

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INBIO

GUSTAVO HENRIQUE PEREIRA DA SILVA

**Comunidade de formigas em áreas de Cerrado:
Qual história elas nos contam sobre os últimos doze anos?**

Uberlândia
2025

GUSTAVO HENRIQUE PEREIRA DA SILVA

**Comunidade de formigas em áreas de Cerrado:
Qual história elas nos contam sobre os últimos doze anos?**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de biologia da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em ciências
biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Luís de
Vasconcelos

Uberlândia

2025

GUSTAVO HENRIQUE PEREIRA DA SILVA

**Comunidade de formigas em áreas de Cerrado:
Qual história elas nos contam sobre os últimos doze anos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de biologia da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em ciências
biológicas.

Uberlândia, 2025

Banca Examinadora:

Prof. Heraldo Luís de Vasconcelos – Dr. (INBIO - UFU)

Prof. Alan Nilo da Costa – Dr. (INBIO - UFU)

Lino Abdelnour Zuanon – Dr. (INBIO - UFU)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao professor Heraldo, pela orientação e apoio.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite.

Aos colegas de laboratório, por toda ajuda e amizade.

A minha namorada Eduarda toda ajuda companheirismo e apoio.

Aos meus pais por todo apoio e suporte.

Aos meus amigos por sempre me incentivarem e seu companheirismo.

RESUMO

Como as comunidades biológicas mudam ao longo do tempo e como estas comunidades respondem a perturbações são duas perguntas duradouras e primordiais na ecologia. O estudo da ecologia do fogo no Cerrado tem se tornado cada vez mais importante visto que o aumento na frequência e dimensão dos fogos podem causar diminuição da biodiversidade. Formigas são frequentemente usadas como organismo modelo em estudos sobre os efeitos do fogo sobre a fauna já que são um dos grupos de animais mais diversos e abundantes nos ecossistemas terrestres, servindo como bioindicadores de mudanças em comunidades. Estudos sobre comunidades de formigas tem sido realizado em diversas partes do Cerrado, incluindo a região do Triângulo Mineiro e Sudeste do Goiás, região onde está inserido o “sítio” TMSG que desde 2012 faz parte do PELD. Em particular duas unidades de conservação têm sido monitoradas: a REP localizada em Uberlândia e o PESCAN localizado em Caldas Novas. O presente trabalho avalia se houve ou não mudanças na composição da comunidade de formigas de solo ao longo dos últimos 12 anos e se a magnitude destas eventuais mudanças foi diferente entre as duas unidades de conservação. Para isso o estudo determinou a mudança temporal na diversidade e abundância de gêneros e de parte das espécies (as cultivadoras de fungo, as poneromorfas e *Cephalotes*), determinou a dissimilaridade temporal na composição de espécies em cada reserva e a importância relativa do turnover e aninhamento na dissimilaridade observada e relacionou as mudanças no padrão de biodiversidade com eventuais mudanças temporais na vegetação ou clima. Para isso foram realizadas coletas em 2012 e 2023 no Panga e de 2011 e novamente 2023 no PESCAN. Foram utilizadas armadilhas do tipo pitfall distribuídas em 10 pontos por transecto (2 na REP e 3 no PESCAN). Foram coletados dados de NDVI, temperatura e pluviosidade. Foram realizadas análises utilizando os índices de Bray-Curtis, curvas de rarefação individualizadas e índice de Sørensen. Os resultados desse estudo indicam uma tendência de diminuição de riqueza de gêneros no PESCAN e um alto índice de turnover tanto de gênero quanto de espécies no Panga, assim como um adensamento da vegetação em ambas as áreas apesar dos incêndios no Panga, que possivelmente são responsáveis pelo maior índice de turnover nesta reserva. Embora as formigas de solo sejam em geral resilientes a ação do fogo, os resultados do presente estudo indicam que mudanças temporais nas comunidades ocorrem, notadamente em áreas impactadas por incêndios de alta severidade.

Palavras-chave: Estudos de longa duração, fogo, cerrado, formigas, comunidades

ABSTRACT

How biological communities change over time and how these communities respond to disturbances are two long-standing and fundamental questions in ecology. The study of fire ecology in the Cerrado has become increasingly important, as the increase in the frequency and extent of fires can lead to a decline in biodiversity. Ants are frequently used as model organisms in studies on the effects of fire on fauna, as they are among the most diverse and abundant animal groups in terrestrial ecosystems and can be used as bioindicators of community changes. Studies on ant communities have been carried out in various parts of the Cerrado, including the Triângulo Mineiro region and southeastern Goiás—the region where the TMSG “site” is located, which has been part of the PELD (Long-Term Ecological Research Program) program since 2012. In particular, two conservation units have been monitored: REP, located in Uberlândia, and PESCAN, located in Caldas Novas. The present study evaluates the extent to which the diversity and composition of ground-dwelling ant communities changed over the past 12 years and whether the magnitude of these potential changes differs between the two conservation units. To do this, the study assessed temporal changes in the diversity and abundance of genera and selected species groups (fungus-growing ants, poneromorphs, and *Cephalotes*), determined the temporal dissimilarity in species composition within each reserve (assessing the relative importance of turnover and nestedness in the observed dissimilarity), and related changes in biodiversity patterns to possible temporal changes in vegetation and climate. Sampling was conducted in 2012 and 2023 at REP and in 2011 and again in 2023 at PESCAN. Pitfall traps were used, distributed across 10 points per transect (2 in REP and 3 in PESCAN). NDVI, temperature, and rainfall data were also collected. Analyses included the Bray-Curtis dissimilarity index, individual-based rarefaction curves, and the Sørensen index. The results of this study indicate a trend of decreasing genus richness in PESCAN and a high rate of turnover in both genera and species at REP, along with increased vegetation density in both areas, despite the fires at REP which may be responsible for the higher turnover rate observed in that reserve. Although ground-dwelling ants are generally resilient to the effects of fire, the results of this study indicate that temporal changes in communities do occur, particularly in areas affected by high-severity fires.

Keywords: long-term study, fire, Cerrado, ants, communities

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa da área de estudo, mostrando a localização dos municípios no Brasil e a localização das áreas de estudo nos municípios	11
Figura 2. Temperatura e Pluviosidade PESCAN e Panga de 2011 a 2023	14
Figura 3. NDVI de um ponto de cada transecto em ambas as áreas de 2013 a 2023	14
Figura 4. Variância do NDVI por ponto ao longo dos anos.....	15
Figura 5. NDVI do PESCAN mostrando o ano mais próximo possível da primeira coleta (2013), os anos que houve incêndios no Panga (2014, 2017 e 2020 pois devido a nuvens na imagem de satélite não foi possível usar uma imagem de 2021) e o ano da última coleta (2023). Todas as imagens são do mês de novembro.....	16
Figura 6. NDVI do Panga, mostrando o ano mais próximo possível da primeira coleta (2013), os anos que houve incêndios (2014, 2017,2021) e a o ano da última coleta (2023). Todas as imagens são do mês de novembro.....	16
Figura 7. Curva de rarefação individualizada dos gêneros, sendo ocorrência o número de registros de gêneros. Mostra uma tendência de diminuição de riqueza de gêneros no PESCAN de 2011 para 2023, mas não no Panga.	18
Figura 8. Curva de rarefação individualizada de espécies, sendo ocorrência o número de registros de espécies. Não mostra tendencias em ambas as áreas.	18
Figura 9. Linhas de equivalência: A espécies PESCAN 2 e 3 transectos, B Espécies Panga, C Gêneros Panga, D Gêneros PESCAN 3 transectos, E Gêneros PESCAN 2 transectos	21
Tabela 1. Comparação dos índices de Bray-Curtis, Sorensen, Turnover e Aninhamento de ambas as áreas.	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	HIPOTESE.....	10
3	OBJETIVOS	10
3.1	Objetivos gerais.....	10
3.2	Objetivos específicos	10
4	METODOLOGIA.....	10
4.1	Área de Estudo.....	10
4.2	Amostragem	12
4.3	Dados abiót icos.....	12
4.4	Análise de dados	13
5	RESULTADOS	13
5.1	Dados Abióticos.....	13
5.2	Riqueza e abundância.....	17
5.3	Dissimilaridade na composição de gêneros ou espécies.....	19
6	DISCUSSÃO	22
7	CONCLUSÃO.....	23
	REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

Como as comunidades biológicas mudam ao longo do tempo e como estas comunidades respondem a perturbações são duas perguntas duradouras e primordiais na ecologia (Matthews *et al.*, 2013). As perturbações são um dos principais processos ecológicos que alteram a estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Cadotte, 2007b). Distúrbios ecológicos são fundamentais para a manutenção da biodiversidade em ecossistemas naturais (Andersen, 2019), e são definidos como eventos discretos que provocam perda de biomassa de um sistema (Grime, 1977). Durante muito tempo considerou-se que os ecossistemas naturais se desenvolviam em direção a um estado de clímax, o que levou a consequências no manejo de áreas preservadas, levando a exclusão de perturbações (Durigan e Ratter, 2016). Porém, recentemente, tem se dado mais atenção as condições de não equilíbrio e a natureza dinâmica dos ecossistemas, que por meio de distúrbios tem uma variabilidade espacial e temporal, o que garante a coexistência de diversas formas de vidas (Cadotte, 2007a). Em um ecossistema com variabilidade espacial, podem coexistir diversas espécies devido a especialização de nicho, aumentando assim a diversidade (Connell, 1978).

O fogo é um agente de perturbação natural historicamente importante para muitos ecossistemas terrestres, em especial para as savanas tropicais (Pivello, 2011). Nestas, a biomassa produzida por gramíneas gera material combustível para a ocorrência de incêndios por raios durante o início da estação chuvosa (Andersen, 2021). O Cerrado é uma região dominada por savanas e que ocupa por volta de 25% do território brasileiro (Ratter, Ribeiro e Bridgewater, 1997). O fogo é um importante componente da história evolutiva desses ecossistemas, o que resultou em adaptações para lidar com o fogo em muitos casos (Pilon *et al.*, 2018). Há registros de fogo no Cerrado datando de cerca de 32.000 anos atrás (SALGADO-LABOURIAU *et al.*, 1996), ou seja, antes mesmo da presença humana nesta região.

O estudo da ecologia do fogo no Cerrado tem se tornado cada vez mais importante visto que tanto a população humana quanto as atividades agrícolas nessa região têm aumentado substancialmente e consequentemente a frequência e dimensão dos incêndios aumentaram bem acima de níveis históricos (Mistry, 1998). Argumentos contra o manejo de fogo resultam do histórico de erros no uso do fogo, assim como das políticas atuais de conservação que buscam mitigar as mudanças climáticas, causando assim a supressão do fogo em muitos casos (Durigan *et al.*, 2020). A supressão do fogo pode causar o acúmulo de materiais inflamáveis, aumentando o risco de ocorrer fogos de alta intensidade, sendo um perigo para a biodiversidade do cerrado (ROSA *et al.*, 2021).

Formigas são frequentemente usadas como organismo modelo em estudos sobre os efeitos do fogo sobre a fauna já que são um dos grupos de animais mais diversos e abundantes nos ecossistemas terrestres (Folgarait, 1998; Rosenberg *et al.*, 2023; Schultheiss *et al.*, 2022), onde desempenham importantes papéis ecológicos (Toro, Del, Ribbons e Pelini, 2012). A reposta das formigas ao fogo pode variar de acordo com o habitat em que elas nidificam. Formigas que nidificam no solo estão amplamente protegidas do efeito direto do fogo, já que o aumento da temperatura do solo abaixo de uma profundidade de 5 cm durante um incêndio é geralmente mínimo (Miranda *et al.*, 1993). Neste caso o efeito do distúrbio sobre as formigas de solo é majoritariamente indireto, causado por mudanças na estrutura da vegetação, microclima, disponibilidade de recursos e/ou interações competitivas (Andersen, 2019). Já as espécies de formigas que nidificam na vegetação podem estar mais expostas aos efeitos diretos do fogo, já que este pode destruir os galhos e troncos de árvores que são os locais de nidificação da maioria das espécies que vivem na vegetação. Há evidências de que a mortalidade de colônias de formigas arbóreas tende a ser particularmente elevada durante incêndios de alta severidade, e que estes acabam por causar mudanças drásticas na composição da comunidade (Rosa *et al.*, 2021). Isto reforça a importância de entender os efeitos do fogo sobre a fauna do Cerrado, uma vez que eventos extremos de fogo estão se tornando mais frequentes neste bioma em função das mudanças climáticas (Mistry, 1998; Wotton, Flannigan e Marshall, 2017).

Estudos sobre comunidades de formigas tem sido realizado em diversas partes do Cerrado (Durigan *et al.*, 2020; Frizzo, Campos e Vasconcelos, 2012; Prado-Júnior *et al.*, 2020; Rosa *et al.*, 2021; Vasconcelos, Maravalhas e Cornelissen, 2017) incluindo a região do Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás (TMSG), região onde está inserido o “sítio” TMSG que desde 2012 faz parte do Programa Ecológico de Longa Duração (PELD) do Conselho Nacional de Pesquisas e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Em particular, duas unidades de conservação do Cerrado têm sido monitoradas como parte deste sítio PELD: a RPPN Reserva Ecológica do Panga (REP) em Uberlândia, MG, e o Parque Estadual da Serra de Caldas (PESCAN), em Caldas Novas, GO. Nestas, foi realizado um inventário da fauna de formigas arborícola e do solo entre o final de 2011 e início de 2012 (Frizzo, Campos e Vasconcelos, 2012). Um novo inventário da mirmecofauna arbórea foi conduzido em 2018 por Rosa et al. (2021) que mostraram mudanças mais severas na estrutura da comunidade de formigas da REP do que do PESCAN, devido a ocorrência de incêndios de alta severidade na REP, porém não no PESCAN. Assim, o presente trabalho visa expandir o estudo anterior avaliando se houve ou não mudanças na composição da comunidade de formigas de solo ao

longo dos últimos 12 anos e se a magnitude destas eventuais mudanças foi diferente entre as duas unidades de conservação, cujos históricos de perturbação pelo fogo são diferentes.

2 HIPOTESE

Como os efeitos do fogo sobre as comunidades de formigas do solo tende a ser um efeito indireto, mediado por mudanças na estrutura da vegetação. A hipótese do trabalho e de que o grau de mudança na cobertura da vegetação tem relação com o grau de mudança na estrutura da comunidade de formigas do solo. Para isto serão consideradas as eventuais diferenças na cobertura vegetal (medida através do Normalized Vegetation Index - NDVI) e na comunidade de formigas entre 2012 e 2023 em cada uma das duas reservas.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

Analizar como os padrões de biodiversidade de duas áreas com histórico de fogo distinto mudaram após 12 anos.

3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1 Determinar as diferenças temporais na diversidade de gêneros e espécies em cada reserva.
- 3.2.2 Determinar a dissimilaridade temporal na composição de espécies em cada reserva e a importância relativa do turnover e aninhamento na dissimilaridade observada
- 3.2.3 Relacionar as mudanças no padrão de biodiversidade com eventuais mudanças temporais na vegetação ou clima.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado em duas unidades de conservação do Cerrado (Figura 1): a Reserva Ecológica do Panga – REP (19°10'S, 48°23' O), situada 30 km ao sul da cidade de Uberlândia, na região do Triângulo Mineiro em Minas Gerais e o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas - PESCAN (17°48'S, 48°41' O), localizado no sudoeste do estado de Goiás, entre os municípios de Caldas Novas e Rio Quente. A REP ocupa uma área de 403,85 hectares, e abrange variadas fitofisionomias do cerrado como cerrado ralo e cerrado stricto sensu e

cerradão. Já o PESCAN, ocupa uma área de 12.159 hectares, também com diversas fitofisionomias do cerrado, a predominante sendo cerrado stricto sensu.

O clima na região de Uberlândia e Caldas Novas, é tropical com duas estações distintas: um fria e seca (maio a setembro) e uma quente e chuvosa (outubro a abril). Durante o período do estudo (2011-2023) a temperatura e precipitação média anual foram respectivamente 23,45°C e 1457 mm com temperatura máxima de 38,5°C e mínima de 4,7°C em Uberlândia, enquanto em Caldas Novas foi registrado uma temperatura média de 23,28°C e 1101 mm de precipitação com temperatura máxima de 40,8°C e mínima de 4,1°C (dados do Instituto Nacional de Meteorologia, <https://mapas.inmet.gov.br>).

No Pangá houve queimadas de alta intensidade que afetaram praticamente todo a área da reserva nos anos de: 2014, 2017 e 2021. Já no PESCAN houve apenas uma queimada no ano de 2011, a qual que não afetou a área de estudo.

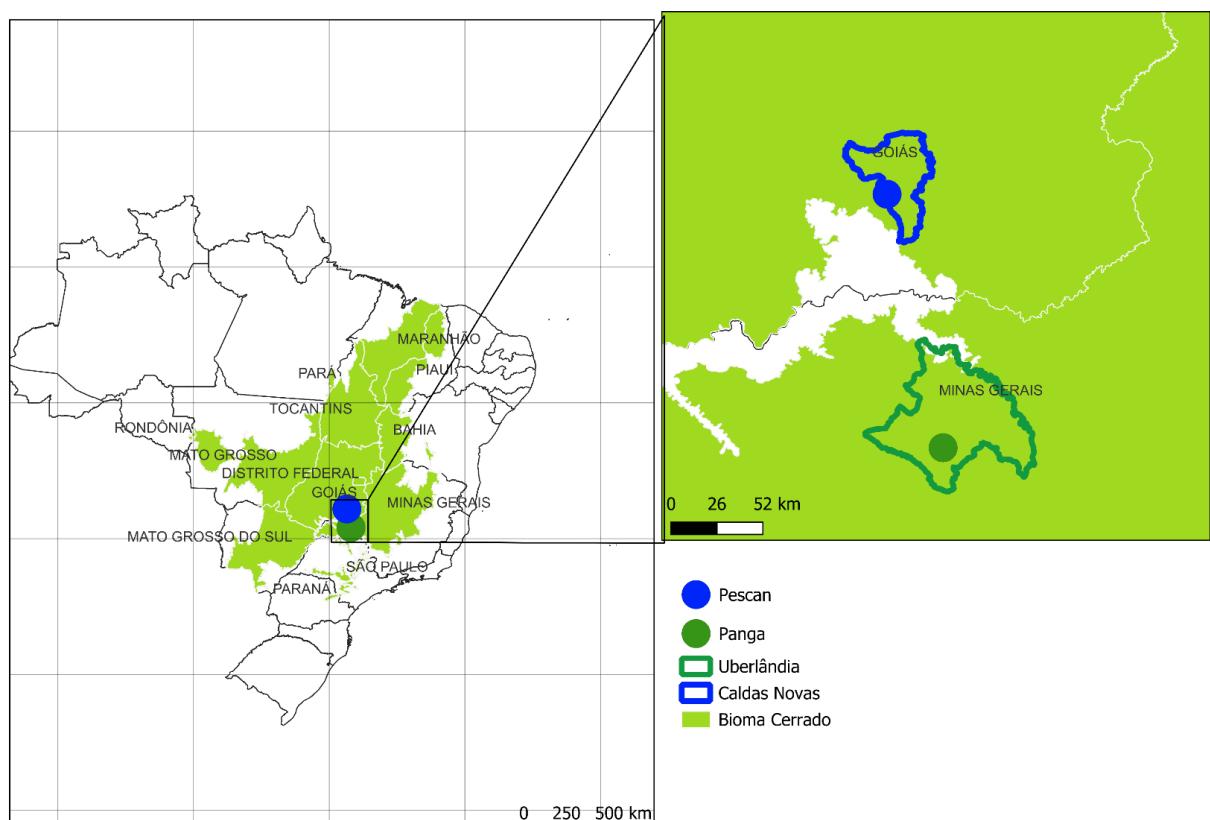


Figura 1. Mapa da área de estudo, mostrando a localização dos municípios no Brasil e a localização das áreas de estudo nos municípios.

4.2 Amostragem

As coletas foram realizadas em entre 20 e 22 de janeiro de 2012 e entre 15 e 17 de agosto de 2023 no Panga e entre 2 e 4 de novembro de 2011 e novamente entre 30 de julho e 1 de agosto de 2023 no PESCAN. Para coletar as formigas, foram utilizadas armadilhas do tipo pitfall que consistem em copos plásticos com capacidade de 250ml enterrados no solo e parcialmente preenchidos de uma solução de água e algumas gotas de detergente. Foram estabelecidos dois 2 transectos amostrais no Panga e três no PESCAN, distantes ao menos 1 km entre si. Cada transecto tinha um comprimento de aproximadamente 380 m ao longo do qual foram estabelecidos 10 pontos amostrais distantes 40 m entre si. Em cada ponto amostral foram instaladas quatro armadilhas pifall nos vértices de um grid de aproximadamente 2,5 x 2,5. As armadilhas ficaram em atividade por 48 horas e seu conteúdo combinado por grid, totalizando 10 amostras por transecto. As amostras foram triadas e montadas e identificadas a nível gênero. Identificação ao nível de espécie ou morfoespécie foi realizada apenas para os grupos taxonomicamente mais bem resolvidos (especificamente as formigas cultivadoras de fungo, as poneromorofas e as formigas do gênero *Cephalotes*), devido a grande quantidade de material existente para identificação. Exemplares do material coletado encontram-se depositados na Coleção do Laboratório de Ecologia de Insetos Sociais da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

4.3 Dados abióticos

A fim de comparar os diferentes históricos de ambas as áreas, foram coletados dados abióticos de temperatura pluviosidade, NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada) e ocorrência de queimadas. Os dados de temperatura (média anual, máxima e mínima) e pluviosidade (quantidade anual em mm) foram extraídos das estações climáticas de Uberlândia, para os dados do Panga e de Pires do Rio (GO) para os dados do PESCAN a partir do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, <https://mapas.inmet.gov.br>). Os dados de NDVI foram coletados a partir de imagens de satélite fornecidas pelo USGS (United States Geological Survey, <https://earthexplorer.usgs.gov>).

4.4 Análise de dados

Foram realizadas comparações da riqueza de gêneros e de espécies (de cultivadoras de fungo, poneromorfas e *Cephalotes*) entre as diferentes coletas no Panga (2012 vs. 2023) e no PESCAN (2011 vs. 2023), através de curvas de rarefação construídas no programa PAST (Hammer *et al.*, 2001). Comparou-se o número cumulativo de gêneros ou espécies coletadas em cada local e período em função do número de ocorrência de espécies (i.e., usando-se uma “individual-based rarefaction”; GOTELLI; COLWELL, 2001).

Para cada reserva foi calculada a dissimilaridade na composição de gêneros assim como na composição de espécies (para os grupos identificados até este nível). A dissimilaridade total foi calculada primeiramente usando-se o índice de Bray-Curtis (um índice quantitativo), com base em matrizes contendo o número de registros (ocorrências) por gênero ou espécie. Estes dados foram logaritimizados ($\log x + 1$) para minimizar a influência dos gêneros e/ou espécies mais abundantes (numericamente dominantes). A dissimilaridade total também foi calculada pelo índice de Sørensen, um índice que usa apenas dados de presença ou ausência, sendo esta particionada entre dissimilaridade devido ao turnover ou aninhamento (Baselga, 2010). A dissimilaridade devido ao turnover foi calculada pelo índice de Simpson (que também usa dados de presença ou ausência). A dissimilaridade devido ao aninhamento foi determinada calculando a diferença entre o índice de Sørensen e o índice de Simpson. As análises de dissimilaridade foram feitas no R (RIPLEY, 2001) usando-se o programa “betapart” (“Package ‘betapart’ Type Package Title Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components”, 2023). Como a dissimilaridade entre os anos poderia ser influenciada pelo esforço amostral e como este foi maior no PESCAN do que no Panga a dissimilaridade entre anos de coleta no Panga foi calculada duas vezes, uma usando a informação obtida em todos os três transectos amostrais e outro usando apenas a informação dos dois primeiros transectos.

5 RESULTADOS

5.1 Dados Abióticos

Os dados de temperatura pluviosidade (Figura 2) e NDVI (Figuras 3, 4 e 5) foram similares entre as duas áreas ao longo do tempo, com as temperaturas aumentando ao longo dos anos apesar de o município de Caldas Novas ser mais quente, e o NDVI que indica saúde e densidade da vegetação também aumentou de forma semelhante (coeficiente de correlação de

Pearson entre o NDVI de ambas áreas de 2013 a 2023 de 0,911, $P < 0.001$) em ambas as áreas apesar dos fogos no Panga nos anos de 2014, 2017 e 2021.

Já a pluviosidade no município de Caldas Novas parece estar seguindo uma tendência diferente da do município de Uberlândia (Coeficiente de correlação de Pearson entre a pluviosidade de ambas as áreas de 2011 a 2023 de 0,301, $P > 0,3$)

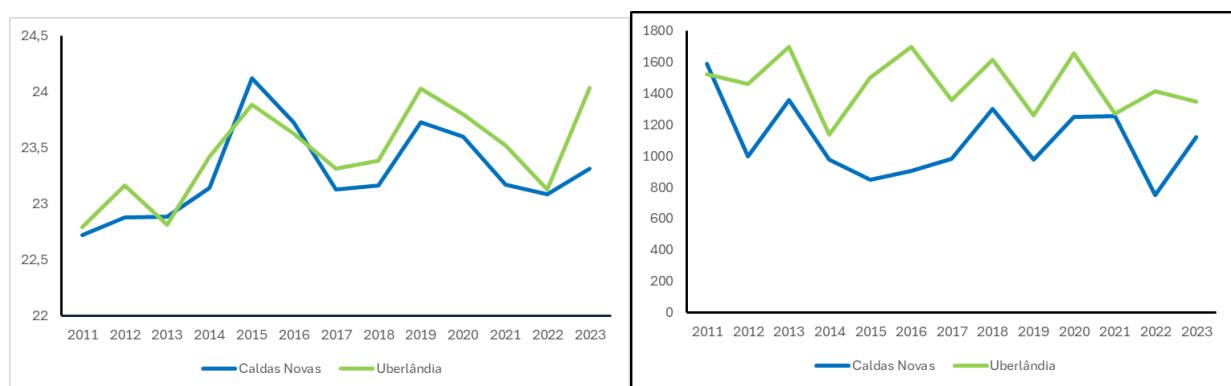


Figura 2. Temperatura e Pluviosidade PESCAN e Pangue de 2011 a 2023

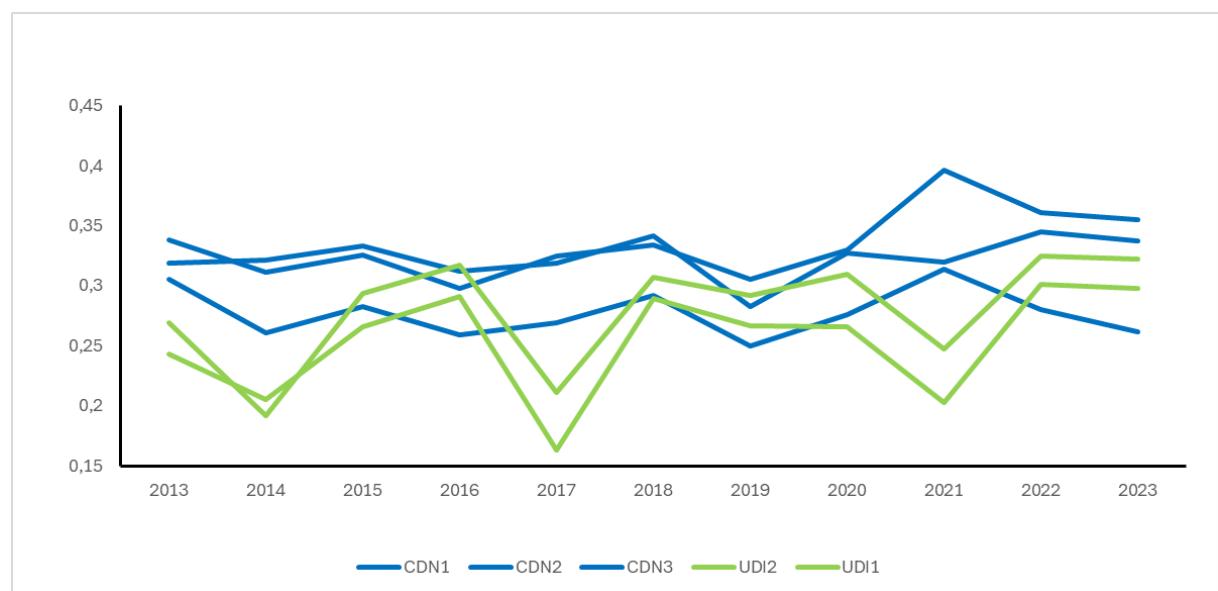


Figura 3. NDVI de um ponto de cada transecto em ambas as áreas de 2013 a 2023

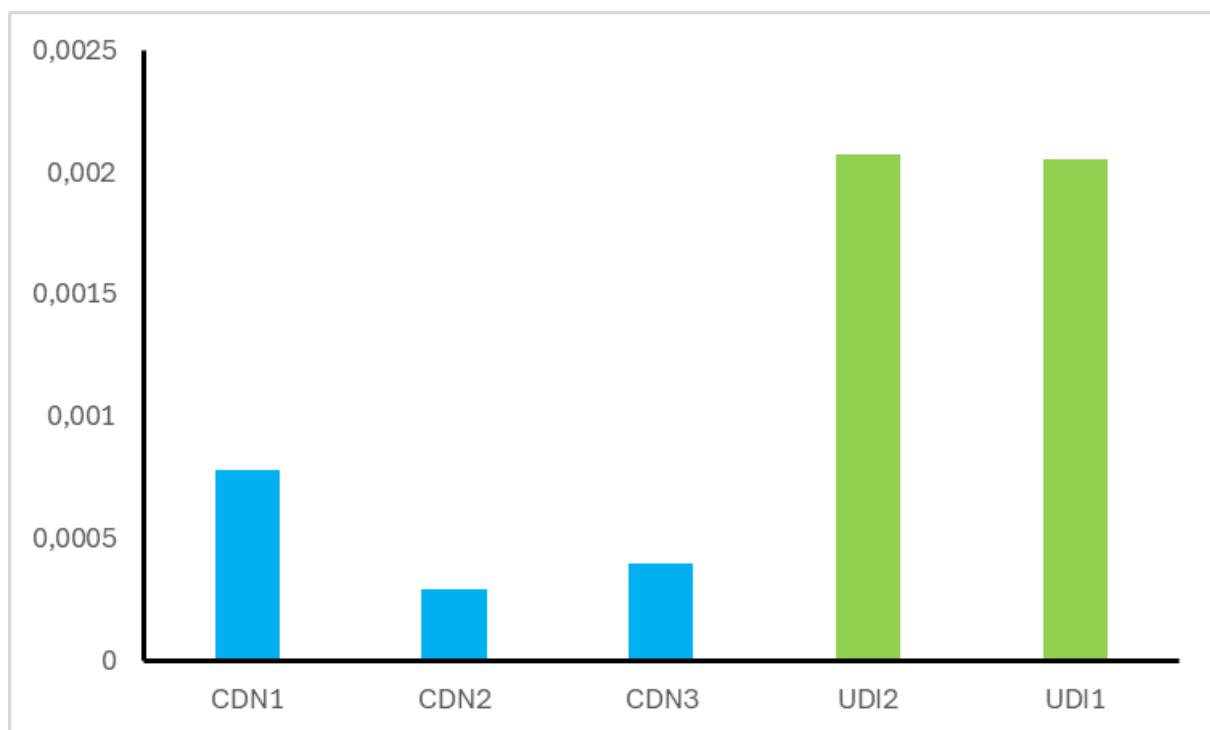


Figura 4. Variância do NDVI por ponto ao longo dos anos.

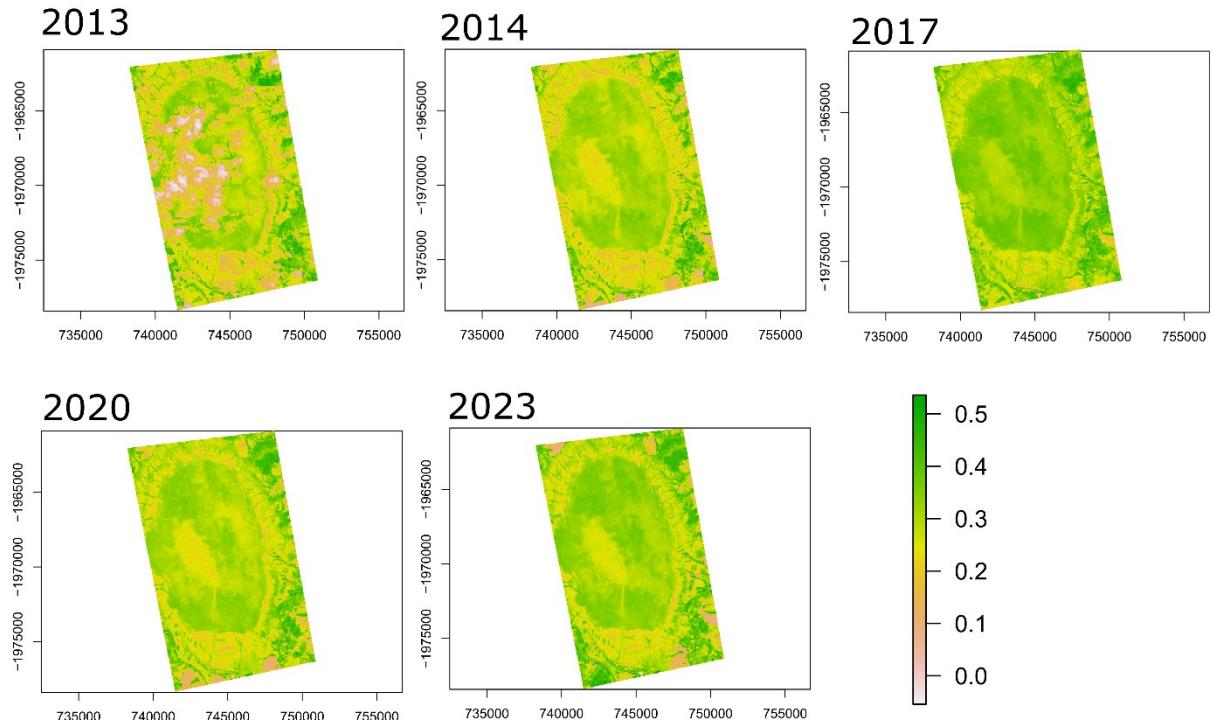


Figura 5. NDVI do PESCAN mostrando o ano mais próximo possível da primeira coleta (2013), os anos que houve incêndios no Panga (2014, 2017 e 2020 pois devido a nuvens na imagem de satélite não foi possível usar uma imagem de 2021) e o ano da última coleta (2023). Todas as imagens são do mês de novembro.

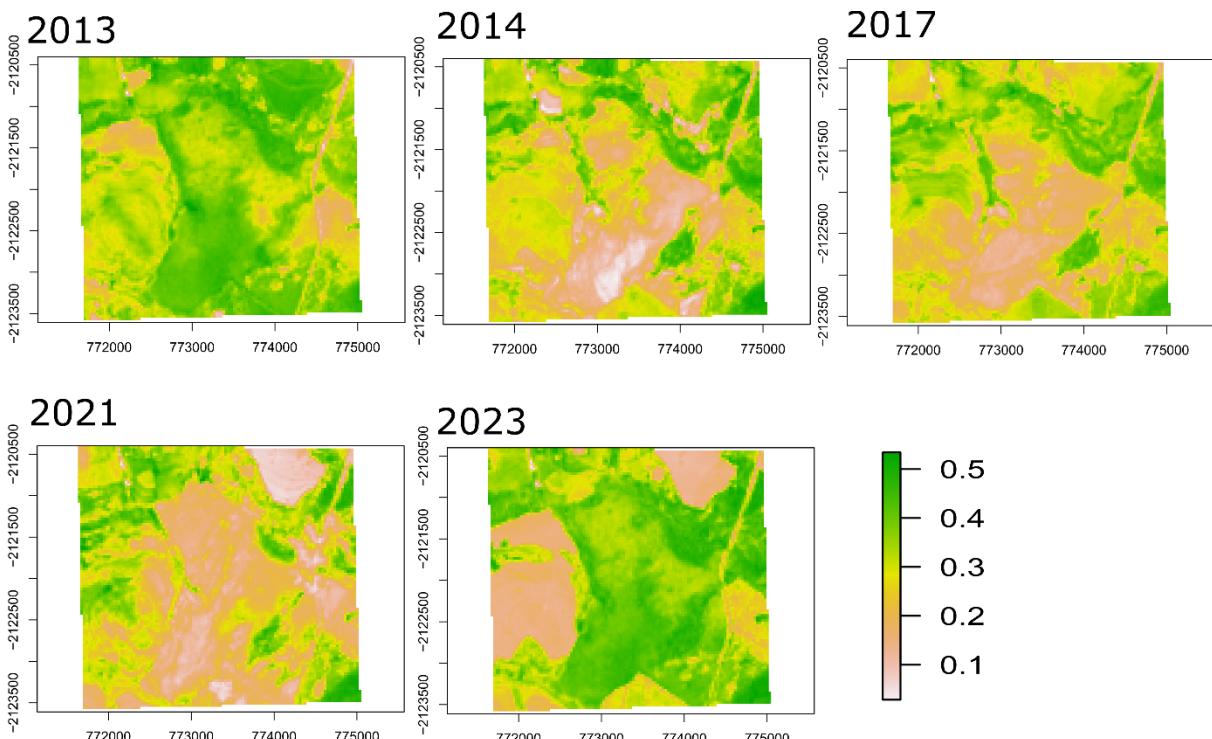


Figura 6. NDVI do Panga, mostrando o ano mais próximo possível da primeira coleta (2013), os anos que houve incêndios (2014, 2017, 2021) e a o ano da última coleta (2023). Todas as imagens são do mês de novembro.

5.2 Riqueza e abundância

No PESCAN em 2011 foram amostradas formigas pertencentes a 36 gêneros (Figura 6), entre os quais os mais frequente foram: *Pheidole*, *Camponotus*, *Solenopsis*, *Ectatomma* e *Brachymyrmex*. Em 2023 foram amostrados 25 gêneros, entre os quais os mais frequentes foram: *Pheidole*, *Camponotus*, *Ectatomma*, *Brachymyrmex* e *Linepithema*. Quanto as espécies que foram identificadas a nível de espécie ou morfoespécie (i.e., as cultradoras de fungo, poneromorfas e *Cephalotes*) em 2011 foram registradas 27 espécies (Figura 7) sendo as mais frequentes *Mycocepurus goeldii*, *Dinoponera grandis*, *Ectatomma edentatum*, *Ectatomma permagnum* e *Mycetomoellerius* sp15 (morfótipo da coleção). Em 2023 foram registradas 22 espécies, sendo as espécies mais frequentes: *Ectatomma edentatum*, *Ectatomma opaciventre*, *Atta laevigata* e *Cephalotes pusillus*.

No Panga em 2012 foram amostrados 31 gêneros (Figura 6), sendo os mais frequentes: *Pheidole*, *Solenopsis*, *Mycetomoellerius*, *Brachymyrmex* e *Wasmania*. Em 2023 foram amostrados 28 gêneros sendo os mais frequentes *Pheidole*, *Camponotus*, *Solenopsis*, *Brachymyrmex* e *Linepithema*. Dentre as 23 espécies identificadas as mais frequentes em 2012 (Figura 7) foram: *Neoponera verenae*, *Mycocepurus goeldii*, *Holcoponera striatula*, *Ectatomma opaciventre* e *Ectatomma permagnum*. Em 2023 ocorreram 24 espécies as mais frequentes foram: *Holcoponera striatula*, *Ectatomma opaciventre*, *Ectatomma edentatum*, *Mycetomoellerius oetkeri* e *Neoponera verenae*.

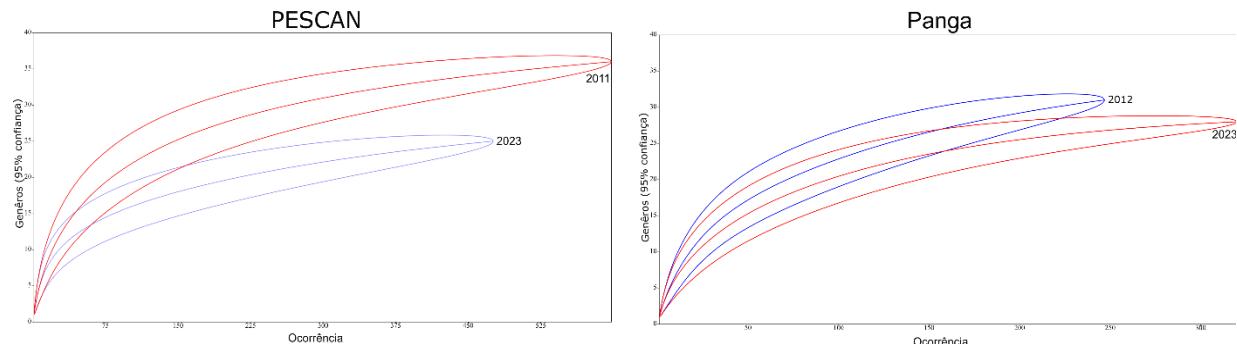


Figura 7. Curva de rarefação individualizada dos gêneros, sendo ocorrência o número de registros de gêneros. Mostra uma tendência de diminuição de riqueza de gêneros no PESCAN de 2011 para 2023, mas não no Pangá.

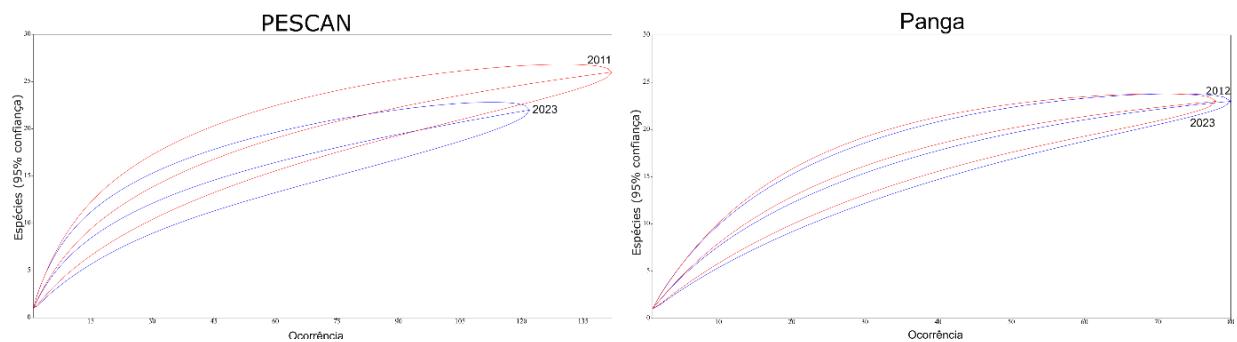


Figura 8. Curva de rarefação individualizada de espécies, sendo ocorrência o número de registros de espécies. Não mostra tendências em ambas as áreas.

5.3 Dissimilaridade na composição de gêneros ou espécies

Levando em conta o índice de Bray-Curtis a nível de gênero a dissimilaridade do Panga foi um pouco maior que a do PESCAN sendo respectivamente 0,314 e 0,295 (Figura 8). Já a dissimilaridade ao nível de espécie (cultivadoras de fungo, poneromorfas e *Cephalotes*) 1,23 vezes maior no Panga foi que a do PESCAN, sendo respectivamente 0,528 e 0,429. Considerando dados de apenas dois transectos no PESCAN para eliminar o efeito do esforço amostral, a dissimilaridade de gêneros foi de 0,271, sendo o do Panga de 0,314 a dissimilaridade do Panga foi 1,15 vezes maior, quanto as espécies, considerando 2 transectos no PESCAN a dissimilaridade foi de 0,408 e de 0,528 no Panga sendo 1,29 vezes maior.

Também foi calculado o índice de dissimilaridade de Sørensen, que a nível de gênero (Figura 9) foi 1,27 vezes maior no Panga quando comparado ao PESCAN, sendo respectivamente 0,355 e 0,278. Para espécies ou morfoespécies (Figura 10) o índice foi 1,7 vezes maior no Panga quando comparado com o PESCAN, sendo respectivamente 0,565 e 0,333.

A partir do índice de dissimilaridade de Sørensen foram calculados os índices de turnover e aninhamento, a nível de gênero e dentre o subgrupo de espécies. O turnover foi muito maior no Panga, sendo 2,67 vezes maior a nível de gênero e 2 vezes maior considerando espécies ou morfoespécies. No PESCAN, a nível de gênero, o aninhamento foi maior que o turnover, enquanto no Panga observou-se o oposto. O mesmo foi observado para as análises ao nível de espécie ou morfoespécie.

Os gêneros que mais mudaram com relação ao número de ocorrências (diferença maior que 10 no número de ocorrências) no PESCAN foram: *Pheidole*, *Camponotus*, *Dinoponera*, *Pseudomyrmex*, *Mycocepurus*, *Solenopsis*, *Ectatomma*, *Wasmania*, *Atta* e *Linepithema*. No Panga foram: *Camponotus*, *Solenopsis*, *Dorymyrmex*, *Pogonomyrmex*, *Wasmania* e *Pheidole*. As espécies que mais mudaram com relação ao número de ocorrências no PESCAN foram: *Dinoponera grandis*, *Mycocepurus goeldii*, *Ectatomma opaciventre*, *Ectatomma permagnum* e *Atta laevigata*. No Panga foram: *Neoponera verenae*, *Ectatomma edentatum*, *Mycocepurus goeldii* e *Ectatomma permagnum*.

Gênero	Bray-Curtis	Sorensen	Turnover	Aninhamento
PESCAN	0.295	0.278	0.120	0.158
Panga	0.314	0.355	0.321	0.034
Espécies				
PESCAN	0.429	0.333	0.272	0.060
Panga	0.528	0.565	0.565	0

Tabela 1. Dissimilaridade temporal na composição de gêneros ou espécies nas duas reservas amostradas.

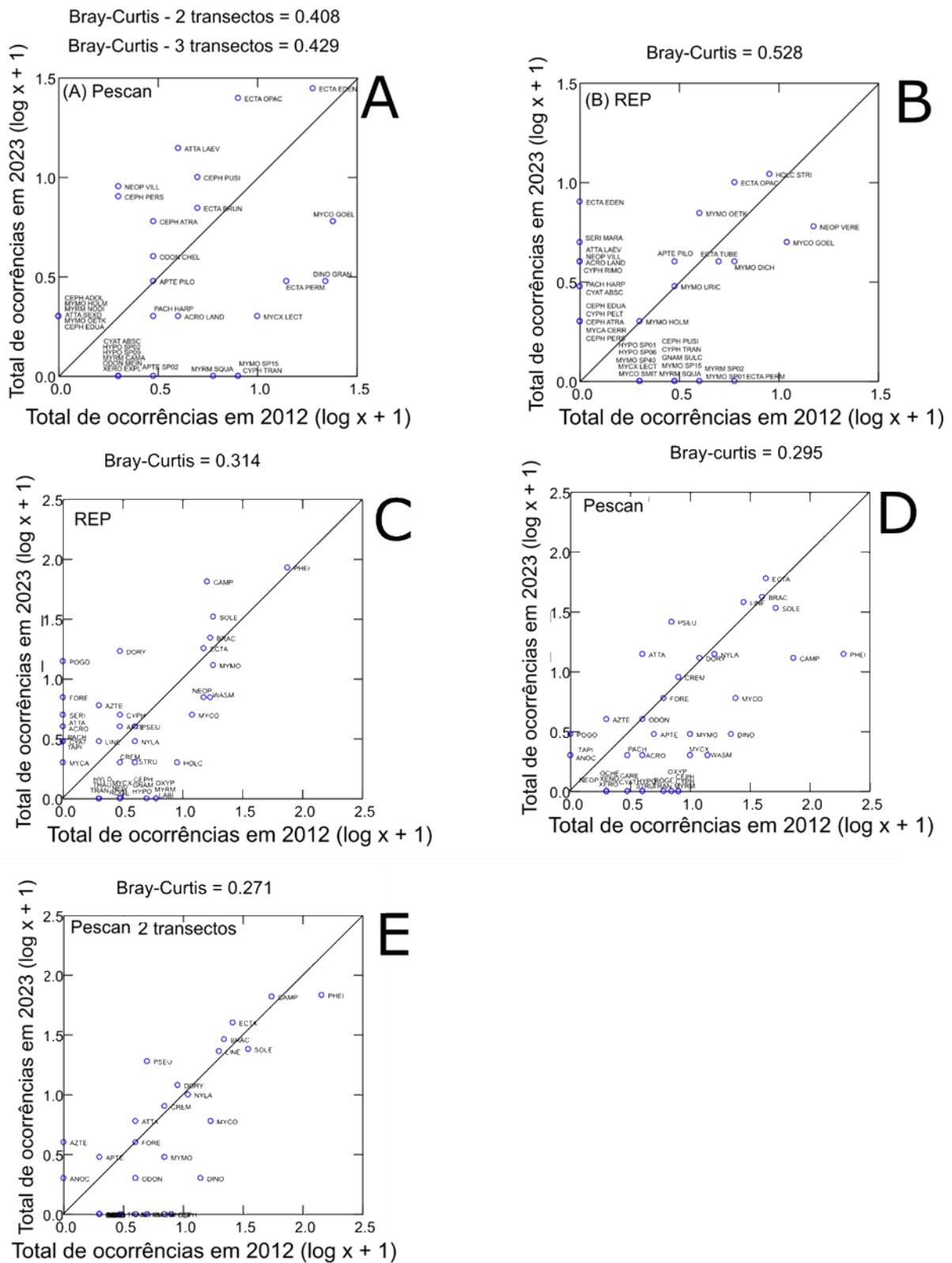


Figura 9. Linhas de equivalência: **A** espécies PESCAN 2 e 3 transectos, **B** Espécies Pangá, **C** Gêneros Pangá, **D** Gêneros PESCAN 3 transectos, **E** Gêneros PESCAN 2 transectos

6 DISCUSSÃO

As mudanças observadas no PESCAN e REP num período de 12 anos indicam que o adensamento da vegetação e a ocorrência de incêndios frequentes tem uma relação com as mudanças na estrutura das comunidades de formiga de solo.

Apesar de durante o período de estudo os incêndios terem ocorrido exclusivamente no Panga, as mudanças no NDVI foram similares nas duas reservas. A vegetação adensou em ambas as áreas, o que pode ajudar a explicar as mudanças temporais na estrutura da comunidade de formigas, uma vez que mudanças na cobertura vegetal costumam indiretamente afetar a fauna de formigas (Andersen *et al.*, 2014; Arnan, Rodrigo e Retana, 2006; Barrow, Parr e Kohen, 2007; Farji-Brener, Corley e Bettinelli, 2002; Vasconcelos *et al.*, 2009). Porém mesmo com mudanças similares nos valores de NDVI, assim como no clima, a magnitude das mudanças tanto na composição de gêneros quanto de espécies ou morfoespécies foi maior no Panga que no PESCAN. Além disso foi observado que, enquanto no PESCAN muito da diferença temporal na composição da comunidade foi atribuída ao aninhamento, no Panga a maior parte das diferenças de composição entre 2012 e 2023 foram devidas ao turnover.

Portanto, possivelmente, o maior nível de diversidade beta temporal no Panga que no PESCAN deve estar associado a ocorrência de incêndios de alta severidade que foram registrados no Panga em 2014, 2017 e 2021. Embora as formigas do solo do REP sejam geralmente consideradas resilientes aos efeitos do fogo (Andersen, 2019), os resultados aqui apresentados se mostram opostos a esta ideia, sugerindo que incêndios de alta severidade causam alterações significativas, não apenas na fauna arbórea (Rosa *et al.*, 2021) mas também na de solo. O fogo no cerrado aumenta a densidade e produtividade de plantas próximas ao chão, o que pode levar a um aumento na atividade de formigas no solo (Frizzo, Campos e Vasconcelos, 2012). Já o adensamento da vegetação sem a ocorrência de fogo pode causar a perda de espécies savânicas (adaptadas a uma vegetação mais aberta)(Andersen, Hertog e Woinarski, 2006)o que pode ajudar a explicar o ligeiro declínio na riqueza de espécies observado no PESCAN, mas não no Panga. Como discutido em (Durigan *et al.*, 2020) a falta de políticas de manejo de fogo, que levam a supressão do fogo, traz efeitos negativos sobre a biodiversidade.

Embora os resultados do presente trabalho indiquem mudanças mais severas na fauna de formigas do Panga do que no PESCAN ao longo do período de 12 anos, é importante notar que as análises aqui apresentadas foram em grande parte análises feitas ao nível de gênero. Nesse sentido seria ideal que este estudo fosse aprofundado de forma a ter a identificação a

nível de espécie ou morfoespécie para todos os gêneros aqui registrados. Seria importante também obter medidas outras que não apenas o NDVI uma vez que este índice pode não ter captado de forma precisa as mudanças estruturais da vegetação das duas reservas.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo corrobora a hipótese de que há uma relação entre o grau de mudança na cobertura vegetal e o grau de mudança na estrutura da comunidade de formigas de solo, porém essa mudança é mediada também pelo fogo, mesmo que o fogo não tenha alterado a cobertura vegetal medida pelo NDVI. Ademais, o estudo demonstrou um leve declínio na diversidade de gêneros no PESCAN, causada possivelmente pelo adensamento da vegetação e ausência de fogo.

Sugere-se que pesquisas futuras sejam realizadas em mais áreas conservadas de cerrado, para observar melhor o efeito de diferentes regimes de fogo, e que sejam realizadas mais coletas ao longo de um extenso período. É também importante a realização de medidas in loco da vegetação ao longo desse tempo. Ademais a realização de uma análise funcional dos grupos de formigas de solo para compreender se os efeitos das mudanças na estrutura taxonômica também refletem mudanças na estrutura funcional das comunidades de formigas.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, A. N. *et al.* Burning for biodiversity: Highly resilient ant communities respond only to strongly contrasting fire regimes in Australia's seasonal tropics. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 5, p. 1406–1413, 1 out. 2014.
- _____. Responses of ant communities to disturbance: Five principles for understanding the disturbance dynamics of a globally dominant faunal group. **Journal of Animal Ecology**, v. 88, n. 3, p. 350–362, 1 mar. 2019.
- _____. Faunal responses to fire in Australian tropical savannas: Insights from field experiments and their lessons for conservation management. **Diversity and Distributions**, v. 27, n. 5, p. 828–843, 1 maio 2021.
- ANDERSEN, A. N.; HERTOG, T.; WOINARSKI, J. C. Z. Long-term fire exclusion and ant community structure in an Australian tropical savanna: congruence with vegetation succession. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 5, p. 823–832, 1 maio 2006.
- ARNAN, X.; RODRIGO, A.; RETANA, J. Post-fire recovery of Mediterranean ground ant communities follows vegetation and dryness gradients. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 7, p. 1246–1258, 1 jul. 2006.
- BARROW, L.; PARR, C. L.; KOHEN, J. L. Habitat type influences fire resilience of ant assemblages in the semi-arid tropics of Northern Australia. **Journal of Arid Environments**, v. 69, n. 1, p. 80–95, 1 abr. 2007.
- BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 1, p. 134–143, 1 jan. 2010.
- CADOTTE, M. W. Competition-colonization trade-offs and disturbance effects at multiple scales. **Ecology**, v. 88, n. 4, p. 823–829, abr. 2007a.
- _____. COMPETITION–COLONIZATION TRADE-OFFS AND DISTURBANCE EFFECTS AT MULTIPLE SCALES. **Ecology**, v. 88, n. 4, p. 823–829, 1 abr. 2007b.
- CONNELL, J. H. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. **Science**, v. 199, n. 4335, p. 1302–1310, 24 mar. 1978.
- DURIGAN, G. *et al.* No Net Loss of Species Diversity After Prescribed Fires in the Brazilian Savanna. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 3, 19 fev. 2020.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 1, p. 11–15, 1 fev. 2016.

- FARJI-BRENER, A. G.; CORLEY, J. C.; BETTINELLI, J. The effects of fire on ant communities in north-western Patagonia: the importance of habitat structure and regional context. **Diversity and Distributions**, v. 8, n. 4, p. 235–243, 1 jul. 2002.
- FOLGARAIT, P. J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: A review. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, n. 9, p. 1221–1244, 1998.
- FRIZZO, T. L. M.; CAMPOS, R. I.; VASCONCELOS, H. L. Contrasting Effects of Fire on Arboreal and Ground-Dwelling Ant Communities of a Neotropical Savanna. **Biotropica**, v. 44, n. 2, p. 254–261, 2012.
- GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, n. 4, p. 379–391, 2001.
- GRIME, J. P. Evidence for the Existence of Three Primary Strategies in Plants and Its Relevance to Ecological and Evolutionary Theory. <https://doi.org/10.1086/283244>, v. 111, n. 982, p. 1169–1194, nov. 1977.
- HAMMER, D. A. T. *et al.* Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 178, 2001.
- MATTHEWS, W. J. *et al.* Disturbance and trajectory of change in a stream fish community over four decades. **Oecologia**, v. 173, n. 3, p. 955–969, 2013.
- MIRANDA, A. C. *et al.* Soil and air temperatures during prescribed cerated fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, n. 3, p. 313–320, 1993.
- MISTRY, J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. **Progress in Physical Geography**, v. 22, n. 4, p. 425–448, dez. 1998.
- Package “betapart” Type Package Title Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components. 2023.
- PILON, N. A. L. *et al.* Quantifying the short-term flowering after fire in some plant communities of a cerrado grassland. **Plant Ecology & Diversity**, v. 11, n. 3, p. 259–266, 4 maio 2018.
- PIVELLO, V. R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: Past and present. **Fire Ecology**, v. 7, n. 1, p. 24–39, 1 abr. 2011.
- PRADO-JÚNIOR, J. A. *et al.* Spatio-temporal changes in the structure of the ant, bee, and tree communities in the brazilian cerrado. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 2, p. 448–460, 2020.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, n. 3, p. 223–230, 1 set. 1997.
- RIPLEY, B. D. The R Project in Statistical Computing What is R? [s.d.].

- ROSA, T. F. *et al.* The effects of high-severity fires on the arboreal ant community of a Neotropical savanna. **Oecologia**, v. 196, n. 4, p. 951–961, 1 ago. 2021.
- ROSENBERG, Y. *et al.* The global biomass and number of terrestrial arthropods. **Science Advances**, v. 9, n. 5, 3 fev. 2023.
- SALGADO-LABOURIAU"?", M. L. *et al.* Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. **Palaeoecology**, v. 128, p. 5–226, [s.d.].
- SCHULTHEISS, P. *et al.* The abundance, biomass, and distribution of ants on Earth. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 119, n. 40, 4 out. 2022.
- TORO, I. DEL; RIBBONS, R. R.; PELINI, S. L. The little things that run the world revisited: A review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 17, n. March 2014, p. 133–146, 2012.
- VASCONCELOS, H. L. *et al.* Dynamics of the Leaf-Litter Arthropod Fauna Following Fire in a Neotropical Woodland Savanna. **PLOS ONE**, v. 4, n. 11, p. e7762, 9 nov. 2009.
- VASCONCELOS, H. L.; MARAVALHAS, J. B.; CORNELISSEN, T. Effects of fire disturbance on ant abundance and diversity: a global meta-analysis. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 1, p. 177–188, 1 jan. 2017.
- WOTTON, B. M.; FLANNIGAN, M. D.; MARSHALL, G. A. LETTER • OPEN ACCESS Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada. 2017.