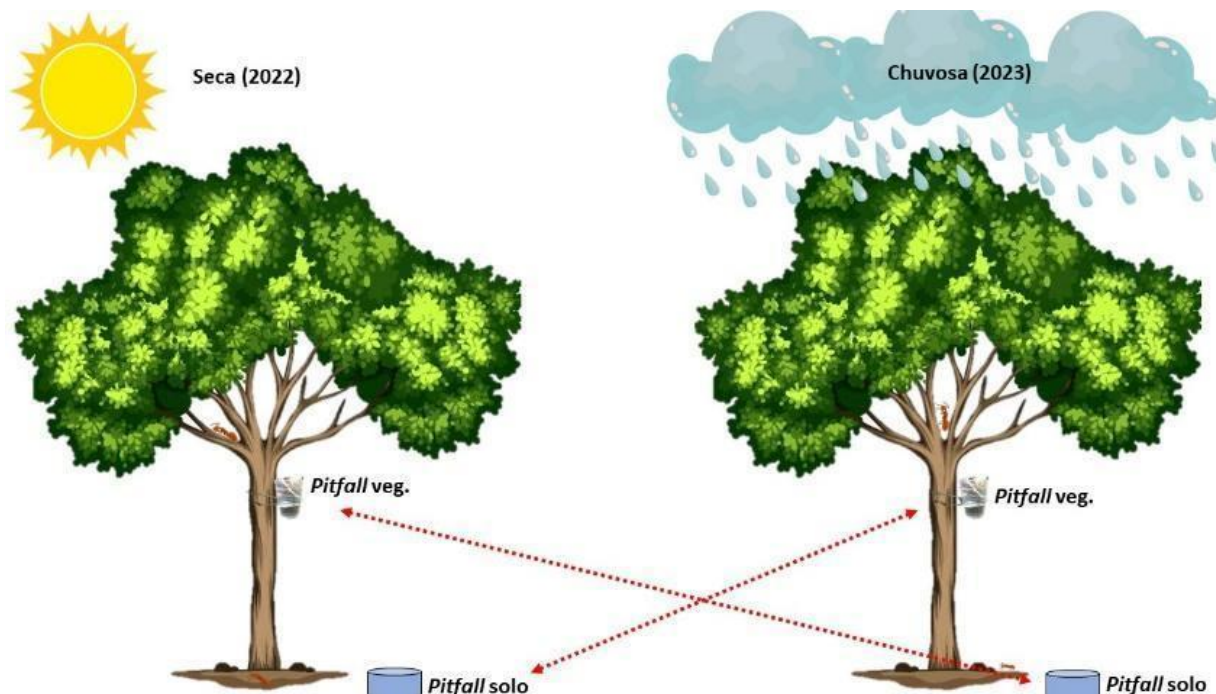
- 1) Para o 1º modelo estatístico $A \sim \text{glmmTMB}(\text{Valor de } \beta \sim \text{Diversidade} * \text{estação} + (1 | \text{parcela}), \text{Family} = "beta")$, fizemos a comparação entre os pitfall (solo e vegetação) para cada estação (seca e chuvosa).



- 2) Para o 2º modelo estatístico $B \sim \text{glmmTMB}(\text{Valor de } \beta \sim \text{Diversidade} * \text{estrato} + (1 | \text{parcela}), \text{Family} = "beta")$, fizemos a comparação dos mesmos pitfall (solo e vegetação) entre as estações.



- 3) Para a 3ª e último modelo $C \sim \text{glmmTMB}(\text{Valor de beta} \sim \text{Diversidade} * \text{estrato} + (1 | \text{parcela}), \text{Family} = "beta")$, fizemos uma comparação cruzada entre os pitfall e estações.



Por último, foram calculadas as médias ponderadas considerando as frequências de ocorrência de cada espécie para cada parcela para o tamanho e o brilho das espécies presentes em cada parcela. Para sabermos se o tamanho e a cor dos indivíduos variam entre estrato e estação, executamos um GLMM, usando como família Gaussian para tamanho e família Beta para a cor. Para ambas as variáveis descritoras da comunidade (brilho e tamanho médio), usamos o modelo $X \sim \text{glmmTMB}(\text{tamanho} \sim \text{estação} * \text{estrato} + (1 | \text{parcela}), \text{family} = "gaussian \text{ ou } beta")$. Todas as análises de GLMM, sua distribuição foi ajustada para o modelo de erro adequado e a superdispersão (*overdispersion*) avaliada utilizando o pacote DHARMA (HARTIG, 2022). As análises estatísticas foram conduzidas no programa R (versão 4.3.2, R Core Team, 2024) e os gráficos foram gerados usando o pacote ggplot2 (WICKHAM *et al.*, 2016).

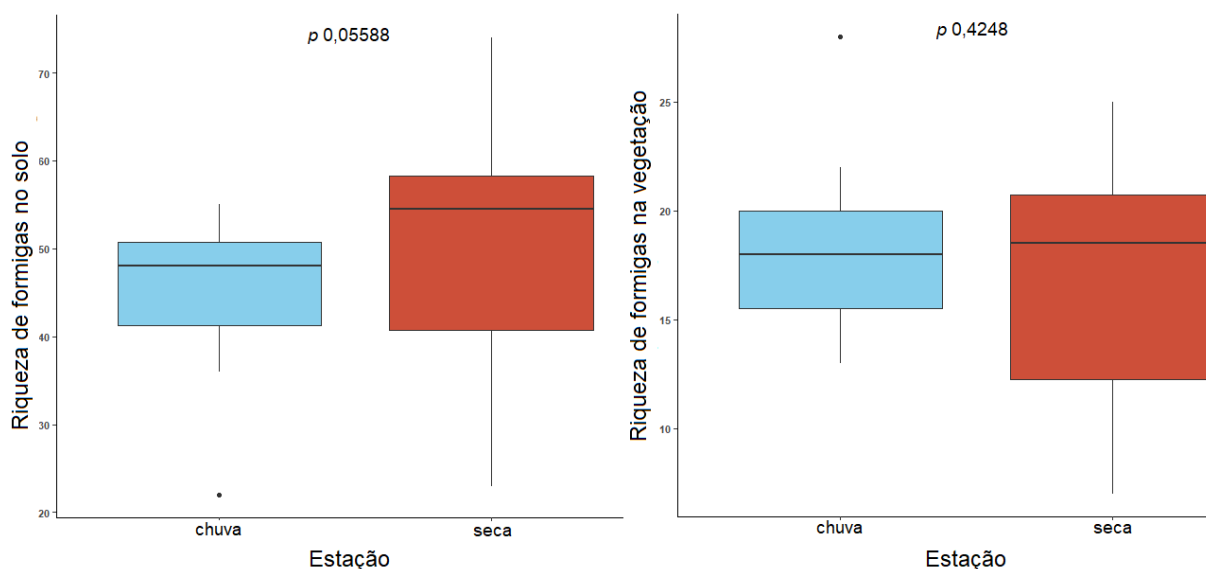
3 RESULTADOS

3.1 Padrões de riqueza

Amostramos um total de 2.659 ocorrências de formigas de 237 espécies, pertencentes a 53 gêneros e oito subfamílias. Os gêneros com maior riqueza foram *Pheidole* (25 spp), *Crematogaster* (20 spp), *Camponotus* (18 spp) e *Solenopsis* (13 spp). Quando avaliamos por estação, tivemos 85 espécies exclusivas da época seca, 32 da época chuvosa e 120 ocorrendo em ambas as estações. Quanto aos estratos verticais, tivemos no total 135 espécies exclusivas de solo, 33 de vegetação, e 69 espécies que forrageiam em ambos os estratos.

No geral, amostramos mais espécies de formigas no solo ($n = 204$) do que na vegetação ($n = 102$). Identificamos uma diferença na riqueza de formigas por parcela entre estações, especificamente nas formigas de solo, onde elas tendem a ser mais diferentes (GLMM $Z_{1,19} = 1,91$, $p = 0,056$), porém não observamos diferenças na riqueza de formigas de vegetação entre as estações (GLMM $Z_{1,19} = -0,798$, $p = 0,425$) (Fig. 4).

Figura 4- Riqueza de formigas entre estação (azul=chuva, vermelho=seca), nos estratos do solo da vegetação.



Fonte: Próprio autor

As espécies mais frequentes que ocorreram em ambas as estações foram *Ectatomma lugens* (136 ocorrências, 34%), *Neoponera verenae* (109, 27,25%), *Pheidole* sp5 (103, 25,75%), *Pachycondyla harpax* (98, 24,5%), *Pheidole* sp1 (94, 23,5%), *Pachycondyla crassinoda* (89, 22,25%), *Crematogaster carinata* (84, 21%),

Dolichoderus imitator (81, 20,25%), *Camponotus aff indicatus* (62, 15,5%) e *Ectatomma tuberculatum* (61, 15,25%). As espécies mais frequentes apenas na estação seca foram *Dolichoderus bispinosus*, *Dolichoderus decollatus*, *Pseudomyrmex* sp5 (oito ocorrências cada, 4% cada), *Camponotus rectangularis*, *Pseudomyrmex* sp2 (sete cada, 3,5% cada), *Acropyga* sp1, *Hypoponera* sp3 (seis cada, 3% cada), *Cephalotes pusillus* (cinco, 2,5%), *Hypoconera aff schmalzi* (cinco), *Pseudomyrmex* sp3 (cinco). Já na estação chuvosa as espécies mais frequentes foram *Cyphomyrmex* sp.n.A (10 ocorrências, 5%), *Nylanderia* sp7 (oito, 4%), *Carebara urichi*, *Pseudoponera* sp2 (cinco cada, 2,5% cada), *Paratrachymyrmex* sp2 (quatro, 2%), *Pheidole* sp26 (três, 1,5%), *Acropyga* sp6, *Brachymyrmex* sp6, *Cyphomyrmex* sp.n.aff.G, *Megalomyrmex incisus* (dois cada, 1% cada).

Independente da estação, as espécies mais frequentes em ambos os estratos foram *Pheidole* sp5 (103 ocorrências, 25,75%), *Pachycondyla harpax* (98, 24,5%), *Pheidole* sp1 (94, 23,5%), *Pachycondyla crassinoda* (89, 22,25%), *Crematogaster carinata* (84, 21%), *Dolichoderus imitator* (81, 20,25%), *Camponotus aff indicatus* (62, 15,5%), *Ectatomma tuberculatum* (61, 15,25%), *Ectatomma edentatum* (59, 14,75%) e *Nylanderia* sp3 (59, 14,75%). Mesmo ocorrendo no solo e na vegetação, as quatro espécies mais frequentes em ambos estratos tendem a ocorrer preferencialmente no solo, com mais de 80% dos registros neste estrato. As espécies exclusivas mais frequentes no solo foram *Ectatomma lugens* (136, 68%), *Neoponera verenae* (109, 54,5%), *Nylanderia* sp1 (42, 21%), *Pheidole* sp3 (34, 17%), *Pheidole* sp15 (28, 14%), *Nylanderia* sp2 (24, 12%), *Apterostigma auriculatum* (19, 9,5%), *Odontomachus opaciventris* (19), *Neoponera apicalis* (18, 9%), *Megalomyrmex ayri* (17, 8,5%). Já na vegetação, as espécies exclusivas mais frequentes foram *Crematogaster erecta*, *Pseudomyrmex* sp2 (sete cada, 3,5% cada), *Camponotus burtoni*, *Camponotus* PEX1 (quatro cada, 2% cada), *Dolichoderus bidens*, *Pheidole* sp26 (três cada, 1,5% cada), *Camponotus claviger*, *Camponotus pittieri*, *Neoponera globularia* e *Neoponera striatinodis* (duas cada, 1% cada).

3.2 Composição das espécies de formigas

A composição de formigas diferiu entre estratos (solo e vegetação) e entre estações (seca e chuvosa) (Fig. 5). O particionamento da biodiversidade de formigas demonstrou que a dissimilaridade entre pontos amostrais se deu principalmente pela

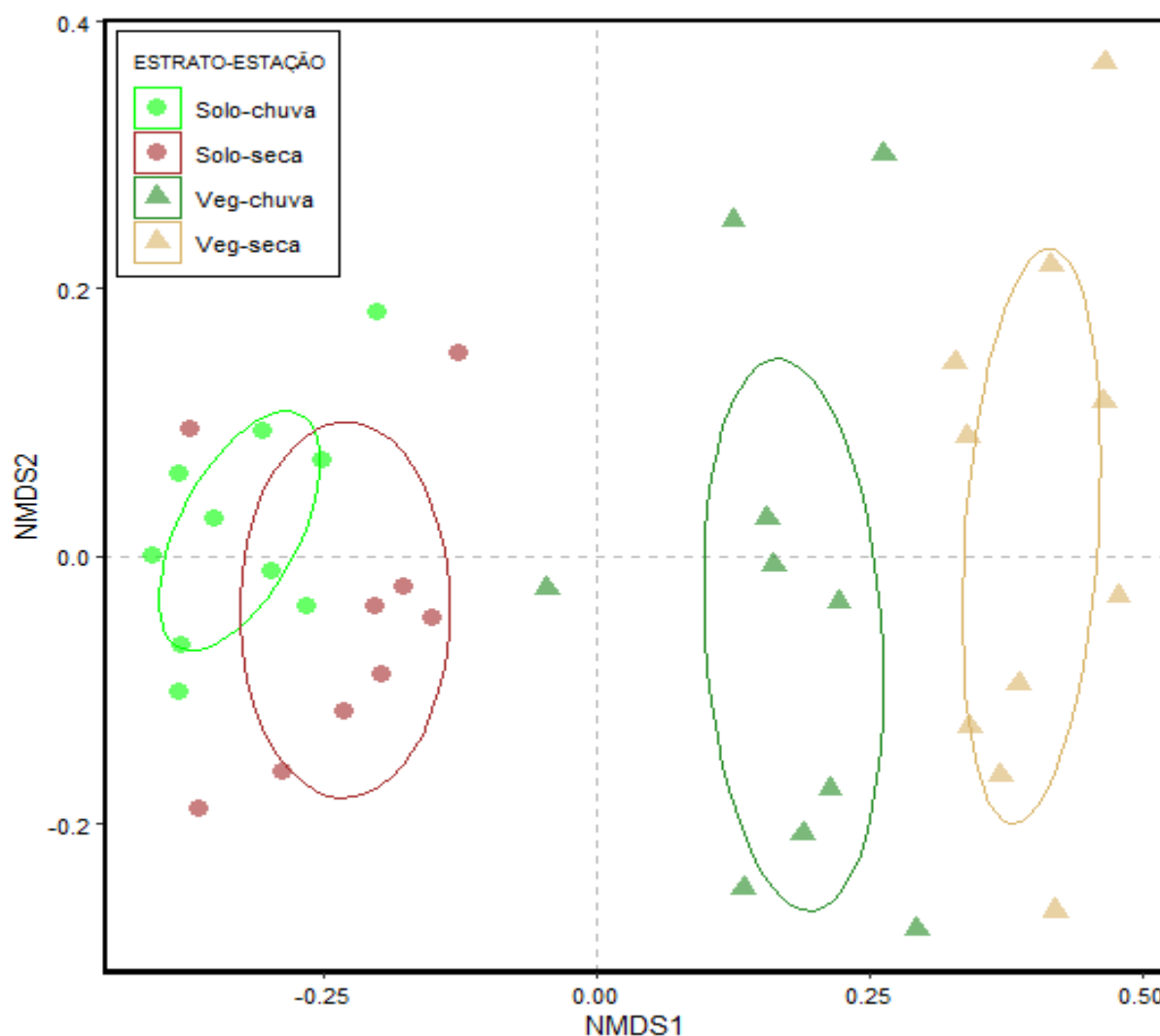
substituição de espécies, explicando 81,30% da diversidade beta, de forma que o aninhamento foi responsável em apenas 18,70%. Em comparação pareada, foi possível observar que todos os estratos e estações foram diferentes entre si (Tabela 2).

Tabela 2. Sumário dos resultados de Análises de PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance) pareada entre estratos e estação no Parque Estadual do Xingu, MT, Brasil.

Fator	df	SS	R²	Pseudo F	p
Solo-chuva X Solo-seca	1	0.2849	0.09606	1.9128	0.008
residual	18	2.6810	0.90394		
total	19	2.9659	1.00000		
Solo-chuva X Vegetação-chuva	1	1.5642	0.35333	9.8351	<0.001
residual	18	2.8628	0.64667		
total	19	4.4270	1.00000		
Solo-chuva X Vegetação-seca	1	2.4491	0.4527	14.889	<0.001
residual	18	2.9608	0.5473		
total	19	5.4099	1.0000		
Solo-seca X Vegetação-chuva	1	1.2834	0.28371	7.1296	<0.001
residual	18	3.2402	0.71629		
total	19	4.5236	1.00000		
Solo-seca X Vegetação-seca	1	1.8613	0.35797	10.036	<0.001
residual	18	3.3382	0.64203		
total	19	5.1995	1.00000		
Vegetação-chuva X Vegetação-seca	1	0.5780	0.14104	2.9555	<0.001
residual	18	3.5200	0.85896		
total	19	4.0979	1.00000		

df são os graus de liberdade da amostra, *SS* é a SumOfSqs que é a soma dos quadrados, *R²* é o coeficiente de determinação, já o valor de *p* foi obtido através das 999 permutações.

Figura 5- Solução de NMDS em dois eixos da composição de formigas entre estratos e estações no Parque Estadual do Xingu, MT, Brasil. Os símbolos redondos representam o estrato solo e os triangulares a vegetação.



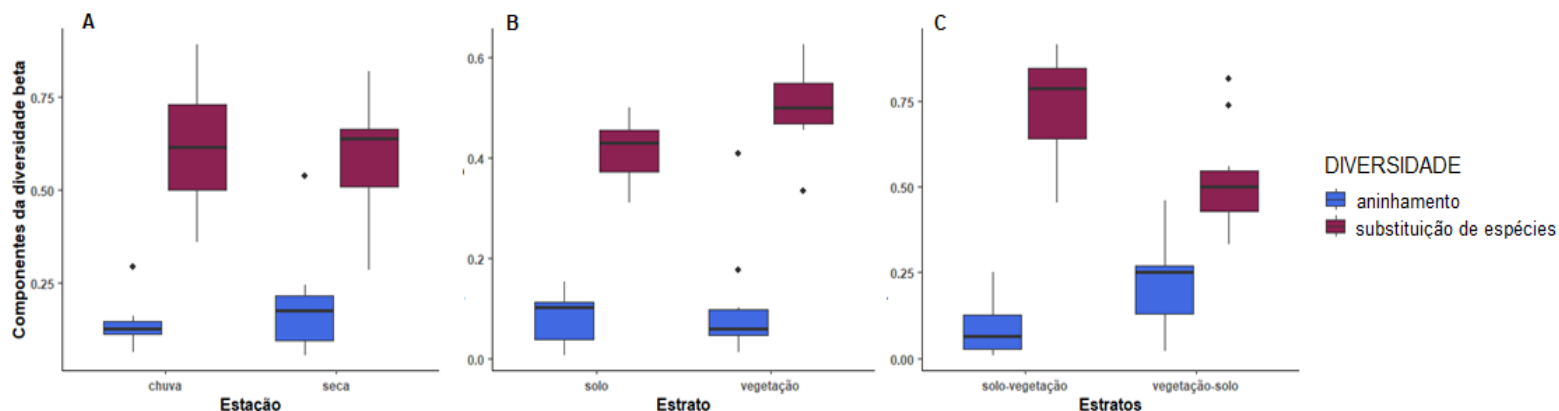
Fonte: Próprio autor

3.3 Contribuição da diversidade beta entre estratos e estações

Quando avaliamos os componentes da diversidade beta, observamos que os componentes de substituição de espécies (*turnover*) é sempre significativamente maior, tanto para a comparação entre estratos quanto entre estações (Fig. 6-A, B; GLMM $Z_{1,39} = 7.266$, $P < 0.001$). Não observamos diferenças na composição entre estações (GLMM $Z_{1,39} = 0.657$, $P = 0.934$; GLMM $Z_{1,39} = 8.325$, $P < 0.001$), e não houve interação entre os fatores (GLMM $Z_{1,39} = -0.784$, $P = 0.433$). O mesmo padrão é observado quando analisamos os mesmos estratos entre as estações (ex. solo da época seca com o solo na época chuvosa), onde não houve diferença entre os

estratos (GLMM $Z_{1,39} = 0.567$, $P = 0.077$) e também não houve interação entre os fatores (GLMM $Z_{1,39} = -0.421$, $P = 0.673$). Quando comparamos a composição de formigas dos estratos de forma cruzada, na época chuvosa com na época seca, também não observamos diferenças entre estratos (GLMM $Z_{1,39} = 2.293$, $P = 0.327$). Porém, surpreendentemente, mesmo a substituição de espécies continue sendo o maior componente da diversidade Beta total (GLMM $Z_{1,39} = 8.939$, $P < 0.001$) é nítido que a composição de formigas de vegetação na época chuvosa se apresenta significativamente mais aninhada na composição do solo na época seca (Fig. 6-C) o que é evidenciado pela interação (GLMM $Z_{1,39} = -3.474$, $P < 0.001$). Isto sugere que uma parcela da comunidade espécies de formigas de solo forrageiam na vegetação na época chuvosa, mas não na seca, onde a diferença entre os estratos é prioritariamente determinada pela substituição de espécies.

Figura 6 - Contribuições dos componentes da diversidade beta dentro das estações em comparação com os estratos pareados (A); entre os estratos em comparação com as estações (B) e a época chuvosa e seca em comparação com os estratos (solo-vegetação e vegetação-solo) (C). Pontos pretos representam os outliers.



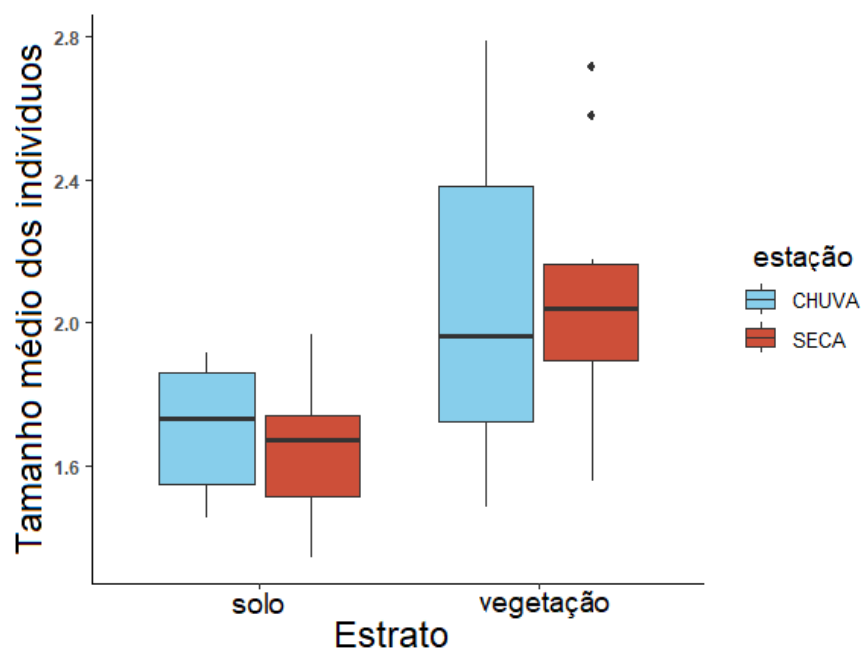
Fonte: Próprio autor

3.4 Características das espécies entre estações e estratos

O tamanho da média ponderada das espécies compoendo a assembleia local de formigas variou de 1,341 mm a 2,785 mm. Não observamos diferença no tamanho das formigas entre estações (GLMM $Z_{1,39} = -0.449$, $P = 0.936$). De fato, as comunidades da época seca possuem um tamanho médio de 2,087 mm ($\pm 0,345$ desvio padrão), enquanto as da época chuvosa têm um tamanho médio de 2,048 mm

($\pm 0,438$ desvio padrão) (Fig. 7). No entanto as formigas de vegetação são em média maiores (GLMM $Z_{1,39} = 3.055$, $P < 0.001$). Não houve interação entre a estação do ano e o estrato (GLMM $Z_{1,39} = 0.555$, $P = 0.579$).

Figura 7- Tamanho médio ponderado pela abundância local (CWM) das formigas por estrato (solo e vegetação) e estação (seca e chuvosa).

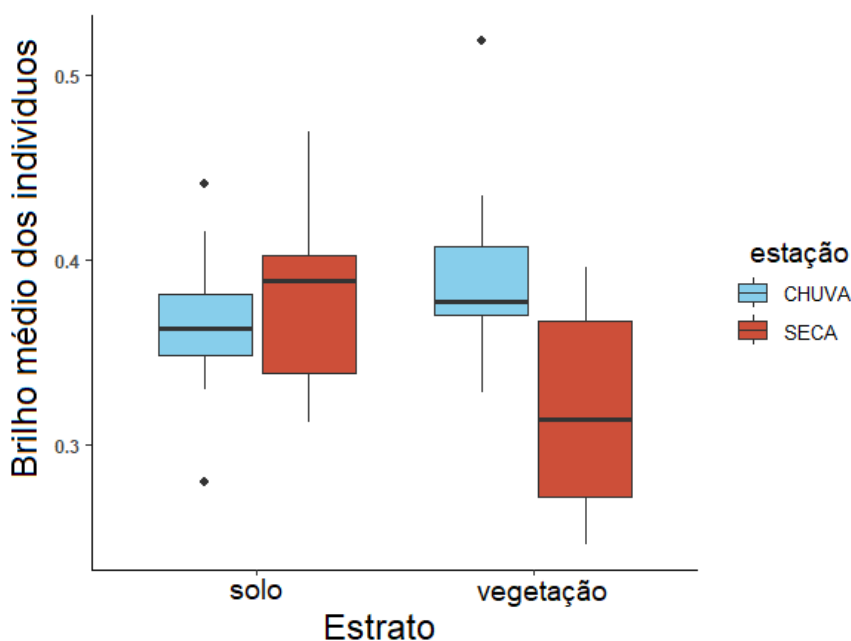


Fonte: Próprio autor

O brilho médio da cutícula das formigas por parcela variou de 0,245 a 0,518. Observamos que as formigas da vegetação durante a estação chuvosa foram nitidamente mais claras 0,391 ($\pm 0,055$ desvio padrão), enquanto as de vegetação na estação seca foram mais escuras 0,319 ($\pm 0,054$ desvio padrão). Por outro lado, as formigas de solo não apresentaram diferença entre a estação seca 0,381 ($\pm 0,049$ desvio padrão) e a chuvosa 0,365 ($\pm 0,044$ desvio padrão). Estas diferenças na brilho da cutícula não diferiram entre estratos (GLMM $Z_{1,39} = 1.243$, $P = 0.215$) mas tendem a ser maior na estação seca (GLMM $Z_{1,39} = 0.780$, $P = 0.057$). Além disso, foi detectada uma forte interação entre os dois fatores (GLMM $Z_{1,39} = -3.037$, $P = 0.002$), indicando então que a brilho das formigas de solo não varia entre estações, mas formigas de vegetação são nitidamente mais escuras apenas na época seca (Fig. 8). Quando analisamos individualmente as espécies que contribuem para o brilho médio na vegetação, notamos que muitas formigas, típicas do solo ou com grande frequência de ocorrência no solo entre as estações, como algumas espécies

do gênero *Pheidole* e *Solenopsis*, bem como espécies como *Wasmannia auropunctata*, *Crematogaster limata* e *Dolichoderus imitator*, além de outras espécies, totalizando 276 registros, forrageiam na vegetação. Estas formigas oriundas do solo apresentam uma média ponderada de 0,3978, propiciando um deslocamento da média para um maior brilho na comunidade da vegetação. Este forrageamento de formigas de solo na vegetação está quase totalmente restrito à estação chuvosa, de forma que na estação seca apenas as espécies quase exclusivas (ou típicas) de vegetação são encontradas nesse estrato.

Figura 8- Variação da média do brilho da cutícula das formigas entre estratos (solo e vegetação) e estação (chuvosa e seca). Neste boxplot brilho se refere a cor das formigas.



Fonte: Próprio autor

4 DISCUSSÃO

Nosso estudo demonstra como a variação de sazonalidade e estratificação vertical interagem para moldar a assembleia de formigas presentes numa área de transição Amazônia-Cerrado. Ao contrário do esperado, observamos um número maior de espécies na estação seca, particularmente no solo, por ser o habitat original das formigas, era esperado o maior número de espécies ocupando o solo (BRÜHL; GUNSALAM; LINSENMAIR, 1998). Além disso, a composição de formigas

apresentou alta substituição de espécies entre estratos e entre estações. Porém, observamos uma maior contribuição do aninhamento quando comparamos a assembleia de formigas de solo da estação seca com a assembleia de formigas de vegetação da estação chuvosa. Isso implica que a típica estratificação observada entre a comunidade de solo e de vegetação, observada em diversos estudos (ALMEIDA *et al.*, 2023; BRÜHL; GUNSALAM; LEAHY *et al.*, 2024; DE ARRUDA *et al.*, 2021; LINSENMAIR, 1998; OLIVEIRA; SCHEFFERS, 2018; VASCONCELOS; VILHENA, 2006), aparentemente não é completamente estável sazonalmente, podendo ser causada pela perda de espécies, não apenas substituição. Isto pode ser explicado pelo afrouxamento sazonal na compartimentalização de espécies de formigas entre os estratos, pois observamos que na estação chuvosa uma parcela das espécies de formigas amostradas no solo forrageia na vegetação. Este grupo de espécies está eventualmente ausente na vegetação na estação seca e embora apresente tamanho similar a formigas típicas de vegetação, apresentam uma coloração mais clara, o que sugere um afrouxamento sazonal está relacionado a filtragem ecológica.

Foi notória a diferença entre estratos e estações, tanto no número de espécies quanto na identidade das principais espécies que ocupam esses estratos. Formigas de solo e de vegetação tendem a ter uma organização totalmente diferente, possuindo funções e restrições fisiológicas diferentes. Formigas de vegetação tendem a sofrer mais pressão de fatores climáticos em relação às de solo, pois na vegetação essas formigas estão expostas a temperaturas mais altas, maior incidência de raios UV-B e mais suscetíveis a dessecação (KASPARI *et al.*, 2015) o que faz com que as formigas procurem micro habitats mais sombreados e ricos em matéria orgânica (BATTIROLA *et al.*, 2007) que consequentemente retém mais umidade. Na vegetação a comunidade de formigas obtém alta disponibilidade de líquidos açucarados para alimentação, provenientes de nectários extraflorais e de gotas açucaradas (“*honeydew*”) de hemípteras que se alimentam das seivas de árvores (CAMPOS; CAMACHO, 2014; DAVIDSON *et al.*, 2003; GUINDANI *et al.*, 2017; MARQUES *et al.*, 2015). Porém, a disponibilidade de proteína e sais é baixa para formigas arborícolas (KASPARI *et al.*, 2008; KASPARI; YANOVIK, 2001). Em contrapartida, formigas de solo tendem a viver em um ambiente que recebe pouca ou nenhuma incidência de luz direta, estão sujeitas a temperaturas mais estáveis e amenas, e tem alta

disponibilidade de proteína visto seus papéis de predadoras a necrófagos (AZEVEDO FILHO *et al.*, 2023; SILVESTRE; SILVA, 2001). De fato, diversos autores consideram que a estratificação na composição é mantida tanto por adaptações fisiológicas as diferenças microclimáticas quanto pelas adaptações comportamentais e fisiológicas ao hábito alimentar predominante das comunidades de cada estrato (BASSET *et al.*, 2003, DE ARRUDA *et al.*, 2021; OLIVEIRA-SANTOS *et al.*, 2022).

A variação na disponibilidade de recursos e as variações microclimáticas extremas observadas entre as estações do ano são as principais hipóteses para a maior contribuição da substituição de espécies entre estações (DE ARRUDA *et al.*, 2021; OLIVEIRA-SANTOS *et al.*, 2022). De maneira geral, espera-se uma clara diferenciação das espécies presente no solo e na vegetação (ALMEIDA *et al.*, 2023; BASSET *et al.*, 2003; DE ARRUDA *et al.*, 2021; KASPARI; YANOVIK, 2001). De fato, neste estudo observamos que a substituição de espécies explica a maior parte da dissimilaridade na composição de espécies em todos os casos. No entanto, o cenário se modifica quando avaliamos de forma cruzada a diversidade de formigas no solo na estação seca com a diversidade de formigas na vegetação na época chuvosa. Observamos que uma parcela da comunidade de formigas típicas de solo migra para a vegetação na época chuvosa, contribuindo para o aninhamento das comunidades. Isso indica que os fatores que determinam a diversidade beta entre estratos não são estáveis temporalmente. O deslocamento de formigas típicas de solo para vegetação só é observado na época chuvosa, o que sugere um relaxamento na temperatura, aliado com a competição com outras espécies e, principalmente, a limitação de recursos. Na época chuvosa, notoriamente, há mais dias nublados, as árvores têm mais folhas sendo então a luminosidade incidente no sub-bosque menor. Esta hipótese é sustentada pelo padrão médio de tamanho e o brilho destes indivíduos.

Como esperado, observamos diferenças no tamanho dos indivíduos entre a comunidade de solo e a de vegetação, e esta diferença foi estável entre estações. O tamanho das operárias está intimamente relacionado com o metabolismo das formigas, sendo possivelmente selecionado pelas variações microclimáticas presente nas florestas (BAUDIER *et al.*, 2015). O dossel registra uma temperatura máxima e uma variação maior do que o solo das florestas, pois recebe diretamente uma maior incidência solar, a qual é absorvida pelas folhas e galhos, como resultado, há uma

menor quantidade de calor que chega até o solo. Formigas de dossel criam restrições térmicas de forrageamento para que não possam superaquecer e dessecar nas árvores, pois nas copas essas temperaturas podem chegar a 50 °C (KASPARI *et al.*, 2015; SPICER *et al.*, 2017). Mesmo que nosso trabalho não tenha acessado formigas presentes nos dosséis, mas sim no sub-bosque, pudemos ver que as formigas que forrageiam neste estrato apresentam maior tamanho, o que podem estar relacionados com as maiores temperaturas do sub-bosque em comparação com formigas epigéicas. O fato de formigas maiores estarem presentes na vegetação, como também observado em outros trabalhos (ALMEIDA *et al.*, 2023; LAW *et al.*, 2020; YANOVIK; KASPARI, 2000), é explicada pela relação área-superficial e volume, onde indivíduos maiores terão mais vantagens em ambientes secos e expostos a ventos por perderem menos água, embora esse processo dependa mais da área superficial do que do volume, a temperatura final de equilíbrio ocorre de forma mais rápida em indivíduos maiores (EDNEY, 1957; HADLEY *et al.*, 1989; LAW *et al.*, 2020). Portanto indivíduos maiores são mais aptos a viver em condições mais extremas de calor, sendo isso uma característica metabólica típica desses indivíduos (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990, p.370).

Encontramos também formigas mais escuras presentes na vegetação, principalmente na época seca. Além do tamanho, o escurecimento da cutícula é outra adaptação morfológica que insetos possuem para resistência a dessecação, termorregulação e principalmente proteção UV-B, como demonstrado por vários autores e diferentes táxons (BISHOP *et al.*, 2016; KALMUS, 1941; LAW *et al.*, 2020; LOPEZ *et al.*, 2021; PEREBOOM; BIESMEIJER, 2003). Formigas com cutículas mais escuras possuem vantagens devido à baixa permeabilidade da cutícula aliado a melanina (HADLEY *et al.*, 1989; KALMUS, 1941), sendo então vantajoso essa característica para que não percam água em ambientes secos, e principalmente mais quentes. Outro ponto importante a se destacar é a proteção contra raios ultravioletas, a alta exposição a esse tipo de radiação pode ocasionar efeitos deletérios sobre a expectativa de vida e reprodução destes animais (WANG *et al.*, 2008). Portanto, animais mais escuros com altos níveis de melanina possuem vantagens em ambientes com grande irradiação UV-B (BISHOP *et al.*, 2016), tornando esse tipo de radiação um filtro ambiental na seleção de espécies que conseguem forragear na vegetação. Porém, quando analisamos a brilhosidade média das formigas na

vegetação na época chuvosa, vimos que este parâmetro quase se iguala com as formigas presentes no solo. É importante se fazer notar que, por se tratar de uma floresta de transição com vários tipos de vegetação, no pool regional de espécies pode ser encontradas formigas típicas e adaptadas a ambientes abertos, como áreas savânicas, assim como formigas de áreas mais fechadas, como áreas densamente florestadas (PRZYBYSZEWSKI *et al.*, 2022; VICENTE; FERRAZ; IZZO, 2021; VICENTE; PRADO; IZZO 2016). A ocupação de ambientes florestados locais a partir de espécies do pool regional é filtrada por parâmetros climáticos e biológicos (RICKLEFS, 2010). Na época chuvosa, além de haver mais dias nublados, todas as árvores retêm as folhas tornando o sub-bosque mais escuro e reduzindo a entrada de radiação ultravioleta. Isso implica em um relaxamento desta pressão exercida por este filtro microclimático na estação chuvosa. Em vista disso, e dados nossos resultados, sugerimos que há uma quebra dos filtros ambientais sazonalmente na estação chuvosa, permitindo formigas mais claras ocupar a vegetação.

É importante notar que, apesar de uma parcela da comunidade de solo acessar a vegetação na época seca, estas formigas não causam uma mudança no tamanho médio da comunidade. De fato, o tamanho médio das espécies componentes não varia em função da sazonalidade em nenhum dos estratos, contrariando nossa hipótese inicial. Essa estabilidade no tamanho médio entre estações sugere que a filtragem exercida pela temperatura atua independente da sazonalidade em ambos os estratos. Porém, não podemos descartar que o fato de apenas formigas grandes de solo terem a capacidade de acessar a vegetação na época chuvosa pode ser devido a limitação fisiológica e de mobilidade de formigas pequenas em acessarem e forragearem na vegetação (ALMEIDA *et al.*, 2023; BAUDIER *et al.*, 2015; KASPARI *et al.*, 2015). Também, filtros biológicos podem estar agindo conjuntamente com os filtros físicos, pois formigas de tamanho pequeno podem apresentar desvantagem em competição/agressividade com formigas maiores, de vegetação (MOTTTL *et al.*, 2021). Estas filtragens climática/física e biológica não são auto excludentes, de forma que em futuros estudos devem elucidar quais os determinantes dos padrões sazonais de substituição de espécies entre estratos.

5 CONCLUSÃO

Podemos concluir então que há diferença na riqueza de formigas, e principalmente diferença na composição entre estações e estratos. E a maior parte da diferença é composta pela substituição de espécies e não aninhamento. Esta substituição de espécies forrageando em diferentes estratos está associada a comunidades abrigo espécies com média de tamanho menor no solo e maior na vegetação. A troca sazonal de espécies na comunidade de formigas de solo não está associada ao brilho médio das comunidades, mas as espécies de formigas de vegetação são mais escuras na época seca. A contribuição do aninhamento da diferença entre comunidades apenas se torna mais relevante quando comparamos a composição da vegetação na época chuvosa e do solo na época seca, quando formigas de tamanho grande e de cor mais clara (maior brilho) oriundas do solo, acessam o sub dossel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. Z. D., & BRANDÃO, C. R. F. (2014). Revisão taxonômica e análise filogenética do grupo rimosus de *Cyphomyrmex* (Hymenoptera, Formicidae, Attini). Tese de doutorado (Universidade de São Paulo).

ALMEIDA, F. S.; QUEIROZ, J. M. Formigas poneromorfas como engenheiras de ecossistemas: impactos sobre a biologia, estrutura e fertilidade dos solos. As formigas poneromorfas do Brasil, p. 437-446, 2015.

ALMEIDA, R. P. S. *et al.* The role of morphological traits in predicting the functional ecology of arboreal and ground ants in the Cerrado–Amazon transition. *Oecologia*, v. 201, n. 1, p. 199-212, 2023.

AZEVEDO FILHO, W. S. *et al.* Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de importância forense ocorrentes em carcaça suína (*Sus scrofa*) no município de Bento Gonçalves, RS. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 12, n. 1, p. 87-92, 2023.

BACCARO, F.B, FEITOSA, R.M, FERNÁNDEZ, F., FERNANDES, I.O & *et al*, 2015. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Manaus: Editora INPA, 388p.

BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global ecology and biogeography*, v. 19, n. 1, p. 134-143, 2010.

BASELGA, A. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology and Biogeography*, v. 21, n. 12, p. 1223-1232, 2012.

BASELGA, A. *et al.* Betapart: Partitioning beta diversity into turnover and nestedness components. R package version, v. 1, n. 1, 2018.

BASSET, Y. *et al.* Vertical stratification of arthropod assemblages. *Arthropods of tropical forests*, p. 17-27, 2003.

BATTIROLA, L. D. *et al.* Comunidade de artrópodes associada à copa de *Attalea phalerata* Mart.(Arecaceae) durante o período de cheia no Pantanal de Poconé, MT. *Neotropical Entomology*, 36, 640-651, 2007.

BAUDIER, K. M. *et al.* Microhabitat and body size effects on heat tolerance: implications for responses to climate change (army ants: Formicidae, *Ecitoninae*). *Journal of Animal Ecology*, v. 84, n. 5, p. 1322-1330, 2015.

BESTELMEYER, B. T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L. E.; BRANDÃO, C. R. F.; BROWN JR., W. L.; DELABIE, J. H. C. and SILVESTRE, R. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: An overview, description, and evaluation. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. and SCHULTZ, T. R. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. 1 ed. Smithsonian Institution Press, 2000. P. 122-144.

BISHOP, T. R. *et al.* Ant assemblages have darker and larger members in cold environments. *Global Ecology and Biogeography*, v. 25, n. 12, p. 1489-1499, 2016.

BOLTON, B. An online catalog of the ants of the world (<https://www.antweb.org/project.do?name=worldants>). Acesso em: novembro Janeiro de 2024, 2024.

BROOKS, M. E. *et al.* glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R journal*, v. 9, n. 2, p. 378-400, 2017.

BRÜHL, C. A.; GUNSALAM, G.; LINSÉNMAIR, K. E. Stratification of ants (Hymenoptera, Formicidae) in a primary rain forest in Sabah, Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, v. 14, n. 3, p. 285-297, 1998.

CAMACHO, G. P. *et al.* UCE phylogenomics resolves major relationships among ectaheteromorph ants (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae, Heteroponerinae): a new classification for the subfamilies and the description of a new genus. *Insect Systematics and Diversity*, v. 6, n. 1, p. 5, 2022.

CAMPOS, R. I.; CAMACHO, G. P. Ant-plant interactions: the importance of extrafloral nectaries versus hemipteran honeydew on plant defense against herbivores. *Arthropod-Plant Interactions*, v. 8, p. 507-512, 2014.

CÓRDOVA, M.O. *et al.* *Vegetação e Plantas do Parque Estadual do Xingu*. Cuiabá FUNDAÇÃO UNISSELVA, 2021. (Série Livros-MT Ciência).

DA CRUZ, W. J. A. *et al.* Functional diversity and regeneration traits of tree communities in the Amazon-Cerrado transition. *Flora*, v. 285, p. 151952, 2021.

DÁTTILO, W. *et al.* Interações mutualísticas entre formigas e plantas. *EntomoBrasilis*, v. 2, n. 2, p. 32-36, 2009.

DAVIDSON, D. W. *et al.* Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. *Science*, v. 300, n. 5621, p. 969-972, 2003.

DE ARRUDA, F. V. *et al.* Seasonal variation of ground and arboreal ants in forest fragments in the highly-threatened Cerrado-Amazon transition. *Journal of Insect Conservation*, v. 25, p. 897-904, 2021.

DIAS, A. M.; LATTKE, J. E. Large ants are not easy – the taxonomy of *Dinoponera Roger* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). *European Journal of Taxonomy*, 2021.

DJORDJEVIĆ, V.; TSIFTSIS, S. The role of ecological factors in distribution and abundance of terrestrial orchids. In: *Orchids phytochemistry, biology and horticulture: fundamentals and applications*. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 3-72.

EDNEY, E. B. The water relations of terrestrial arthropods. 1957. 109p.

ELIZALDE, L. *et al.* The ecosystem services provided by social insects: traits, management tools and knowledge gaps. *Biological Reviews*, v. 95, n. 5, p. 1418-1441, 2020.

FEITOSA, R. M.; PRADA-ACHIARDI, F. C. Subfamília Ectatomminae. Capítulo 22. Pp. 659-679 in: FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J.; DELSINNE, T. (eds.) 2019d. *Hormigas de Colômbia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 1198 pp, 2019.

FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J. Subfamilia Ponerinae. Capítulo 17. Pp. 509-553 in: FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J.; DELSINNE, T. (eds.) 2019d. *Hormigas de Colômbia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 1198 pp, 2019.

FERNÁNDEZ, F.; SERNA, F. J. Subfamília Myrmicinae. Capítulo 27. Pp. 791-888 in: FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J.; DELSINNE, T. (eds.) 2019d. Hormigas de Colômbia. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 1198 pp, 2019.

GAUDARD, C. A.; ROBERTSON, M. P.; BISHOP, T. R. Low levels of intraspecific trait variation in a keystone invertebrate group. *Oecologia*, v. 190, p. 725-735, 2019.

GUAN, K. *et al.* Photosynthetic seasonality of global tropical forests constrained by hydroclimate. *Nature Geoscience*, v. 8, n. 4, p. 284-289, 2015.

GUERRERO, R. J. Subfamília Dolichoderinae. Capítulo 24. Pp. 693-720 in: FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J.; DELSINNE, T. (eds.) 2019d. Hormigas de Colômbia. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 1198 pp, 2019.

GUINDANI, A. *et al.* Interação mutualística entre cochonilhas e formigas em videira. *Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 2, n. 4, p. 6-11, 2017.

HADLEY, N. F.; TOOLSON, E. C.; QUINLAN, M. C. Regional differences in cuticular permeability in the desert cicada *Diceroprocta apache*: implications for evaporative cooling. *Journal of experimental biology*, v. 141, n. 1, p. 219-230, 1989

HARRISON, S.; ROSS, S. J.; LAWTON, J. H. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of animal ecology*, p. 151-158, 1992.

HARTIG F (2022). *_DHARMa: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models_*. R package version 0.4.6, <<https://CRAN.Rproject.org/package=DHARMa>>.

HENRIQUES-SILVA, R.; LINDO, Z.; PERES-NETO, P. R. A community of metacommunities: exploring patterns in species distributions across large geographical areas. *Ecology*, v. 94, n. 3, p. 627-639, 2013.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. The ants. Harvard University Press, 1990. 732 p.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IDEC, J. H.; BISHOP, T. R.; FISHER, B. L. Using computer vision to understand the global biogeography of ant color. *Ecography*, v. 2023, n. 3, p. e06279, 2023.

IVANAUSKAS, N. M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R. R. Classificação fitogeográfica das florestas do Alto Rio Xingu. *Acta Amazonica*, v. 38, p. 387-402, 2008.

RATTER, J. A. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil. *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*, p. 417-429, 1992.

RICKLEFS, R.E. *A economia da Natureza*. 2010. 6 ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 572 p.

KALMUS, H. The resistance to desiccation of *Drosophila* mutants affecting body colour. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, v. 130, n. 859, p. 185-201, 1941.

KASPARI, M. *et al.* Thermal adaptation generates a diversity of thermal limits in a rainforest ant community. *Global change biology*, v. 21, n. 3, p. 1092-1102, 2015.

KASPARI, M.; YANOVIK, S. P. Bait use in tropical litter and canopy ants—evidence of differences in nutrient limitation. *Biotropica*, v. 33, n. 1, p. 207-211, 2001.

KASPARI, M.; YANOVIK, S. P.; DUDLEY, R. On the biogeography of salt limitation: a study of ant communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 46, p. 17848-17851, 2008.

PRZYBYSZEWSKI, K. R. *et al.* Legal reserves ensure alpha and beta ant diversity in highly modified agricultural landscapes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 20, n. 4, p. 330-337, 2022.

KLUNK, C. L. *et al.* Climate and body size have differential roles on melanism evolution across workers in a worldwide ant genus. *Oecologia*, v. 199, n. 3, p. 579-587, 2022.

KNEALE, R. *et al.* Thermal constraints on foraging of tropical canopy ants. *Oecologia*, 183, 1007-1017, 2017.

LAW, S. J. *et al.* Darker ants dominate the canopy: testing macroecological hypotheses for patterns in color along a microclimatic gradient. *Journal of Animal Ecology*, v. 89, n. 2, p. 347-359, 2020.

LEAHY, L. *et al.* Rates of species turnover across elevation vary with vertical stratum in rainforest ant assemblages. *Ecography*, p. e06972, 2024.

LEAL, I. R.; LEAL, L. C.; ANDERSEN, A. N. The benefits of myrmecochory: a matter of stature. *Biotropica*, v. 47, n. 3, p. 281-285, 2015.

LIRA, K. F. de; ROSSETTO, O. C. Territorialidade Indígena: trajetórias para implantação de uma nova aldeia no Parque Indígena do Xingu (PIX) – Mato Grosso – Brasil. *Revista NERA*, v. 23, n. 54, p. 163-185, dossiê, 2020.

LONGINO, J. T.; NADKARNI, N. M. A comparison of ground and canopy leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a neotropical montane forest. *Psyche: A Journal of Entomology*, v. 97, n. 1-2, p. 81-93, 1990.

LOPEZ, V. M. *et al.* Color lightness of velvet ants (Hymenoptera: Mutillidae) follows an environmental gradient. *Journal of Thermal Biology*, v. 100, p. 103030, 2021.

MACKAY, W. P.; MACKAY, E. E. Género *Camponotus*. Capítulo 26. Pp. 743-789 in: FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J.; DELSINNE, T. (eds.) 2019d. *Hormigas de Colômbia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 1198 pp, 2019.

MARIMON, B. S. *et al.* Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest–cerrado transition zone in southern Amazonia. *Plant Ecology & Diversity*, v. 7, n. 1-2, p. 281-292, 2014.

MARQUES, E. Q. *et al.* Redefining the Cerrado–Amazonia transition: implications for conservation. *Biodiversity and conservation*, v. 29, p. 1501-1517, 2020.

MARQUES, T.E.D., *et al.* Interações entre Poneromorfos e fontes de açúcar na vegetação, p361-374, 2015. In: DELABIE, Jacques HC *et al.* (Ed.). *As formigas poneromorfos do Brasil*. SciELO-Editus-Editora da UESC, 2015.

MORANDI, P. S. *et al.* Vegetation succession in the Cerrado–Amazonian Forest transition zone of Mato Grosso state, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany*, v. 73, n. 1, p. 83-93, 2016.

MOTTL, O. *et al.* Inter-specific aggression generates ant mosaics in canopies of primary tropical rainforest. *Oikos*, v. 130, n. 7, p. 1087-1099, 2021.

OLIVEIRA, A. M.; POWELL, S.; FEITOSA, R. M. A taxonomic study of the Brazilian turtle ants (Formicidae: Myrmicinae: *Cephalotes*). *Revista Brasileira de Entomologia*, v.65, n. 3, 52 pp, 2021.

OLIVEIRA, B. F.; SCHEFFERS, B. R. Vertical stratification influences global patterns of biodiversity. *Ecography*, v. 42, n. 2, p. 249-249, 2019.

OLIVEIRA-SANTOS, L. G. R. *et al.* Tree density and forest stratification shape ant assemblages in Brazilian Pantanal forest patches. *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 42, n. 3, p. 2351-2363, 2022.

PALACIO, E. E. Subfamília Dorylinae. Capítulo 19. Pp. 571-630 in: FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J.; DELSINNE, T. (eds.) 2019d. *Hormigas de Colômbia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 1198 pp. 2019.

PARR, C. L. *et al.* GlobalAnts: a new database on the geography of ant traits (Hymenoptera: Formicidae). *Insect Conservation and Diversity*, v. 10, n. 1, p. 5-20, 2017.

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

PLATTS, P. J. *et al.* Habitat availability explains variation in climate-driven range shifts across multiple taxonomic groups. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 15039, 2019.

POWELL, S. *et al.* Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. *Journal of Animal Ecology*, v. 80, p. 352-360, 2011.

QIAN, H.; RICKLEFS, R. E.; WHITE, P. S. Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecology Letters*, v. 8, n. 1, p. 15-22, 2005.

QUEIROZ, A. C. M. *et al.* Ant diversity decreases during the dry season: A meta-analysis of the effects of seasonality on ant richness and abundance. *Biotropica*, v. 55, n. 1, p. 29-39, 2023.

RESTREPO-COUBE, N. *et al.* What drives the seasonality of photosynthesis across the Amazon basin? A cross-site analysis of eddy flux tower measurements from the Brasil flux network. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 182, p. 128-144, 2013.

RIBAS, C. R. *et al.* Ants as indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. *Psyche: A journal of entomology*, v. 2012, p. 23, 2012.

SILVESTRE, R.; DA SILVA, R. R. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luiz Antônio-SP-sugestões para aplicação do modelo de guildas como bio-indicadores ambientais. *Biotemas*, v. 14, n. 1, p. 37-69, 2001.

SOSIAK, C. E.; BARDEN, P. Multidimensional trait morphology predicts ecology across ant lineages. *Functional Ecology*, v. 35, n. 1, p. 139-152, 2021.

SPICER, M. E. *et al.* Thermal constraints on foraging of tropical canopy ants. *Oecologia*, v. 183, p. 1007-1017, 2017.

SUTHERLAND, W. J. *et al.* Identification of 100 fundamental ecological questions. *Journal of ecology*, v. 101, n. 1, p. 58-67, 2013.

SUTHERLAND, W. J. *et al.* One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity. *Conservation biology*, v. 23, n. 3, p. 557-567, 2009.

TAYLOR, P. L. *et al.* An assessment of the conservation value of tropical field margins. *Journal of Applied Ecology*, v. 57, n. 10, p. 1975-1985, 2020.

TORRELO-RAVENTOS, M. *et al.* On the delineation of tropical vegetation types with an emphasis on forest/savanna transitions. *Plant Ecology & Diversity*, v. 6, n. 1, p. 101-137, 2013.

TROYA, A.; LATTKKE, J. *Neoponera Emery*, 1901 (Hymenoptera: Formicidae) revisited: 1. The *Neoponera laevigata* species-group. *Insect Systematics & Evolution*, p. 1-76, 2022.

ULYSSEÁ, M. A.; BRANDÃO, C. R. F. Taxonomic revision of the neotropical ant genus *Hylomyrma Forel*, 1912 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), with the description of fourteen new species. *Zootaxa*, v.5055, n. 1, p. 1-137, 2021.

VASCONCELOS, H. L.; VILHENA, J. M.S. Species Turnover and Vertical Partitioning of Ant Assemblages in the Brazilian Amazon: A Comparison of Forests and Savannas 1. *Biotropica: The Journal of Biology and Conservation*, v. 38, n. 1, p. 100-106, 2006.

VICENTE, R. E.; FERRAZ, M.; IZZO, T. J. Formigas (Insecta, Hymenoptera, Formicidae) da Estação Ecológica do Rio Ronuro/ Ants (Insecta, Hymenoptera, Formicidae) of the Rio Ronuro Ecological Station. In: RODRIGUES, D. J., et al. Biodiversidade da Estação Ecológica do Rio Ronuro/ Biodiversity of the Rio Ronuro Ecological Station. Cuiabá: Fundação UNISELVA, 2021. p.262-289.

VICENTE, R. E.; PRADO, L. P.; IZZO, T. J. Amazon rainforest Ant-Fauna of Parque Estadual do Cristalino: understory and ground-dwelling Ants. *Sociobiology*, v. 63, n. 3, p. 894-908, 2016.

WANG, Z. *et al.* Phototoxic effect of UVR on wild type, ebony and yellow mutants of *Drosophila melanogaster*: life span, fertility, courtship and biochemical aspects. *Science in China Series C: Life Sciences*, v. 51, n. 10, p. 885-893, 2008.

WEBER, N. A. The biology of the fungus-growing ants. Part 4. Additional new forms. Part 5. The Attini of Bolivia. *Revista de Entomologia*, v. 7, p. 154–206, 1938.

WICKHAM, H.; CHANG, W.; WICKHAM, M. H. Package 'ggplot2'. Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. Version, v. 2, n. 1, p. 1-189, 2016.

WILD, A. L. Taxonomic revision of the *Pachycondyla apicalis* species complex (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, v. 834, p. 1-25, 2005.

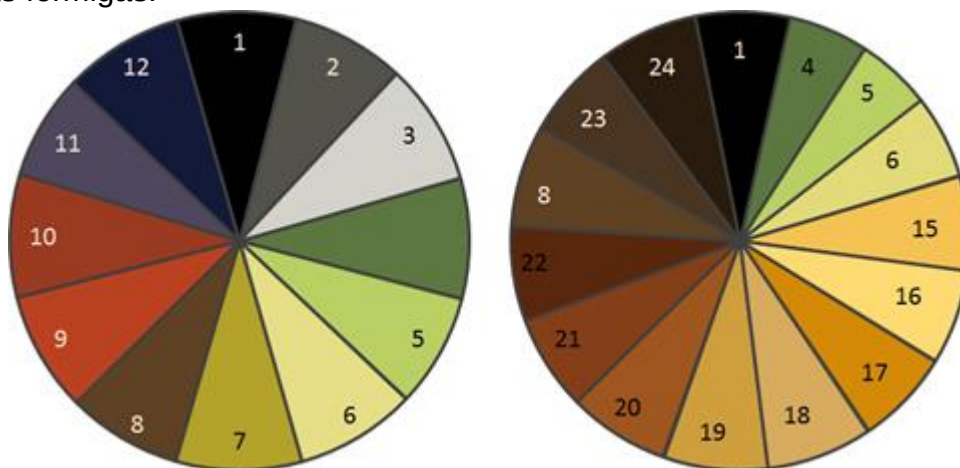
YANOVIK, S. P.; KASPAR, M. Community structure and the habitat template: ants in the tropical forest canopy and litter. *Oikos*, v. 89, n. 2, p. 259-266, 2000.

ZAPPI, D. C. *et al.* Xingu State Park vascular plant survey: filling the gaps. *Brazilian Journal of Botany*, v. 39, p. 751-778, 2016.

ZIMMERMAN, J. K. *et al.* Flowering and fruiting phenologies of seasonal and aseasonal neotropical forests: the role of annual changes in irradiance. *Journal of Tropical Ecology*, v. 23, n. 2, p. 231-251, 2007.

ANEXOS

Anexo 1. Paleta de cor proposta por Catherine L. Parr e colaboradores para avaliar a cor das formigas.



Fonte: Parr *et al.* 2017

Anexo 2. Lista de espécies de formigas do Parque Estadual do Xingu coletadas no solo e vegetação na época seca (2022) e época chuvosa (2023).

Subfamília/Gênero/Espécie	Estação/Estrato			
	SECA Solo	SECA Vegetação	CHUVA Solo	CHUVA Vegetação
Amblyoponinae				
<i>Prionopelta</i>				
<i>Prionopelta</i> sp1	X		X	
Dolichoderinae				
<i>Azteca</i>				
<i>Azteca</i> sp1	X	X		
<i>Azteca</i> sp2	X			X
<i>Azteca</i> sp3	X	X	X	
<i>Azteca</i> sp4	X	X	X	
<i>Dolichoderus</i>				
<i>Dolichoderus attelaboides</i> (Fabricius, 1775)	X	X	X	X
<i>Dolichoderus bidens</i> (Linnaeus, 1758)		X		X
<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	X	X		
<i>Dolichoderus decollatus</i> Smith, 1858	X	X		
<i>Dolichoderus diversus</i> Emery, 1894	X			
<i>Dolichoderus gagates</i> Emery, 1890	X			
<i>Dolichoderus imitator</i> Emery, 1894	X	X	X	X
<i>Dolichoderus septemspinosus</i> Emery, 1894		X		
<i>Dolichoderus ghilianii</i> Emery, 1894				X
<i>Dolichoderus varians</i> Mann, 1916				X
<i>Forelius</i>				
<i>Forelius</i> sp1		X		
<i>Forelius</i> sp2	X			
<i>Forelius</i> sp3	X			
<i>Linepithema</i>				
<i>Linepithema</i> sp1	X		X	
<i>Linepithema</i> sp2		X		
<i>Linepithema</i> sp3	X			X
<i>Linepithema</i> sp4	X			
Dorylinae				
<i>Acanthostichus</i>				
<i>Acanthostichus femoralis</i> Kusnezov, 1962	X			
Ectatomminae				
<i>Ectatomma</i>				
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	X		X	X
<i>Ectatomma lugens</i> Emery, 1894	X		X	
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	X	X	X	X
<i>Gnamptogenys</i>				
<i>Gnamptogenys concinna</i> (Smith, 1858)			X	
<i>Gnamptogenys ericae</i> (Forel, 1912)	X		X	X

<i>Gnamptogenys horni</i> (Santschi, 1929)	X		X	
<i>Gnamptogenys kempfi</i> Lenko, 1964	X			
Holcoponera				
<i>Holcoponera brunnea</i> (Lattke, 1995)			X	
<i>Holcoponera moelleri</i> Forel, 1912	X		X	
<i>Holcoponera pleurodon</i> (Emery, 1896)			X	
<i>Holcoponera striatula</i> (Mayr, 1884)	X	X	X	X
Poneracantha				
<i>Poneracantha triangularis</i> (Mayr, 1887)	X			
Formicinae				
Acropyga				
<i>Acropyga</i> sp1	X			
<i>Acropyga</i> sp2	X		X	
<i>Acropyga</i> sp3	X		X	
<i>Acropyga</i> sp4	X			
<i>Acropyga</i> sp5	X			
<i>Acropyga</i> sp6			X	
Brachymyrmex				
<i>Brachymyrmex aff cavernicola</i> Wheeler, 1938	X			
<i>Brachymyrmex</i> sp1	X		X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp3	X			
<i>Brachymyrmex</i> sp4	X		X	
<i>Brachymyrmex</i> sp5	X			
<i>Brachymyrmex</i> sp6			X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp7				X
Camponotus				
<i>Camponotus aff ager</i> (Smith, 1858)	X	X	X	X
<i>Camponotus aff atriceps</i>	X	X	X	X
<i>Camponotus aff chartifex</i> (Smith, 1860)		X		
<i>Camponotus aff indicatus</i> Santschi, 1922	X	X		X
<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)	X	X	X	X
<i>Camponotus burtoni</i> Mann, 1916		X		X
<i>Camponotus cacticus</i> Emery, 1903	X	X		X
<i>Camponotus claviscapus</i> Forel, 1899		X		
<i>Camponotus heathi</i> Mann, 1916		X		
<i>Camponotus mocsaryi</i> Forel, 1902		X		
<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> PEX1		X		X
<i>Camponotus</i> PEX2		X		
<i>Camponotus</i> PEX3				X
<i>Camponotus pittieri</i> Forel, 1899		X		X
<i>Camponotus rectangularis</i> Emery, 1890	X	X		
<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894	X	X		
<i>Camponotus trapezoideus</i> Mayr, 1870		X	X	X
Gigantiops				
<i>Gigantiops destructor</i> (Fabricius, 1804)	X		X	

Nylanderia

<i>Nylanderia</i> sp1	X		X	
<i>Nylanderia</i> sp2	X		X	
<i>Nylanderia</i> sp3	X		X	X
<i>Nylanderia</i> sp4	X	X	X	X
<i>Nylanderia</i> sp5	X			
<i>Nylanderia</i> sp7			X	

Myrmicinae**Acromyrmex**

<i>Acromyrmex</i> sp1	X		X	
<i>Acromyrmex</i> sp2	X		X	
<i>Acromyrmex</i> sp3		X		
<i>Acromyrmex</i> sp5	X			
<i>Acromyrmex</i> sp6			X	

Apterostigma

<i>Apterostigma auriculatum</i> Wheeler, 1925	X		X	
<i>Apterostigma urichii</i> Forel, 1893	X		X	

Atta

<i>Atta</i> aff <i>laevigata</i> (Smith, 1858)	X		X	
--	---	--	---	--

Carebara

<i>Carebara globularia</i> Fernández, 2004	X			
<i>Carebara urichi</i> (Wheeler, 1922)			X	

Cephalotes

<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X		X
<i>Cephalotes pallens</i> (Klug, 1824)		X		
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	X	X		

Crematogaster

<i>Crematogaster</i> aff <i>abstinens</i> Forel, 1899	X			
<i>Crematogaster</i> aff <i>arcuata</i> Forel, 1899				X
<i>Crematogaster</i> aff <i>bryophila</i> Longino, 2003			X	
<i>Crematogaster</i> aff <i>torosa</i> Mayr, 1870	X			
<i>Crematogaster brasiliensis</i> Mayr, 1878	X	X	X	X
<i>Crematogaster carinata</i> Mayr, 1862	X	X	X	X
<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr, 1862	X	X		
<i>Crematogaster egregior</i> Forel, 1912	X	X		
<i>Crematogaster erecta</i> Mayr, 1866		X		X
<i>Crematogaster flavosensitiva</i> Longino, 2003	X		X	X
<i>Crematogaster foliocrypta</i> Longino, 2003	X			
<i>Crematogaster levior</i> Longino, 2003	X		X	
<i>Crematogaster limata</i> Smith, 1858	X	X	X	X
<i>Crematogaster nigropilosa</i> Mayr, 1870	X			
<i>Crematogaster sotobosque</i> Longino, 2003	X	X		
<i>Crematogaster</i> sp1	X			
<i>Crematogaster</i> sp2		X		
<i>Crematogaster</i> sp3		X		
<i>Crematogaster stollii</i> Forel, 1885		X	X	X

<i>Crematogaster tenuicula</i> Forel, 1904	X	X	X	X
Cyphomyrmex				
<i>Cyphomyrmex</i> aff <i>transversus</i>	X			
<i>Cyphomyrmex laevigatus</i> Weber, 1938	X		X	
<i>Cyphomyrmex</i> sp n A			X	
<i>Cyphomyrmex</i> sp n aff G			X	
<i>Cyphomyrmex transversus</i> Emery, 1894	X		X	X
<i>Cyphomyrmex vorticis</i> Weber, 1940	X		X	
Daceton				
<i>Daceton armigerum</i> (Latreille, 1802)	X			
Eurhopalothrix				
<i>Eurhopalothrix</i> sp1	X			
Hylomyrma				
<i>Hylomyrma immanis</i> Kempf, 1973	X		X	
Megalomyrmex				
<i>Megalomyrmex ayri</i> Brandão, 1990	X		X	
<i>Megalomyrmex drifti</i> Kempf, 1961	X			
<i>Megalomyrmex incisus</i> Smith, 1947			X	
Mycetomoellerius				
<i>Mycetomoellerius</i> sp1	X			
Mycocepurus				
<i>Mycocepurus</i> sp1	X		X	
Myrmicocrypta				
<i>Myrmicocrypta</i> aff <i>foreli</i> Mann, 1916	X			
Nesomyrmex				
<i>Nesomyrmex</i> aff <i>spininodis</i> (Mayr, 1887)	X			
Ochetomyrmex				
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003	X	X	X	X
<i>Ochetomyrmex semipolitus</i> Mayr, 1878	X		X	
Octostruma				
<i>Octostruma</i> aff <i>iheringi</i> (Emery, 1888)	X			X
Pheidole				
<i>Pheidole</i> sp1	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp2	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp3	X		X	
<i>Pheidole</i> sp4	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp5	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp6	X		X	X
<i>Pheidole</i> sp7	X		X	X
<i>Pheidole</i> sp8	X			
<i>Pheidole</i> sp9	X		X	
<i>Pheidole</i> sp10	X		X	
<i>Pheidole</i> sp11	X		X	
<i>Pheidole</i> sp12	X		X	X
<i>Pheidole</i> sp14	X		X	
<i>Pheidole</i> sp15	X		X	

<i>Pheidole</i> sp16	X		X	
<i>Pheidole</i> sp19	X			
<i>Pheidole</i> sp20	X		X	
<i>Pheidole</i> sp21	X			X
<i>Pheidole</i> sp22	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp23	X			
<i>Pheidole</i> sp24		X	X	X
<i>Pheidole</i> sp25	X			X
<i>Pheidole</i> sp26				X
<i>Pheidole</i> sp27			X	
<i>Pheidole</i> sp28			X	
<i>Rogeria</i>				
<i>Rogeria</i> <i>lirata</i> Kugler, 1994	X		X	
<i>Sericomyrmex</i>				
<i>Sericomyrmex</i> sp1	X			
<i>Sericomyrmex</i> sp2	X		X	
<i>Sericomyrmex</i> sp3	X		X	
<i>Sericomyrmex</i> sp4	X		X	X
<i>Sericomyrmex</i> sp5	X		X	
<i>Sericomyrmex</i> sp6	X			
<i>Solenopsis</i>				
<i>Solenopsis</i> sp1	X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp2	X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp3	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp4	X			
<i>Solenopsis</i> sp5	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp6	X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp7	X		X	
<i>Solenopsis</i> sp8	X		X	
<i>Solenopsis</i> sp9	X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp10	X			
<i>Solenopsis</i> sp11	X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp12	X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp13			X	
<i>Strumigenys</i>				
<i>Strumigenys</i> sp1	X		X	
<i>Strumigenys</i> sp2	X		X	
<i>Strumigenys</i> sp3	X		X	
<i>Strumigenys</i> sp4	X		X	
<i>Strumigenys</i> sp5	X		X	
<i>Strumigenys</i> sp7	X			
<i>Strumigenys</i> sp9			X	
<i>Paratrachymyrmex</i>				
<i>Paratrachymyrmex</i> sp1	X		X	X
<i>Paratrachymyrmex</i> sp2			X	
<i>Paratrachymyrmex</i> sp3	X			

<i>Paratrachymyrmex</i> sp4	X		X	
<i>Paratrachymyrmex</i> sp5	X		X	
<i>Paratrachymyrmex</i> sp6	X			
<i>Paratrachymyrmex</i> sp7	X			
<i>Paratrachymyrmex</i> sp8	X		X	
<i>Paratrachymyrmex</i> sp9	X		X	
<i>Paratrachymyrmex</i> sp10	X			
<i>Tranopelta</i>				
<i>Tranopelta gilva</i> Mayr, 1866	X			
<i>Wasmannia</i>				
<i>Wasmannia aff lutzi</i> Forel, 1908		X		
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	X	X	X	X
<i>Wasmannia rochai</i> Forel, 1908			X	
<i>Wasmannia scrobifera</i> Kempf, 1961	X			
<i>Paraponerinae</i>				
<i>Paraponera</i>				
<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)	X	X		X
<i>Ponerinae</i>				
<i>Anochetus</i>				
<i>Anochetus</i> sp1	X		X	
<i>Anochetus</i> sp2	X			
<i>Dinoponera</i>				
<i>Dinoponera mutica</i> Emery, 1901	X		X	X
<i>Hypoponera</i>				
<i>Hypoponera aff schmalzi</i> (Emery, 1896)	X			
<i>Hypoponera</i> sp2	X			
<i>Hypoponera</i> sp3	X			
<i>Hypoponera</i> sp4	X			
<i>Hypoponera</i> sp6	X			
<i>Hypoponera</i> sp7	X			
<i>Hypoponera</i> sp8	X			
<i>Hypoponera</i> sp9			X	
<i>Leptogenys</i>				
<i>Leptogenys unistimulosa</i> Roger, 1863			X	
<i>Mayaponera</i>				
<i>Mayaponera arhuaca</i> (Forel, 1901)			X	
<i>Mayaponera constricta</i> (Mayr, 1884)	X		X	X
<i>Neoponera</i>				
<i>Neoponera apicalis</i> (Latreille, 1802)	X		X	
<i>Neoponera bucki</i> (Borgmeier, 1927)	X		X	
<i>Neoponera cavinodis</i> Mann, 1916		X		
<i>Neoponera globularia</i> (MacKay & MacKay, 2010)		X		X
<i>Neoponera laevigata</i> (Smith, 1858)	X			
<i>Neoponera striatinodis</i> (Emery, 1890)		X		X
<i>Neoponera unidentata</i> (Mayr, 1862)		X		X

<i>Neoponera verenae</i> Forel, 1922	X		X	
<i>Neoponera villosa</i> (Fabricius, 1804)		X		
<i>Odontomachus</i>				
<i>Odontomachus opaciventris</i> Forel, 1899	X		X	
<i>Odontomachus</i> sp2	X			
<i>Odontomachus</i> sp3	X		X	
<i>Odontomachus</i> sp4	X			
<i>Odontomachus</i> sp5	X		X	
<i>Pachycondyla</i>				
<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)	X		X	X
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	X		X	X
<i>Pseudoponera</i>				
<i>Pseudoponera</i> sp1	X		X	
<i>Pseudoponera</i> sp2			X	
<i>Pseudoponera</i> sp3			X	
<i>Pseudoponera</i> sp4			X	
<i>Rasopone</i>				
<i>Rasopone ferruginea</i> (Smith, 1858)	X			
<i>Pseudomyrmecinae</i>				
<i>Pseudomyrmex</i>				
<i>Pseudomyrmex</i> sp1	X	X		X
<i>Pseudomyrmex</i> sp2		X		
<i>Pseudomyrmex</i> sp3	X			
<i>Pseudomyrmex</i> sp4	X	X		
<i>Pseudomyrmex</i> sp5	X	X		
<i>Pseudomyrmex</i> sp6	X			
<i>Pseudomyrmex</i> sp7	X		X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp8		X		
<i>Pseudomyrmex</i> sp9	X			
<i>Pseudomyrmex</i> sp10				X

Anexo 3. Capítulo que será publicado no livro “**Biodiversidade do Parque Estadual do Xingu**”.

CAPÍTULO 18 – FORMIGAS DO PARQUE ESTADUAL DO XINGU

Willian Schornobay-Bochenski¹, Paulo R. Milhomem da Silva¹, Thiago J. Izzo¹, Ricardo E. Vicente²

1 – Laboratório Ecologia de Comunidades, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, CEP: 78060-900, e-mail: willian.bochenski@gmail.com

2 – Instituto Nacional de Pesquisa do Pantanal (INPP), Av. Fernando Correa, Boa Esperança, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, CEP: 78060-900, e-mail: ricardomyrmex@gmail.com

Resumo: O Parque Estadual Xingu situa-se em meio a dois tipos de bioma diferentes, o do Cerrado e Amazônico, sua diversidade em diversos grupos taxonômicos ainda é desconhecido para diversos táxons, dentre eles sua fauna de formigas, o qual nunca haviam sido amostradas. Formigas são insetos que se organizam de maneira social, e compõe um papel fundamental nas florestas tropicais devido à sua grande biomassa, elas fazem parte de diversas cadeias de interação com outros animais, além de plantas, sendo consideradas essenciais para processos ecológicos do ambiente em que se inserem. O objetivo dessa pesquisa é identificar as formigas presentes no Parque, organizando suas características principais através da construção de um catálogo com a História Natural de cada gênero das formigas encontradas. O estudo foi feito a partir da instalação de armadilhas dentro do Parque para captura das formigas locais, os resultados mostraram 53 diferentes gêneros de formigas presentes no Xingu, alguns deles nunca amostrados para o estado de Mato Grosso.

INTRODUÇÃO

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são o grupo de insetos sociais com alta riqueza de espécies e diversidade de papéis ecológicos (Engel & Grimaldi, 2005). Formigas formam um grupo composto por organismos importantes envolvidos em diversos processos ecológicos como dispersão de sementes, defesa de plantas, aeração do solo, e em alguns casos podendo possuir alta especificidade em relação à onde ocorre, podendo atuar como bioindicadores (Baccaro et al., 2015). As formigas contribuem para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas, havendo ainda espécies com importância econômica para a agricultura (Crepaldi et al., 2014). Há pelo menos 16.089 espécies de formigas descritas distribuídas em mais de 347 gêneros e 16 subfamílias (AntWiki, 2024), mas estima-se que ainda se tenha descrito cerca de metade das espécies do mundo (AntWeb, 2024). A maior diversidade está na região Neotropical, que possui a maior riqueza de gêneros e espécies e maior endemismo de gêneros de formigas (Lach et al., 2010). O Brasil está entre as regiões do Neotrópico com maior diversidade de formigas de forma que mais de 10% das espécies de formigas conhecidas no mundo ocorrem no Brasil (AntWiki, 2024). Em detrimento do seu potencial biodiversidade, o Brasil está entre os países do mundo com menos estudos da mirmecofauna (Lach et al., 2010) mas esse cenário vem mudando nos últimos anos visto a consolidação de grupos de pesquisa na área (Brandão et al., 2020).

O conhecimento gerado por esses grupos de pesquisa brasileiros vem trazendo excelentes contribuições para o conhecimento dos diversos biomas brasileiros (Schmidt et al., 2022). Os biomas Amazônia e Cerrado têm parte de sua distribuição no estado de Mato Grosso (MT), um estado que tem registro de ocorrência de 523 espécies de formigas (AntMaps, 2023). No entanto, esses biomas estão ameaçados pela expansão da agricultura e da urbanização. Pelo menos 14% da Amazônia foram convertidos em terras agrícolas, com um recorde de desmatamento em 2020 (Silva-Júnior et al., 2021). Assim como a região Norte do país, MT possui uma das maiores lacunas geográficas de estudos com a mirmecofauna (Andrade-Silva., et al 2022). As lacunas geográficas são maiores na Amazônia e se estendem até as áreas de transição com outros biomas (Schmidt et al., 2022). Particularmente, a zona de transição entre Amazônia e Cerrado em MT, próximo à fronteira entre MT e Pará, está

localizada no Parque Estadual (PE) do Xingu. Originalmente a área do parque era de 134.463 há, mas teve uma redução de 29% do seu território, por conflitos de interesses agrícolas (MATO GROSSO, decreto 3.585, de 7 de dezembro de 2001). Aliado a esses conflitos, há lacunas de conhecimento básicas sobre a biodiversidade, como a composição de espécies do parque. Dentre os grupos pouco estudados estão as formigas, cujo conhecimento na região é praticamente desconhecido.

Considerando a potencial diversidade de formigas ainda não documentada do PE do Xingu, neste trabalho tenho como objetivo catalogar a mirmecofauna do parque, e mais especificamente determinar a riqueza e criar um catálogo dos gêneros das formigas presentes no Parque Estadual Xingu para auxiliar no monitoramento do status de conservação da Unidade de Conservação (Magalhães et al., 2022) ao mesmo tempo que traz à tona um material que pode ser utilizado para a conscientização do público leigo sobre o que está sendo preservado.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de formigas de solo e vegetação realizada no PE do Xingu, ocorreu em 12 parcelas de 250 metros dispostas transversalmente as trilhas da Rede Monitora. A cada 25 metros instalamos uma estação de coleta composta de um pitfall arborícola e um pitfall de solo, totalizando 10 estações por parcela (10 pitfalls arborícolas e 10 de solo). Portanto, os dados aqui apresentados correspondem a 240 amostras (120 pitfalls arborícolas e 120 de solo). Para os pitfalls de solo foram utilizados potes plásticos de 10 cm de altura e 15 de diâmetro, enterrados no nível do solo, possuindo em seu interior líquido composto de água (150ml), algumas gotas de detergente neutro para quebra da tensão superficial da água. Acima dos Pitfalls de solo foram instalados telhados feitos com palitos e pratos plásticos (Figura 1A) com a intenção de evitar que o líquido transbordasse em caso da ocorrência de chuvas. Para os Pitfalls arborícola foram utilizados copos plásticos de 350mL, amarrados em árvores vivas a cerca de 1,5m do chão. O copo era preenchido até um terço de sua capacidade com um líquido composto por água e urina (3:1), acrescido de algumas gotas de detergentes. Os pitfalls ficaram em campo por 48 horas. Foram realizadas coletas manuais acessórias. Adicionalmente, algumas amostras foram obtidas por coleta manual ocasional.



Figura 1 – A) Armadilha Pitfall Arborícola; B) Armadilha Pitfall de Solo; C) equipe em campo.

As amostras obtidas em ambas as estações de seca e chuva foram transferidas para o Laboratório de Ecologia de Comunidades da Universidade Federal de Mato Grosso, onde foram triadas. Em seguida foram identificadas em nível de subfamília e gênero conforme a chave de classificação de Baccaro et al., (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram identificados 55 gêneros de formigas pertencentes a nove subfamílias no Parque Estadual do Xingu (Quadro 1).

Quadro 1 - Gêneros de formigas encontradas no Parque Estadual do Xingu em ordem alfabética.

Gêneros		
<i>Acanthostichus</i>	<i>Gigantiops</i>	<i>Octostruma</i>
<i>Acromyrmex</i>	<i>Gnamptogenys</i>	<i>Odontomachus</i>
<i>Acropyga</i>	<i>Holcaponera</i>	<i>Pachycondyla</i>
<i>Anochetus</i>	<i>Hylomyrma</i>	<i>Paraponera</i>
<i>Apterostigma</i>	<i>Hypoconera</i>	<i>Pheidole</i>

<i>Atta</i>	<i>Kalathomyrmex</i>	<i>Poneracantha</i>
<i>Azteca</i>	<i>Labidus</i>	<i>Prionopelta</i>
<i>Brachymyrmex</i>	<i>Leptogenys</i>	<i>Pseudomyrmex</i>
<i>Carebara</i>	<i>Linepithema</i>	<i>Pseudoponera</i>
<i>Cephalotes</i>	<i>Mayaponera</i>	<i>Rasopone</i>
<i>Camponotus</i>	<i>Megalomyrmex</i>	<i>Rogeria</i>
<i>Crematogaster</i>	<i>Mycetomoellerius</i>	<i>Sericomyrmex</i>
<i>Cyphomyrmex</i>	<i>Mycetophylax</i>	<i>Solenopsis</i>
<i>Daceton</i>	<i>Mycocepurus</i>	<i>Strumigenys</i>
<i>Dinoponera</i>	<i>Myrmicocrypta</i>	<i>Paratrachymyrmex</i>
<i>Dolichoderus</i>	<i>Neoponera</i>	<i>Tranopelta</i>
<i>Dorymyrmex</i>	<i>Nesomyrmex</i>	<i>Wasmannia</i>
<i>Ectatomma</i>	<i>Nylanderia</i>	
<i>Eciton</i>	<i>Ochetomyrmex</i>	

Abaixo segue a relação dos gêneros amostrados no Parque Estadual do Xingu. As informações de distribuição e número de espécies descritas atualmente seguiram as informações disponíveis no AntWeb (2024). A relação de espécies nativas de Mato Grosso foi verificada no AntMaps (2024). Por fim, as informações de caracteres diagnósticos e história natural foram retidas principalmente de Baccaro et al., (2015), sendo que em alguns gêneros foram consultadas algumas referências complementares mais atuais ou utilizadas informações baseadas na experiência de campo e identificação dos autores.

Subfamília AMBLYOPONINAE

Prionopelta Forel, 1893: Formigas deste gênero têm por diferencial mandíbulas curtas e estreitas com três dentes na margem mastigatória e com dentículos espalhados pelo clípeo. Nidificam no solo, em troncos podres ou serrapilheira alimentando-se de dipluros, centopéias e outros artrópodes pequenos. Existem 25 espécies distribuídas pelo mundo, destas três ocorrem em Mato Grosso.

Subfamília DOLICHODERINAE

Azteca Forel, 1878: Este gênero de formigas se caracteriza pela sua cabeça em formato de coração nas operárias maiores e mesonoto elevado acima do pronoto (visto em perfil). São formigas arborícolas que constroem seus ninhos na copa das árvores e em cavidades de madeira viva ou morta. Estes ninhos podem ser usados secundariamente por vespas, pássaros, outras formigas e plantas. Estas formigas generalistas possuem um comportamento agressivo que ajuda a defender a planta em que residem. Possuem 82 espécies nativas das regiões Neotropical e Neártica, sendo seis espécies registradas para o Mato Grosso.

Dolichoderus Lund, 1831: Possuem tegumento rígido com espinhos, lamelas ou ângulos bem definidos em seu propódeo. São formigas generalistas comuns em florestas tropicais, com ninhos no solo, troncos, copas de árvores, gravetos, matéria vegetal ou plantas epífitas. Existem 131 espécies nativas das regiões Australasiana, Indomalásia, Neártica, Neotropical e Paleártica, sendo 21 encontradas em Mato Grosso.

Dorymyrmex Mayr, 1866: Estas formigas generalistas são mais frequentes em regiões áridas ou semiáridas possuem uma protuberância cônica no dorso do propódeo e forrageiam durante as horas mais quentes do dia. Existem 61 espécies nativas das regiões Neotropical e Neártica, sendo 4 encontradas em Mato Grosso.

Linepithema Mayr, 1866: Caracterizam-se por possuir uma concavidade mediana larga na margem anterior do clipeo e o mesossoma sem nenhuma projeção. A maioria das espécies habita florestas úmidas e preservadas, porém algumas se adaptaram às áreas perturbadas. A espécie *Linepithema humile* (Mayr, 1868) é uma importante espécie invasora e generalista que recebe atenção devido aos sérios danos à fauna nativa de invertebrados dos ambientes em que são inseridas. Existem 21 espécies no gênero nativas das regiões Neotropical e Neártica, sendo cinco encontradas em Mato Grosso.

Subfamília DORYLINAE

Acanthostichus Mayr, 1887: Estas formigas não possuem escrobos antenais, nem esculpturação pelo corpo e geralmente nem olhos, mas quando estão presentes, encontram-se de maneira vestigial. São formigas raramente vistas ao ar livre devido a seu hábito subterrâneo, por esse motivo são coletadas embaixo de pedras ou ninhos de cupim. Possui 23 espécies nativas da região Neotropical e Neártica, sendo nove encontradas em Mato Grosso.

Eciton Latreille, 1804: São formigas que possuem um par de espinhos ou lamelas no propódeo e as operárias maiores possuem mandíbulas longas em forma de gancho. Possuem 12 espécies nativas da região Neotropical, sendo oito encontradas em Mato Grosso.

Labidus Jurine, 1807: São formigas generalistas que possuem um dente pré-apical em suas garras tarsais. Possuem sete espécies nativas das regiões Neotropical e Neártica, sendo três encontradas em Mato Grosso.

Subfamília ECTATOMMINAE

Ectatomma Smith, 1858: São formigas com o mesonoto proeminente que se diferencia do propódeo pela presença de uma sutura transversal. Nidificam na base de árvores e são generalistas, buscando por alimento no solo e na vegetação. São descritas 15 espécies para a região Neotropical, sendo que nove estão presentes no Mato Grosso.

Gnamptogenys Roger, 1863: São formigas com pronoto geralmente sem projeções e frequentemente com o gaster minimamente curvado. São de hábito alimentar generalista e nidificam no solo, madeira em decomposição e serrapilheira. Existem 32 espécies nativas das regiões Neotropicais e Neártica, sendo oito encontradas no Mato Grosso.

Holcoponera Mayr, 1887: Estas formigas possuem um dentículo ou projeção no dorso metacoxal e espiráculo propodeal próximo à face posterior do propódeo. Existem 40 espécies nativas das regiões Australasiana, Indomalasiana e Neotropical, sendo sete espécies nativas do Mato Grosso.

Poneracantha Emery, 1897: O gênero se distingue por possuir formigas com dentículos no propódeo, dentes metacoxais proeminentes e o gaster bem curvo. Existem 18 espécies nativas da região neotropical sendo uma espécie nativa do Mato Grosso.

Subfamília FORMICINAE

Acropyga Roger, 1862: São formigas diminutas, de coloração amarela clara, com olhos pequenos a ausentes. São prioritariamente subterrâneas, possuem ninhos associados a raízes de árvores onde cultivam cochonilhas para sua alimentação (*honeydew*). Existem 41 espécies descritas distribuídas pelo mundo, das quais apenas duas são encontradas no estado de MT.

Brachymyrmex Mayr, 1868: Formigas diminutas de coloração indo de amarelo claro a marrom escuro. Forrageiam no solo, mas prioritariamente na vegetação. Possuem ninhos pouco numerosos, com até 40 indivíduos. São onívoras, e possuem abdome expansível, adaptado para dieta líquida. O gênero abrange 40 espécies nativas das regiões Neártica e Neotropical, com seis ocorrendo no estado de Mato Grosso.

Camponotus Mayr, 1861: Destaca-se pelas inserções antenais separadas da margem do clípeo. Possui ninhos geralmente grandes com milhares de indivíduos, e que podem ser usados por outros artrópodes inquilinos. A maior parte das espécies é onívora. Ocorrem em ecossistemas naturais e urbanos, podendo forragear na vegetação e na superfície do solo. *Camponotus* é um gênero mega diverso que possui 1084 espécies nativas distribuídas pelo mundo, das quais 47 possuem registro no Mato Grosso.

Gigantiops Roger, 1863: São formigas de olhos muito grandes, ocupando quase toda a lateral da cabeça e com ocelos presentes. Possuem pernas posteriores muito longas que usam para saltar quando estão fugindo ou subjugando uma presa. Nidificam em clareiras de florestas úmidas, ocupando galhos ou gravetos ocos, montes de matéria orgânica, ou no solo. Possui apenas uma espécie conhecida, *Gigantiops destructor*, que é nativa da região neotropical e ocorre em Mato Grosso.

Nylanderia Emery, 1906: Essas formigas possuem pêlos eretos por todo o corpo, inclusive em seu escapo antenal. É um gênero de nidificação bastante diversa, podem

habitar debaixo de pedras e cavidades de madeira podre, epífitas e plantas vivas ou mortas. Alimentação extremamente generalista, desde líquidos como néctar e frutas, insetos vivos ou mortos e fezes. Existem 123 espécies nativas distribuídas pelo mundo, sendo três espécies encontradas em Mato Grosso.

Subfamília MYRMICINAE

Acromyrmex Mayr, 1865: São formigas popularmente chamadas de “quém-quém” e possuem um dorso com quatro a cinco pares de espinhos uniformes e gaster micro tuberculado. Constroem ninhos subterrâneos, e quando estes são construídos em pastagens, cultivos e jardins ornamentais, estas trazem prejuízos econômicos. Sua dieta advém do fungo cultivado com ela a partir de vegetais que cortam, por isso também são conhecidas como formigas cortadeiras. Possui 34 espécies nativas das regiões Neártica e Neotropical, sendo 12 espécies nativas do Mato Grosso.

Apterostigma Mayr, 1865: São formigas de corpo alongado e densamente piloso, não possuem espinhos. Nidificam em cavidades no solo, troncos podres e base de árvores onde constroem jardins de fungos e acumulam matéria orgânica nos pelos de seu corpo servindo como camuflagem. Alimentam-se dos fungos cultivados a partir de vegetais e restos de animais. Existem 44 espécies nativas das regiões Neártica e Neotropical, sendo quatro nativas do Mato Grosso.

Atta Fabricius, 1804: Popularmente chamadas de saúvas, estas formigas possuem o dorso do mesossoma com três pares de espinhos e o primeiro tergo do gáster liso. Nidificam no solo e quando estes são construídos em pastagens, cultivos e jardins ornamentais, estas trazem prejuízos econômicos. Apesar de serem consideradas pragas agrícolas, a presença das cortadeiras também traz impactos positivos sobre a estrutura química e física do solo, ajudando na aeração e ciclagem de nutrientes. Se alimentam de um fungo o qual cultivam através de folhas, frutos, sementes, galhos e partes de flores. Existem 15 espécies no gênero, e sete destas são nativas do Mato Grosso.

Carebara Westwood, 1840: São formigas pequenas com olhos reduzidos ou ausentes e que possuem antenas com nove a 11 segmentos e clava apical de dois segmentos que nidificam e forrageiam no solo ou na serapilheira de florestas. Elas possuem

nidificam no solo, serrapilheira ou cupinzeiros, alimentando-se de artrópodes epigéicos de corpo macio. Existem 226 espécies nativas distribuídas pelo mundo, sendo seis espécies encontradas em Mato Grosso.

Cephalotes Latreille, 1802: Formigas que se caracterizam-se pelo seu formato de corpo achatado e rígido, escrobos antenais profundos e os olhos localizados na metade posterior da cabeça. Nidificam em cavidades ou fendas na vegetação, podendo forragear pela serrapilheira. São formigas onívoras que se alimentam de secreções açucaradas, matéria orgânica em decomposição, fezes de animais e uma relativa predileção por grãos de pólen. Existem 118 espécies nativas das regiões Neártica e Neotropical, estando 42 presentes no Mato Grosso.

Crematogaster Lund, 1831: São formigas fáceis de serem identificadas devido à forma de ligação entre pecíolo e gaster. Este último tem formato cordiforme, característica marcante que dá nome ao gênero. Existem 522 espécies nativas de hábitos generalistas distribuídas pelo mundo, sendo 25 encontradas em Mato Grosso.

Cyphomyrmex Mayr, 1862: Estas formigas possuem lobos frontais anormalmente expandidos com escrobos antenais bem desenvolvidos e mandíbulas com no máximo cinco dentes. Nidificam em serrapilheira, sob pedras, troncos podres, vegetação ou solo. São cultivadoras de fungo, mas também complementam a alimentação com visitas à nectários extraflorais. Existem 23 espécies nativas das regiões Neártica e Neotropical, sendo sete espécies encontradas no Mato Grosso.

Daceton Perty, 1833: Possuem olhos bem desenvolvidos e antenas com 11 segmentos que quando em repouso posicionam-se abaixo dos olhos. Nidificam em cavidades de troncos construídas por outros insetos. São formigas predadoras, alimentando-se de uma variedade de insetos além de se alimentar de açúcares produzidos por coccídeos. Existem duas espécies no gênero nativas da região Neotropical sendo as duas encontradas no estado de Mato Grosso.

Hylomyrma Forel, 1912: São formigas de corpo fortemente esculpido, lobos propodeais bidentados e com nodo peciolar baixo e discreto, longo e baixo. Seus ninhos são encontrados em serrapilheiras, troncos caídos e em camadas superficiais do solo. São formigas predadoras epigéicas generalistas. Existem 30 espécies nativas da região Neotropical e cinco destas ocorrem em Mato Grosso.

Kalathomyrmex Klingenberg & Brandão, 2009: Estas formigas possuem a cabeça subquadrada, psamóforo que se projeta na linha transversal mediana do clépeo. São formigas cultivadoras de fungo que nidificam em solos arenosos principalmente de praias. No PEX foram amostradas de forma manual na praia do Rio Xingu. Existe apenas uma espécie nativa da região Neotropical sendo esta encontrada no estado de Mato Grosso.

Megalomyrmex Forel, 1885: Formigas relativamente grandes que possuem mandíbulas com cinco ou mais dentes e que geralmente apresentam seta clépal mediana. Nidificam no solo, troncos vivos ou em decomposição ou até mesmo em folhas na serrapilheira. São formigas onívoras e tendem a predar pequenos artrópodes. Existem 44 espécies nativas na região Neotropical, das quais oito têm registros para o Mato Grosso.

Mycetomoellerius Solomon et al., 2019: As formigas deste gênero se agrupavam dentro de *Trachymyrmex*, mas se diferenciam por possuir o dorso da mandíbula lisa e brilhante. Cultivam fungos dos quais se alimentam. Existem 30 espécies nativas das regiões Neártica e Neotropical, sendo cinco pertencentes ao Mato Grosso.

Mycetophylax Emery, 1913: As formigas deste gênero se distinguem por sua cabeça subtriangular, psamóforo ausente, e mesossoma praticamente desprovido de projeções. Essas formigas cultivadoras de fungos constroem ninhos e em ambientes arenosos, como praias, dunas ou em áreas de restinga. Existem 21 espécies nativas da região Neotropical, sendo duas nativas do Mato Grosso.

Mycocepurus Forel, 1893: Essas formigas possuem o dorso do pronoto com oito a 12 espinhos bem definidos, sendo sua maioria dispostas de forma circular. São formigas cultivadoras de fungos que nidificam no solo em campos abertos e áreas de floresta. Forrageiam em busca de material vegetal decomposto e excrementos de lagarta para cultivar os fungos. Existem seis espécies no gênero, destas duas nativas do Mato Grosso.

Myrmicocrypta Smith, 1860: Formigas que se distinguem por possuir o corpo coberto por pêlos escamiformes e um pecíolo com pedúnculo longo. Sabe-se pouco sobre a biologia do gênero, exceto o fato de cultivarem fungos para se alimentarem. Existem

27 espécies nativas das regiões Neártica e Neotropical das quais cinco estão presentes em Mato Grosso.

Nesomyrmex Wheeler, 1910: Estas formigas se distinguem pelo pecíolo sub-retangular com pequenos tubérculos e dentículos dorsais. Nidificam na vegetação e alimentam-se de soluções açucaradas. Existem 83 espécies no gênero nativas das regiões Afrotropical, Indomalasia, Neártica, neotropical e Paleártica, sendo sete encontradas no Mato Grosso.

Ochetomyrmex Mayr, 1878: Possuem espinhos propodeais, mandíbulas com quatro dentes e ângulos umerais bem marcados. Pouco se sabe sobre a biologia dessas formigas cripto bióticas que habitam do solo ao dossel das florestas. Existem duas espécies nativas da região Neotropical estando estas espécies presentes em Mato Grosso.

Octostruma Forel, 1912: Estas formigas se distinguem por possuírem escobros antenais bem desenvolvidos que passam por baixo e por trás dos olhos, mandíbulas triangulares e antenas com oito segmentos. São formigas criptobióticas que se movimentam lentamente pela serrapilheira ou em troncos em decomposição onde vivem. São predadoras de pequenos artrópodes de corpo mole. Existem 35 espécies nativas das regiões Neártica e Neotropical das quais duas estão presentes em Mato Grosso.

Pheidole Westwood, 1839: Possuem mandíbulas multidenticuladas, antenas com 12 segmentos com clava apical de três antenômeros e seta clipeal mediana ausente. Existem espécies de hábito alimentar especialista, mas em geral são onívoras e oportunistas. É um dos gêneros mais diversos e especiosos do mundo, característica que se reflete em seus hábitos alimentares e de nidificação. São 1160 espécies nativas distribuídas pelo mundo, sendo 47 encontradas em Mato Grosso.

Rogeria Emery, 1894: Estas formigas frequentemente apresentam tegumento rugoso ou alveolado. As formigas deste gênero apresentam o mesosoma contínuo sendo ele levemente convexo ou ovalado e ainda não possuem escobos antenais e nem projeções em seus lobos propodeais. São formigas crípticas que nidificam no solo, serrapilheira, sob pedras, em troncos podres ou ainda ocasionalmente, em epífitas.

Existem 40 espécies nativas das regiões Australasiana, Neártica, Neotropical e Oceânica, sendo seis espécies presentes no Mato Grosso.

Sericomyrmex Mayr, 1865: Formigas deste gênero possuem o corpo coberto por pêlos lanosos, cabeça em formato de coração e superfície corporal opaca e granulada. Nidificam no solo, em áreas de clareiras em florestas e barrancos, alimentam-se de um fungo que cultivam a partir de excrementos de lagarta, pedaços de frutos, flores e folhas. Existem 11 espécies nativas da região Neotropical, sendo cinco nativas de Mato Grosso.

Solenopsis Westwood, 1840: São formigas com antenas de nove a 10 segmentos com clava apical de dois, sem espinhos propodeais e de clípeo bicarenado que possui uma seta mediana. Nidificam geralmente no solo ou serapilheira, mas existem espécies que nidificam na vegetação. As espécies *S. invicta* e *S. geminata* são invasoras em outros países e também causam danos em ambientes urbanos no Brasil. São generalistas, podendo preda artrópodes pequenos epigéicos de corpo macio e também se alimentar de néctar das plantas. Também são capturadas na vegetação. Existem de 191 a 213 espécies válidas no gênero, sendo registradas 11 espécies nativas do Mato Grosso.

Strumigenys Smith, 1860: Formigas deste gênero tem a cabeça subtriangular ou cordiforme e antenas com sete ou menos segmentos. São predadoras crípticas que se locomovem lentamente e nidificam em folhas de serapilheira, cascas de árvore, sob pedras ou troncos podres. Existem 879 espécies distribuídas pelo mundo, dentre elas, 21 nativas de Mato Grosso.

Paratrachymyrmex Solomon et al., 2019: São formigas que possuem seu corpo repleto de espinhos ou tubérculos distribuídos de maneira irregular, inclusive no gaster. Possuem mandíbulas estriadas e as margens posteriores do pospeciolo não são concavas. Existem nove espécies com distribuição neotropical, das quais se tem registro de apenas uma em Mato Grosso.

Tranopelta Mayr, 1866: São formigas pequenas, de olhos diminutos, amareladas e não possuem espinhos. Elas têm de quatro a cinco dentes na mandíbula e antenas com 11 segmentos com clava apical de três. Pouco se sabe sobre a biologia desta formiga que nidificam no solo ou sob cascas

de troncos podres. Existem 2 espécies na região Neotropical e estas duas estão presentes em Mato Grosso.

Wasmannia Forel, 1893: São formigas que possuem rugas longitudinais em sua cabeça e disco central do clípeo convexo. Elas possuem escobros antenais opacos e superficiais apesar de possuírem carena frontal bem marcada estendendo até a margem posterior da cabeça. São formigas onívoras que habitam ambientes de florestas e bosques secos, porém *W. auropunctata* se adaptou a ambientes modificados pelo ser humano. Existem 11 espécies com distribuição Neotropical e quatro espécies nativas de Mato Grosso.

Subfamília PARAPONERINAE

Paraponera Smith, 1858: São formigas muito grandes, com mais 2,5 centímetros, e de coloração escura avermelhada. Possui escrobro antenal que se curva atrás dos olhos e nodo peciolar subtriangular. Essas formigas são chamadas de Tucandira, tucandeira ou “bullet ants” e são conhecidas por sua picada dolorosa, sendo utilizadas em rituais de povos indígenas. Nidificam na base de árvores de florestas úmidas ou bosques secos. Podem predar outros invertebrados, mas alimentam-se principalmente de recursos de nectários extraflorais. Existe apenas uma espécie que é Neotropical e que é nativa de Mato Grosso.

Subfamília PONERINAE

Anochetus Mayr, 1861: Possuem mandíbulas alongadas e lineares, e a parte posterior da cabeça em formato “U”. Nidificam em galhos podres, sob casca de árvores ou pequenos espaços no solo, sendo que algumas espécies nidificam em plantas epífitas. A maioria se alimenta de maneira ampla, porém algumas possuem preferência por cupins. Existem 115 espécies distribuídas pelo mundo, destas, 21 são nativas do Mato Grosso.

Dinoponera Roger, 1861: Estas são formigas gigantes, largura da cabeça superior a quatro mm e borda do clípeo com dois dentes conspícuos. Apesar de grandes, estas predadoras generalistas constroem seus pequenos ninhos no solo de florestas e

savanas, geralmente na base de árvores. Existem oito espécies nativas da região Neotropical, das quais três estão presentes em Mato Grosso.

Hypoponera Santschi, 1938: São formigas pequenas de olhos reduzidos ou ausentes e que possuem apenas um esporão apical das tíbias médias e posteriores. Nidificam no solo, embaixo de pedras, serapilheiras ou em madeira em decomposição, a maior parte das espécies no gênero possui hábito alimentar generalista, mas algumas possuem preferência pela predação de cupins e colêmbolos. Podem ser capturadas através do uso de Pitfalls de solo e Extrator Winkler. Existem 154 espécies distribuídas pelo mundo, sendo três nativas de Mato Grosso.

Leptogenys Roger, 1861: Estas formigas possuem garras tarsais pectinadas. Nidificam no solo, ou em madeira podre, mas podem construir seus ninhos em galhos de árvores mortas ou cupinzeiros abandonados. Essas formigas tendem a mudar com frequência de ninho. A maioria das espécies no gênero é generalista, porém existem espécies que possuem preferência por colêmbolos ou cupins e que praticam canibalismo larval. Existem 316 espécies distribuídas pelo mundo, sendo quatro delas nativas de Mato Grosso.

Mayaponera Schmidt & Shattuck, 2014: Possuem um pecíolo subtriangular, coloração escura com membros acobreados, olhos bem desenvolvidos e escapos antenais longos que ultrapassam a margem posterior da cabeça. Nidificam em troncos em decomposição ou camadas de serrapilheira, alimentam-se principalmente de pequenos artrópodes de corpo mole. Existem sete espécies que são neotropicais, estando duas presentes em Mato Grosso.

Neoponera Emery, 1901: São formigas grandes e escuras, com olhos muito desenvolvidos e pecíolo geralmente com nodo arredondado ou com outras formas geométricas sofisticadas. Os ninhos podem ser encontrados em uma variedade de lugares, a alimentação pode ser tanto especialista optando-se por cupins ou generalista, explorando carcaças, néctar e frutos. Existem 58 espécies distribuídas pelas regiões Neártica e Neotropical, sendo 20 encontradas em Mato Grosso.

Odontomachus Latreille, 1804: Formigas de mandíbulas alongadas e lineares, parte posterior da cabeça em formato “Y” e nodo peçoliar com ápice cônico ou pontiagudo. São predadoras que nidificam em madeira em decomposição, solo, cupinzeiros

abandonados e plantas epífitas. Existem 74 espécies distribuídas pelo mundo, sendo oito registradas em Mato Grosso.

Pachycondyla Smith, 1858: Formigas grandes de coloração negra, com pecíolo largo e massivo e que possuem uma fileira de cerdas grossas no hipopigeo em volta de cada lado do ferrão. Forrageiam predominantemente no solo, onde estabelecem também seus ninhos. Geralmente são predadoras generalistas, mas também podem se alimentar de carcaças e do arilo de sementes caídas. Existem 17 espécies distribuídas pela região Neártica e Neotropical, das quais cinco são nativas do Mato Grosso.

Pseudoponera Emery, 1900: São formigas pretas de tamanho médio à pequeno, olhos compostos e mandíbula com uma sutura basal. Existem seis espécies distribuídas pelas regiões Australasiana, Neártica, Neotropical, Oceânica, sendo duas espécies nativas de Mato Grosso.

Rasopone Schmidt & Shattuck, 2014: Possuem um tamanho pequeno à médio e mandíbulas longas, sem fossas ou suturas basais. Seu mesossoma é contínuo e sua sutura metanotal quase sempre imperceptível quando não ausente. A maioria das espécies nidifica no solo ou madeira em decomposição e forrageiam na serrapilheira. Existem 15 espécies neotropicais sendo duas nativas de Mato Grosso.

Subfamília PSEUDOMYRMICINAE

Pseudomyrmex Lund, 1831: São formigas com olhos grandes que possuem 12 segmentos em sua antena. Nidificam em galhos de árvores ou cavidades ocas de árvores sendo que 20% das espécies possuem associação com plantas mirmecófitas dos gêneros *Cordia*, *Tachigali* ou *Triplaris*. Tem hábito alimentar diverso, mas várias se associam às plantas que possuem nectários extraflorais. Existem 147 espécies de distribuição Neártica e Neotropical, sendo 29 nativas de Mato Grosso.

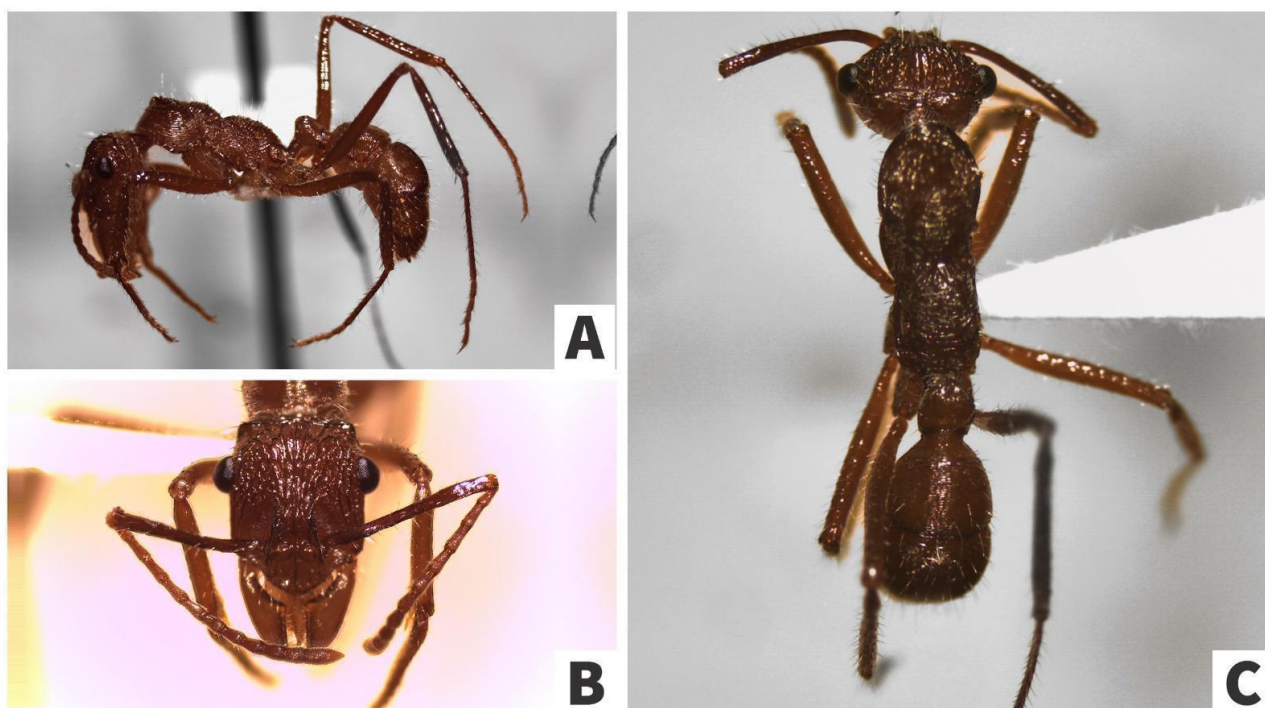
CONCLUSÃO

Dos 83 gêneros de formigas presentes no Estado de Mato Grosso (AntMaps 2024), 55 foram encontrados no Módulo do Parque Estadual do Xingu, sendo esse um

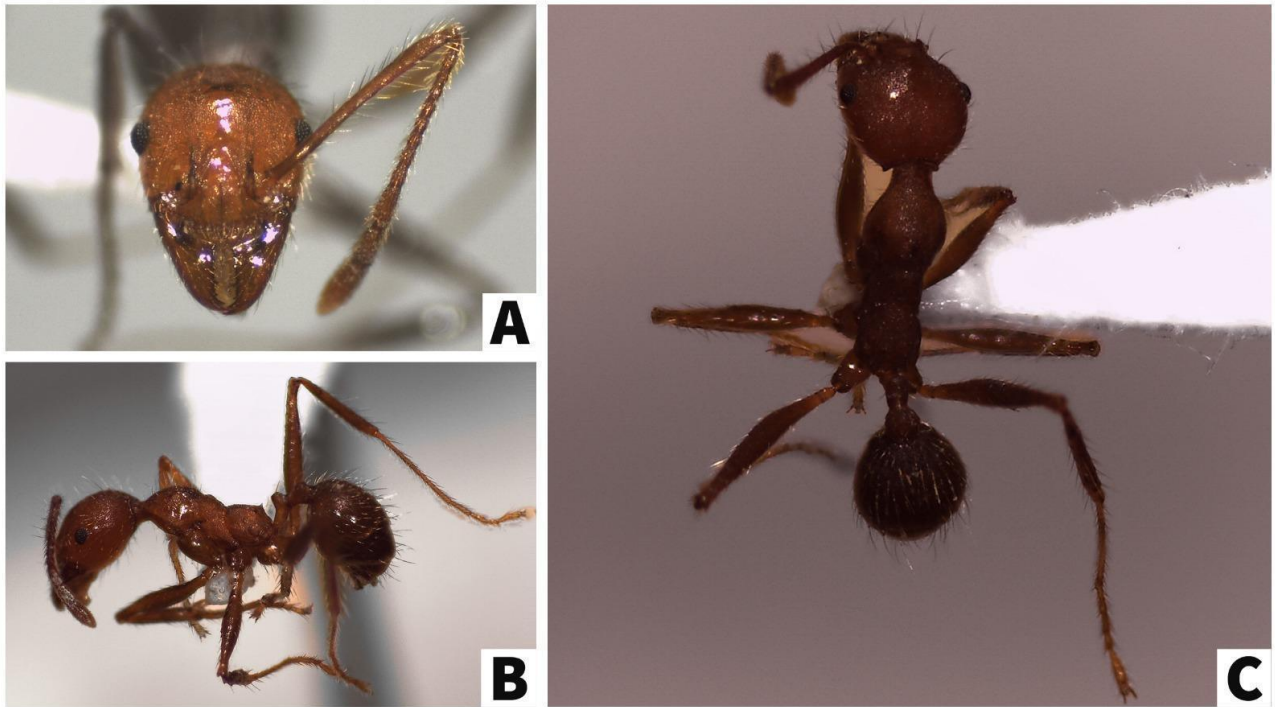
número bastante significativo dada a amostragem. De fato, foi amostrada apenas uma porção pequena do PEX e possivelmente algumas fitofisionomias e micro-habitats não foram contempladas. Também, amostras adicionais obtidas por extrator Winkler foram obtidas mas ainda não foram triadas. Estas amostras podem aumentar o número de gêneros amostrados no PEX, visto que apesar de ser uma metodologia complementar ao pitfall, esta amostra mais formigas de hábito críptico, que não se locomovem ativamente pela serrapilheira e não caem em pitfalls. Indubitavelmente, o PEX abriga uma diversidade representativa de formigas em nível nacional.

Figura 2 – Fotos de alguns gêneros de formigas amostrados no Parque Estadual do Xingu:

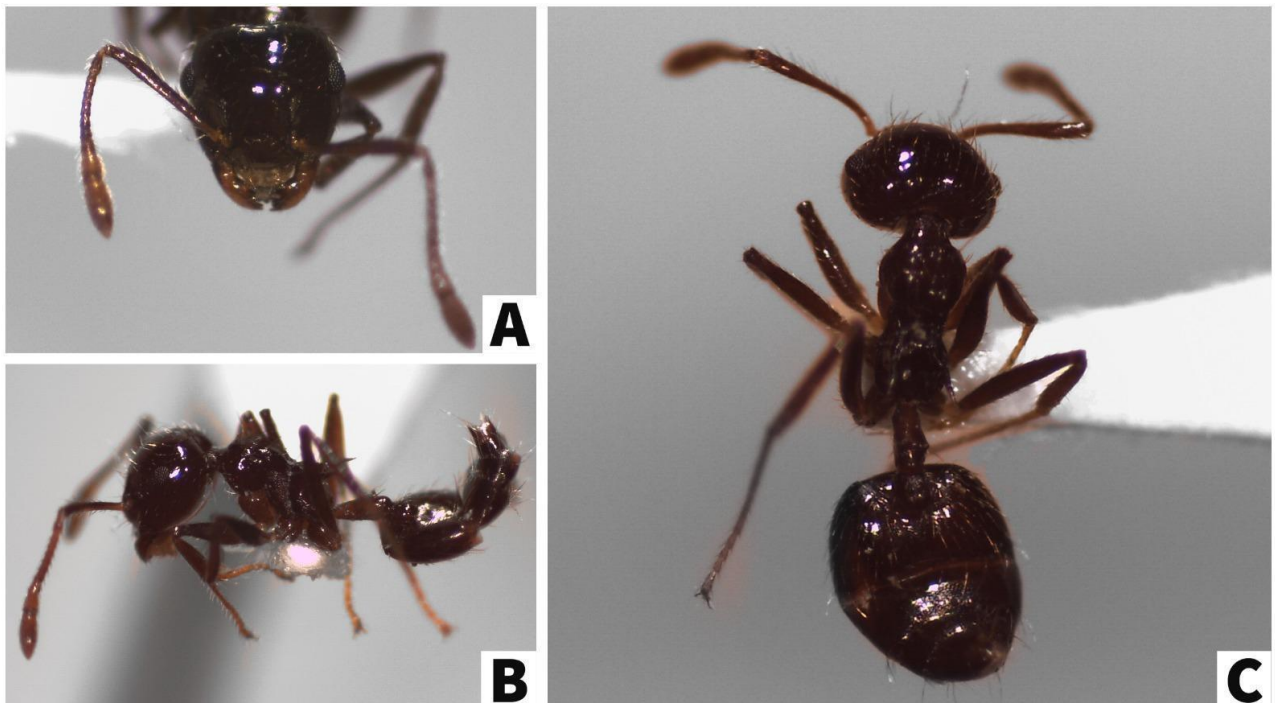
Imagens 1 *Ectatomma* sp. (a) lateral; (b) cabeça; (c) ventral.



Imagens 2 *Pheidole* sp. (a) cabeça; (b) lateral; (c) ventral.



Imagens 3 *Crematogaster* sp. (a) cabeça; (b) lateral; (c) ventral.



REFERÊNCIAS CONSULTADAS

Andrade-Silva, J., Baccaro, F.B., Prado, L.P., Guénard, B., Warren, D.L., Kass, J.M., Economo, E.P. and Silva, R.R. (2022), A large-scale assessment of ant diversity across the Brazilian Amazon Basin: integrating geographic, ecological and morphological drivers of sampling bias. **Ecography**, 2022: e06295. <https://doi.org/10.1111/ecog.06295>

AntMaps (2024). AntMaps.org. Online at <https://www.antweb.org>. Accessed 7 February 2024.

AntWeb (2024). Version 8.103.2. California Academy of Science, online at <https://www.antweb.org>. Accessed 7 February 2024.

AntWiki. (2024). Species Accounts. Online at <https://www.antweb.org>. Accessed 7 February 2024.

Baccaro, F. B., Feitosa, R. M., Fernández, F., Fernandes, I. O., Izzo, T. J., Souza, J. D., & Solar, R. (2015). Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Manaus: Editora INPA, 388.

Brandão, C. R. F. (2020). A Mirmecologia no século XXI no Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, 15(1), 15-16.

Crepaldi, R. A., Portilho, I. I. R., Silvestre, R., & Mercante, F. M. (2014). Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, 44, 781-787.

Engel, M. S., & Grimaldi, D. A. (2005). Primitive new ants in cretaceous amber from Myanmar, New Jersey, and Canada (Hymenoptera: Formicidae). **American Museum Novitates**, 2005(3485), 1-24.

Lach, L., Parr, C., & Abbott, K. (Eds.). (2010). Ant ecology. Oxford university press.

Magalhães, F. S., Campana, D. R. D. S., Freitas, G. D. S., Abonizio-Santos, M. R., Prado, L. P. D., & Morini, M. S. D. C. (2022). Natural regeneration in Atlantic Forest Fragments: using ants (Hymenoptera: Formicidae) for monitoring a conservation unit. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 62.

MATO GROSSO. Decreto nº 3.585, de 07 de dezembro de 2001. Dispõe sobre a criação do Parque Estadual do Xingu e dá outras providências. Diário oficial do Estado de Mato Grosso.

Schmidt, F. A., Ribas, C. R., Feitosa, R. M., Baccaro, F. B., de Queiroz, A. C. M., Sobrinho, T. G., ... & Martello, F. (2022). Ant diversity studies in Brazil: an overview of the myrmecological research in a megadiverse country. **Insectes Sociaux**, 69(1), 105-121.

Silva-Junior, C. H., Pessôa, A. C., Carvalho, N. S., Reis, J. B., Anderson, L. O., & Aragão, L. E. (2021). The Brazilian Amazon deforestation rate in 2020 is the greatest of the decade. **Nature ecology & evolution**, 5(2), 144-145.

Solomon, S. E., Rabeling, C., Sosa-Calvo, J., Lopes, C. T., Rodrigues, A., Vasconcelos, H. L., ... & Schultz, T. R. (2019). The molecular phylogenetics of *Trachymyrmex* Forel ants and their fungal cultivars provide insights into the origin and coevolutionary history of 'higher-attine' ant agriculture. **Systematic Entomology**, 44(4), 939-956.