



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO

CAMPUS CAXIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - LICENCIATURA

DANIEL DA SILVA COSTA

**COMPOSIÇÃO DA MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM
UMA ÁREA DE CERRADO SOB PASTEJO BOVINO, CAXIAS, MARANHÃO**

Caxias - MA

2023

DANIEL DA SILVA COSTA

**COMPOSIÇÃO DA MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM
UMA ÁREA DE CERRADO SOB PASTEJO BOVINO, CAXIAS, MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas – Licenciatura do Centro de Estudos Superiores de Caxias, da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga

Coorientador: *Msc.* Cleilton Lima Franco

Caxias - MA

2023

C837c Costa, Daniel da Silva

Composição da Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) em uma área de Cerrado sob pastejo bovino, Caxias, Maranhão / Daniel da Silva Costa. __Caxias: Campus Caxias, 2023.

50f.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Maranhão – Campus Caxias, Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof^ª. Dra. Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga.
Coorientador: Prof. Me. Cleiton Lima Franco.

1. Formicídeos. 2. Abundância. 3. Riqueza. 4. Precipitação. I.
Título.

CDU 595.796

DANIEL DA SILVA COSTA

**COMPOSIÇÃO DA MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM
UMA ÁREA DE CERRADO SOB PASTEJO BOVINO, CAXIAS, MARANHÃO**

Aprovado em: 18 / 07 / 2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga (Orientadora)

Doutora em Zootecnia

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Profa. Me. Alana Ellen de Sousa Martins (Membro)

Mestra em Biodiversidade, Ambiente e Saúde -PPGBAS

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Profa. Me. Camila Braga da Conceição (Membro)

Mestra em Ciências Ambientais - PPGCAM

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Dedico este trabalho a Deus, a minha família,
aos meus amigos e a todos que contribuíram
durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças e guiou meus passos, por isso estou aqui hoje.

A Minha família, principalmente a meus pais: José de Ribamar Pereira Costa e Francisca Antônia Sousa da Silva Costa, e meus irmãos: Gabriely da Silva Costa e Gabriel da Silva Costa, pelo incentivo em todos os momentos difíceis, Família, amo vocês!

À Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, pela oportunidade dessa vasta formação acadêmica e, a todo o corpo docente, que foram fundamentais nesse processo.

Também, agradeço minha orientadora, Professora Dra. Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga, que dedicou seu tempo a orientação deste trabalho, sempre atenciosa e com calma. Pelos constantes incentivos, reflexões e conselhos sobre este trabalho e minha carreira, sempre respeitando minhas decisões. E também por abrir as portas do laboratório e depositar confiança em mim e em meus colegas de laboratório.

Ao professor coorientador Cleilton Lima Franco, pelo auxílio durante toda a elaboração deste trabalho.

A minha amiga doutoranda Camila Braga da Conceição pelos ensinamentos durante e após sua passagem pelo laboratório de fauna do solo, sua orientação foi de grande importância para a realização do trabalho com as formigas, pois foi com sua ajuda que pude dar continuidade nas identificações dos espécimes.

A minha companheira Victória Lyvia Vaz Martins pelo apoio em todos os momentos do desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus amigos de laboratório que fiz durante a graduação, Maira Rebeca de Alencar Costa e Silva, Julienne do Vale Maciel, Januário da Conceição Junior, Rodrigo de Sousa Furtado, Luenne Vitória Silva Oliveira Melo, Judson Chaves Rodrigues, Jokássia da Silva Nunes, Débora Thais Freitas Lima e Cainã Geovana Ferreira Moura pelo apoio e companheirismo nas coletas, identificações e produções científicas.

A toda equipe (família) do Laboratório de Fauna de Solo-LAFS. Agradeço a todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente para o desenvolvimento desta pesquisa.

Muito obrigado!!

[...] “Carrega cada formiga
Aquilo que achou na estrada;
E nenhuma se fatiga,
Nenhuma para cansada.

Vede! enquanto negligentes
Estão as cigarras cantando,
Vão as formigas prudentes
Trabalhando e armazenando” [...]

[As formigas – Olavo Bilac]

RESUMO

A estrutura da comunidade da mirmecofauna edáfica e suas modificações dependem de fatores ambientais, tipo de vegetação, queimadas, variações na temperatura, umidade, manejo e preparo do solo, dentre outros. A uniformidade nos ambientes reduz a variabilidade de nichos ecológicos para a comunidade de formigas, o que diminui a sua riqueza taxonômica. Neste sentido, este estudo objetivou-se avaliar a composição da mirmecofauna edáfica em áreas sob pastejo rotativo, no povoado Ingá. A área experimental compreendeu 120 ha, divididos em dois piquetes de 60 ha cada e em cada área foram estabelecidos dois transectos paralelos, e em cada transecto foram marcadas dez unidades amostrais, totalizando 40 pontos. A primeira coleta foi realizada em abril, período chuvoso e a segunda em outubro, período seco em 2022. O material coletado foi identificado a nível de gênero. Para as análises estatísticas foi produzido um banco de dados no programa *Software Microsoft Excel* e, para as análises faunísticas utilizou-se o Software “R”. Foram contabilizados um total de 5.955 exemplares, distribuídas em oito subfamílias e 21 gêneros, havendo para o mês de abril na Área I (em repouso), um total de 901 indivíduos e 1.275 para a Área II (pastejada). Já para o mês de outubro, obteve-se para a Área I (pastejada), um total de 1.968 indivíduos e 1.811 espécimes coletados para a Área II (em repouso). A Área I (em repouso) no mês de abril apresenta maior riqueza de táxons e Área I (pastejada) no mês de outubro apresenta a maior abundância de formicídeos. As subfamílias Myrmicinae, Doryline e Ectatomminae apresentam a maior abundância de indivíduos. A temperatura do solo não teve interferência significativa na abundância dos indivíduos, porém, a precipitação influencia na abundância dos indivíduos. O maior Índice de Diversidade foi maior para Área I (em repouso) no mês de abril, enquanto que a Dominância foi maior para Área II (pastejada) em outubro. O estimador de riqueza (*Chao 1*) e as curvas de acumulação aferidas para as duas áreas estudadas, constata que o esforço amostral não foi suficiente para mensurar totalmente os gêneros. Os gêneros *Pheidole* e *Crematogaster* obtiveram maior afinidade com as duas áreas e armadilhas.

Palavras chaves: Formicídeos. Abundância. Riqueza. Precipitação.

ABSTRACT

The structure of the edaphic myrmecofauna community and its modifications depend on environmental factors, type of vegetation, fires, variations in temperature, humidity, soil management and preparation, among others. Uniformity in environments reduces the variability of ecological niches for the ant community, which reduces its taxonomic richness. In this sense, this study aimed to evaluate the composition of edaphic myrmecofauna in areas under rotational grazing, in Ingá village. The experimental area comprised 120 ha, divided into two paddocks of 60 ha each and in each area two parallel transects were established, and in each transect ten sample units were marked, totaling 40 points. The first collection was carried out in April, the rainy season, and the second in October, the dry season in 2022. The collected material was identified at the genus level. For statistical analyses, a database was produced in the Microsoft Excel Software program and, for the faunal analyzes, the “R” Software was used. A total of 5,955 specimens were recorded, distributed in eight subfamilies and 21 genera, with a total of 901 individuals for the month of April in Area I (resting) and 1,275 for Area II (grazed). For the month of October, for Area I (grazed), a total of 1,968 individuals and 1,811 specimens were collected for Area II (resting). Area I (resting) in April has the highest richness of taxa and Area I (grazed) in October has the highest abundance of ants. The subfamilies Myrmicinae, Doryline and Ectatomminae have the highest abundance of individuals. Soil temperature had no significant interference in the abundance of individuals, however, precipitation influences the abundance of individuals. The highest Diversity Index was highest for Area I (resting) in April, while Dominance was highest for Area II (grazed) in October. The richness estimator (Chao 1) and the accumulation curves measured for the two areas studied, confirm that the sampling effort was not enough to fully measure the genders. The genera *Pheidole* and *Crematogaster* had greater affinity with the two areas and traps.

Keywords: Ants. Abundance. Wealth. Precipitation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa da área de estudo (Fazenda Paulo Simão) situada no povoado Ingá, Caxias-MA	19
FIGURA 2. A e B – Área I (em repouso) e Área II (pastejada), respectivamente, no mês de abril. C e D – Área I (pastejada) e Área II (em repouso), respectivamente, no mês de outubro.	22
FIGURA 3. Quadro de rotatividade das áreas de estudo, nos meses entre abril e outubro de 2022	23
FIGURA 4. Desenho esquemático da disposição dos pontos nos tratamentos da área de estudo	23
FIGURA 5. A e C - Desenho esquemático das armadilhas do tipo <i>Pitfall</i> e <i>Provid</i> . B e D - Armadilhas <i>Pitfall</i> e <i>Provid</i> instaladas em campo	24
FIGURA 6. A e B – Processo de triagem e identificação dos espécimes coletados	25
FIGURA 7. Curva de acumulação dos gêneros de formicídeos coletados na fazenda Paulo Simão, Caxias-MA, no mês de abril e outubro de 2022	39
FIGURA 8. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) dos gêneros, coletados nas armadilhas <i>pitfall</i> e <i>provid</i> da Área I e II, na Fazenda Paulo Simão, Caxias, Maranhão	41

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Análise física das amostras coletadas nas duas áreas de estudo na fazenda Paulo Simão, Caxias-MA	20
TABELA 2. Análise química das amostras coletadas nas duas áreas de estudo na fazenda Paulo Simão, Caxias – MA	21
TABELA 3. Distribuição do número de formicídeos coletados na Área I e II, no mês de abril (período chuvoso) e outubro de 2022 (período seco) na Fazenda Paulo Simão, Caxias, Maranhão	30
TABELA 4. Distribuição do número de formicídeos em função da temperatura (°C) e precipitação (mm) no mês de abril/2022 e outubro/2022, verificados na Área I e II na Fazenda Paulo Simão, Caxias-MA	32
TABELA 5. Presença e ausência de formicídeos coletados nos meses de abril/2022 e outubro/2022, verificados na Área I e II na Fazenda Paulo Simão, Caxias-MA	34
TABELA 6. Índices de Dominância (D), Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (e) obtidos para os formicídeos coletados na Área I e Área II na Fazenda Paulo Simão, Caxias-MA, nos meses de abril/2022 e outubro/2022	36
TABELA 7. Riqueza Estimada, Estimador de Riqueza e Índice de Margalef da Mirmecofauna obtida na Área I e Área II, coletadas nas armadilhas <i>Pitfall</i> e <i>Provid</i> no mês de abril e outubro de 2022, na Fazenda Paulo Simão, Caxias, Maranhão	39
TABELA 8. Valor individual de indicação (IndVal) dos gêneros coletados nas armadilhas <i>pitfall</i> e <i>provid</i> instaladas na Área I e II, na Fazenda Paulo Simão, Caxias, Maranhão.....	40

LISTA DE SIGLAS

A1 – Área I

A2 – Área II

AR_Pit – Área repouso *pitfall*

AR_Priv – Área repouso *provid*

AP_Pit – Área pastejo *pitfall*

AP_Priv – Área pastejo *provid*

CESC – Centro de Estudos Superiores de Caxias

°C – Graus Celsius

e – Equitabilidade de Pielou

H' – Diversidade Shannon – Weaner

ha - Hectare

IndVal – Análise de espécie Indicadora

LAFS – Laboratório de Fauna do Solo

NI – Número de indivíduos

PCoA – Análise de Coordenadas Principais

Temper. – Temperatura

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Relação solo e pastagem	15
2.2 O efeito do pastejo bovino sob a comunidade de formigas	16
2.3 As formigas como bioindicadoras	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Localização e caracterização de clima	19
3.2 Caracterização Físico-Química do Solo	19
3.3 Fatores Físicos (Temperatura do solo e Precipitação Pluvial)	21
3.4 Áreas de estudo	21
3.5 Coleta de dados	23
3.6 Identificação Taxonômica	25
3.7 Análise dos dados	25
3.7.1 Índice de Dominância (D)	25
3.7.2 Índice de Diversidade de Shannon - Weaner (H')	26
3.7.3 Índice de Equitabilidade de Pielou (e)	26
3.7.4 Índice de Riqueza de Margalef	26
3.7.5 Riqueza Observada e Estimada	27
3.7.6 Curva de Acumulação	27
3.7.7 Análise de Espécie Indicadora (IndVal) e Coordenadas Principais (PCoA)	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Composição de formicídeos em áreas de pastagens	28
4.2 Efeitos dos fatores físicos (Temperatura e Precipitação) sobre a abundância dos formicídeos coletados nas Áreas de estudo	32
4.3 Índice de Dominância (D), Diversidade de Shannon-Weaner(H') e Equitabilidade de Pielou (J)	36
4.4 Riqueza Estimada (S), Estimador de Riqueza, Índice de Margalef e Curva de Acumulação dos gêneros coletados nas duas áreas de estudo	38
4.5 Análise de gêneros indicadores (IndVal) e Análise de Coordenadas Principais (PCoA) dos gêneros coletados nas duas áreas de estudo	39
5 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando uma área equivalente a 21% do território nacional (BORLAUG, 2002). Sendo a mais diversificada savana tropical do mundo, o Cerrado abrange uma grande diversidade de habitats e uma elevada diversidade de espécies animais, com destaque para os insetos (KLINK *et al.*, 2005).

Os ecossistemas que constituem o Cerrado brasileiro, vem sofrendo constantes degradações. Em se tratando de uma perspectiva global, ecossistemas naturais abertos são cotidianamente transformados em áreas para o desenvolvimento, perdendo grandes extensões para empreendimentos agrícolas, silviculturais e expansão urbana (PILLAR & VÉLEZ, 2010).

Dentre as diversas atividades desenvolvidas em áreas de Cerrado, as pastagens são uma das principais causas de degradação do solo, emissões de gases de efeito estufa, redução dos estoques de carbono e perda da biodiversidade do solo (MURGUEITIO *et al.*, 2011; LERNER *et al.*, 2017). A degradação do solo provocada pelo excesso de pastejo se tornou um problema global e está recebendo cada vez mais atenção da comunidade científica em todo o mundo. Estes fatores de degradação estão associados ao manuseio e planejamento inadequado do pastoreio de bovinos (BROWN & HERRICK, 2016).

A ação antrópica exercida no solo através das práticas agrícolas afeta os microrganismos e a fauna edáfica que utilizam o solo como habitat, sendo estes organismos responsáveis por exercerem funções importantes no solo como a ciclagem de nutrientes (LAVELLE *et al.*, 1997; ASSAD, 1997).

Alguns grupos da fauna do solo têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de distúrbios ambientais, bem como também indicativos da qualidade do solo. Entre os insetos mais bem abundantes no mundo, encontram-se as formigas (PAOLETTI & BRESSAN, 1996). Sendo este, um dos grupos mais comuns e melhor estudados e os mais prósperos dentre todos os insetos (HOLLDOBLER & WILSON, 1990).

A estrutura da comunidade da mirmecofauna edáfica e suas modificações dependem de fatores ambientais, tipo de vegetação, queimadas, variações na temperatura, umidade, manejo e preparo do solo, dentre outros (CORREIA, 2002). A uniformidade nos ambientes reduz a variabilidade de nichos ecológicos para a comunidade de formigas, o que diminui a sua riqueza taxonômica local (LOPES *et al.*, 2010).

Com a sensibilidade da mirmecofauna diante as mudanças nos sistema de pastejo, estas se tornam excelentes bioindicadores, principalmente por estarem presentes em habitats intactos e em áreas perturbadas, além de existir uma grande diversidade de espécies possuindo importância ecológica e funcional em quase todos os níveis tróficos de um ecossistema (como

predadoras e rapina, como detritívoras, mutualista e herbívoras) e sensíveis à alterações do ambiente (MAJER, 1983; WILSON 1987; ALONSO, 2000). Além disso, as principais vantagens de usar formigas como bioindicadores é porque elas são abundantes, diversas e amplamente estudadas (ANDERSEN, 1997; AGOSTI *et al.*, 2000).

O manejo do solo em área de pastagem e submetida à pastejo acarretará modificações distintas nos ecossistemas, que altera na estrutura da comunidade da mirmecofauna do solo, em diferentes graus de intensidade, por ocasião da mudança de habitat, criação de microclima e fornecimento de alimento aos indivíduos. É de suma importância o monitoramento e avaliação da qualidade ambiental, em ecossistemas naturais ou de produção agrícola. Todavia para se conhecer a diversidade desses animais em um habitat, a primeira etapa consiste em conhecer os indivíduos do solo através de estudos faunísticos - contribuindo para o aprimoramento dos conhecimentos acerca da biodiversidade da mirmecofauna edáfica. Por serem sensíveis a mudanças antrópicas e pela necessidade de estudos específicos, o levantamento e identificação da mirmecofauna edáfica, podem ser usados como meios para o estabelecimento de uma gestão adequada e com perspectivas de elaborar e compreender o conjunto de ações necessárias para o manejo e uso sustentável do solo e de sua biodiversidade. Diante do exposto, este estudo objetivou-se avaliar a composição da mirmecofauna edáfica em áreas sob pastejo rotativo, Caxias, Maranhão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Relação solo e pastagem

As pastagens compreendem mais de 40% da superfície da Terra e ocorrem em todos os continentes, exceto na Antártica (HEWINS *et al.*, 2018). As pastagens constituem a principal fonte de alimento para o rebanho brasileiro de ruminantes domésticos, o que tem propiciado elevada competitividade no mercado internacional de carne e leite, em razão do baixo custo de produção, especialmente com alimentação (SILVA *et al.*, 2008). Em áreas exploradas com pastagens perenes deve-se buscar a melhor combinação de manejo, adubação e gerenciamento das atividades, tanto no verão como no inverno, de forma que a produção animal não prejudique a produção vegetal (AMORIM *et al.*, 2013). Entretanto, quando não manejadas adequadamente pode resultar em aumento da perda de água por evaporação, perdas de nutrientes por erosão e aumento da compactação do solo e especialmente diminuição da diversidade da fauna edáfica (ROSA *et al.*, 2015).

Com o baixo investimento para o desenvolvimento de tecnologias, juntamente com o manejo rudimentar, as pastagens são mal planejadas (SILVA, 2003). A degradação de pastagem se encontra em todas as regiões do território brasileiro, sendo maiores em locais onde a pecuária vem crescendo, isto é, nas fronteiras agrícolas (DIAS-FILHO, 2014). O processo de degradação pode ser provocado por diversos fatores, sendo desde a alta taxa de lotação (super pastejo), como também as condições biológicas e físicas da área, por exemplo, a falta de cobertura vegetal, ausência de manutenção do estado físico-químico do solo, escolha da forrageira errada, plantas daninhas e o uso desordenado de fogo (DIAS-FILHO, 2014).

A utilização de forma correta da forrageira e a melhoria da saúde do solo contribuem para a recuperação de pastagens degradadas (OLIVEIRA *et al.*, 2015). As pastagens brasileiras são usadas de forma desordenada, causando uma baixa produção devido ao solo não conseguir expor todo o seu potencial, isso por causa da redução das características férteis do solo, falta de conservação do solo e o manejo inadequado da forrageira (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Em se tratando dos fatores que degradam as pastagens, estes estão intimamente relacionados à pressão inadequada das atividades do gado no pasto (BROWN & HERRICK, 2016). Diversos estudos apresentam uma relação significativa e relevante entre o manejo do gado (a taxa de lotação), a mudança na composição da vegetação e a saúde do solo (BRISKE *et al.*, 2011).

O uso sustentável do solo e da água, tem-se tornado um tema de crescente relevância, em razão do aumento do desenvolvimento das atividades que necessitam diretamente desses

recursos naturais. Consequentemente, cresce a preocupação com o uso sustentável e a qualidade desses recursos (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Segundo Doran e Parkin (1994), a saúde do solo pode ser compreendida como a propriedade de exercer várias funções, dentro dos limites de uso dos ecossistemas para a manutenção e sustentação da vida e melhorar a qualidade ambiental. Esta definição fala sobre a importância dos solos visando a sustentabilidade para as gerações futuras. Esse interesse está atrelado ao crescente reconhecimento de que a biologia do solo, a física do solo e a química do solo precisam ser tratadas com mais atenção para que se obtenha um gerenciamento de forma sustentável dos recursos do solo (BÜNEMANN *et al.*, 2018).

Melhorar as propriedades físico-químicas do solo é de suma importância para o desenvolvimento e sustentabilidade das atividades que extraem recursos dos ecossistemas. Porém, ainda permanece um desafio garantir que a saúde do solo e do ecossistema sejam componentes essenciais na tomada de decisões de manejo (BROWN & HERRICK, 2016).

Nos últimos anos, os indicadores da qualidade do solo se tornaram mais acessíveis, principalmente devido ao avanço no desenvolvimento destes indicadores que se tornaram essenciais para o desenvolvimento e aprimoramento de vários setores de produção (BROWN & HERRICK, 2016). Com isso, um dos principais princípios na aplicação da saúde do solo em pastagens é a avaliação dos impactos das atividades implementadas em grande parte para atender a objetivos de produção. Em outras palavras, os estudos e análises do solo são de suma importância para a orientação adequada quanto ao uso da terra e a tomada de decisões de manejo do solo, sendo também necessária para garantir que as próximas gerações tenham acesso a esse mesmo recurso que é a utilização do solo para fins de produção (KARLEN *et al.*, 2019).

2.2 O efeito do pastejo bovino sob a comunidade de formigas

O manejo pastoril é predominante em mais de 25% da superfície terrestre, sendo uma das principais atividades humanas que se utiliza a terra (ASNER *et al.*, 2004). Em ecossistemas de áreas naturais campestres, esta atividade é um dos principais fatores que auxiliam na manutenção das propriedades ecológicas destes ambientes (COUGHENOUR, 1991; PILLAR & QUADROS, 1997; OVERBECK *et al.*, 2007).

Embora as espécies de formigas constituam somente 1,5% da fauna de insetos descrita, elas somam mais de 10% da biomassa total de animais de florestas tropicais, savanas, campos e outros habitats importantes do planeta (AGOSTI *et al.*, 2000). Devido a essa marcante dominância numérica, as formigas ocupam um papel ecológico chave nos ecossistemas. Em primeiro lugar, elas são os principais organismos a tornar o nitrogênio disponível para as plantas

(HÖLLDOBLER & WILSON 1990). Como as plantas são a base de toda a cadeia alimentar, todos os demais organismos do sistema, de herbívoros a predadores de topo, são indiretamente influenciados pelas formigas.

Diversas mudanças nas características e propriedades do solo são responsáveis também por afetar estes organismos, uma vez que a maioria das espécies constroem seus ninhos no solo (WANG *et al.*, 2001). A compactação devido ao pisoteio pode alterar a umidade e interferir na arquitetura dos ninhos (BOULTON *et al.*, 2005). Além disso, os efeitos do pastejo também afetam a composição da vegetação, disponibilidade de alimentos, interações competitivas e a fauna do solo (ANDERSEN, 1995).

2.3 As formigas como bioindicadoras

Pertencentes a classe Insecta, ordem Hymenoptera e família Formicidae, as formigas atualmente incluem 17 subfamílias, 338 gêneros e 15.859 espécies já descritas. Para o Brasil, há um registro das 13 subfamílias que ocorrem na região Neotropical, com descrição de 1.378 espécies para o mesmo (BRADY *et al.*, 2014; BACCARO *et al.*, 2015, FERNANDES *et al.*, 2022) e, 279 para o Estado do Maranhão (PRADO *et al.*, 2019).

As formigas também compõem um dos grupos de invertebrados que detêm o papel mais relevante na pirâmide do fluxo de energia, sendo apontadas como um considerável agente de sinalização e recuperação de áreas degradadas (BACCARO *et al.*, 2015; MAJER, 1983).

Dentre os artrópodes terrestres as formigas apresentam-se como ótimos bioindicadores. Isto ocorre devido à previsibilidade das respostas das formigas a distúrbios e por apresentar grande complexidade estrutural e sensibilidade às mudanças do ambiente (ANDERSEN, 1997). As formigas são organismos mais abundantes e diversos. Além disso, são um dos grupos mais bem estudados, por isso existem consideráveis dados de conhecimento taxonômico sobre este grupo (AGOSTI *et al.*, 2000).

É de fundamental importância o monitoramento de ecossistemas para a elaboração de prognósticos da qualidade ambiental, sendo possível com essas análises, demonstrar a real situação de áreas afetadas por fatores que desequilibram as relações entre os organismos e o sistema onde estão inseridos. Ao utilizar-se de bioindicadores, esse prognóstico apresenta-se bem expressivo, pois mostra os fatores ecológicos em seu delineamento. Esses fatores buscam refletir inter-relações entre organismos e o meio onde estão inseridos (BAKELAAR & ODUM, 1978; FOLGARAIT, 1998).

Os bioindicadores são descritos por Blandin (1986), como um complexo de fatores biológicos que possibilitam a caracterização das condições de um ecossistema, apresentando

modificações que estariam expressas na dinâmica da ausência, presença ou abundância de certas espécies e resultando em dados sobre a qualidade do ambiente em análise. Os indicadores criados para o monitoramento de ecossistemas, consistem em uma abordagem ecológica que apresenta amplo potencial de aplicação na avaliação de impactos causados aos mais variados tipos de ambientes (BISEVAC & MAJER, 1999; DELABIE *et al.*, 2006).

Como mencionado anteriormente, indicadores da qualidade do solo são usualmente reconhecidos por serem sinônimos de saúde do solo. E, embora, a saúde do solo esteja voltada para fatores biológicos, contudo, vale ressaltar que esses fatores podem influenciar diretamente e indiretamente no estado físicos e químicos do solo (BLOUIN *et al.*, 2013; SIEBERT *et al.*, 2019), sendo estes, atuantes na decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, trazendo vários benefícios, como por exemplo, a aeração do solo, infiltração de água e funcionamento biológico do solo (LAVELLE & SPAIN, 2002).

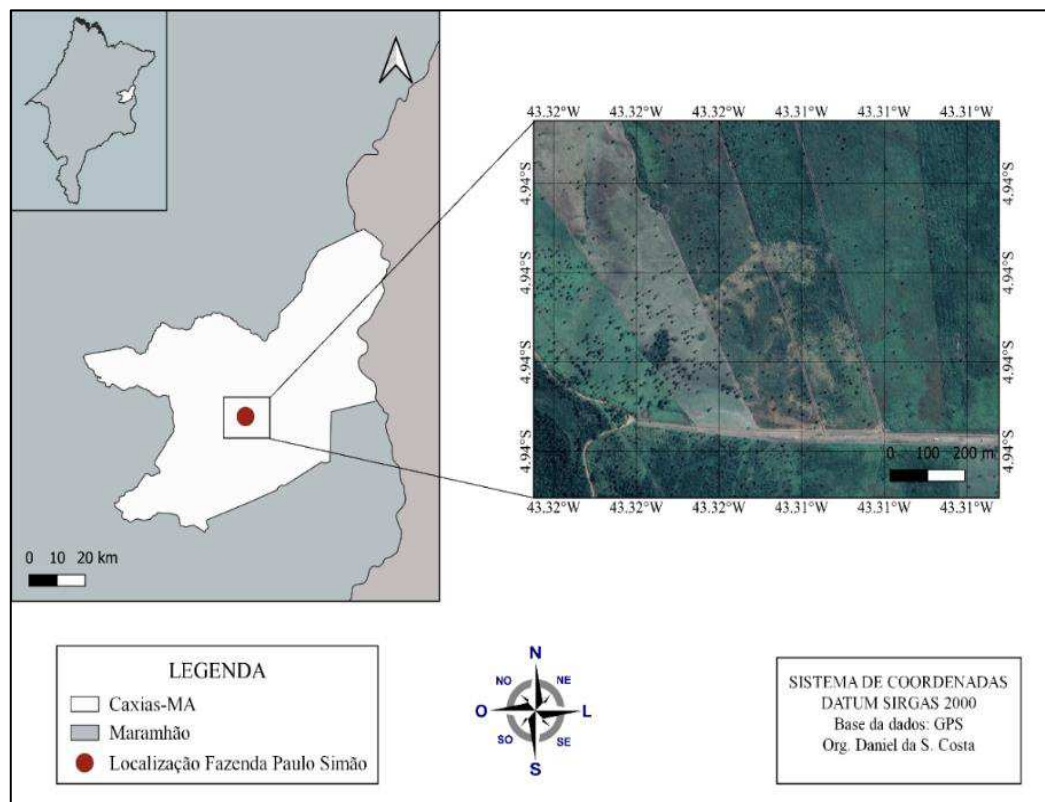
A utilização da fauna de formigas como indicadora da saúde do solo se justifica em razão de exercerem papéis ecológicos importantes, como por exemplo participam na cadeia alimentar, garantem o equilíbrio no solo, fragmentam materiais vegetais, auxiliam na infiltração e ciclagem de nutrientes (SILVA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2014; BIANCHI *et al.*, 2017). Sendo os dados de abundância e diversidade da fauna de formigas importantes para avaliar o solo, em função das respostas aos distúrbios ambientais ou perturbações ocasionadas pelo manejo intensivo (BARETTA *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2013). Por estes motivos, as formigas são consideradas um dos grupos em que se tem amplo conhecimento, e por isso são excelentes para análises de impactos ambientais (AGOSTI *et al.*, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização de clima

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Paulo Simão no Povoado Ingá, entre as coordenadas $4^{\circ}56'36.8''\text{S}$, $43^{\circ}18'54.5''\text{W}$, no município de Caxias-MA. O município de Caxias está situado na mesorregião do Leste Maranhense, entre as coordenadas ($04^{\circ}51'32''\text{S}/43^{\circ}21'22''\text{W}$), com uma altitude de 66 metros ao nível do mar, possui uma área de 5.151 km^2 (Figura 1).

Figura 1. Mapa da área de estudo (Fazenda Paulo Simão) situada no povoado Ingá, Caxias-MA.



Fonte: Autor, 2023

A região de Caxias caracteriza-se por apresentar índices pluviométricos regulares entre 1.600 e 1.800 mm, apresenta duas estações climáticas bem definidas no ano, a chuvosa entre os meses de novembro a abril, com maiores picos em março e outra seca, com período de estiagem entre os meses de maio e outubro (VIEIRA *et al.*, 2017). As temperaturas, mínimas, médias e máximas, são normalmente elevadas, apresentando média anual superior a 24°C .

3.2 Caracterização Físico-Química do Solo

O solo da área de estudo foi coletado em quatro pontos aleatórios de cada área, com o auxílio de uma pá, onde foi cavado buracos com 0-10cm de profundidade e, a partir disso, retirado o solo necessário para se realizar as análises físico-químicas. Assim, totalizou-se oito pontos de coletas de solo: quatro pontos aleatórios coletados na Área I e, quatro pontos aleatórios coletados na Área II.

As análises foram encaminhadas e realizadas no Laboratório de Solo da Universidade Federal da Paraíba, Campus Areia, entre os dias 20 e 27 de fevereiro de 2023, para a investigação dos atributos físicos do solo (textura, densidade, macroporosidade e microporosidade) e químicos (pH, P, K, Ca, Mg, Al e MO).

A Área I é classificada como areia franca apresentando mais de 520 g kg⁻¹ de areia. A área II já é classificada como franco arenosa (Tabela 1). A classificação do solo foi realizada conforme o sub agrupamento textura (SANTOS *et al.*, 2018). Para a mensuração dos atributos físicos foram determinadas: densidade do solo, densidade da partícula, porosidade total (determinada pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas), macroporosidade, microporosidade e classe textural.

Tabela 1: Análise física das amostras coletadas nas duas áreas de estudo na fazenda Paulo Simão, Caxias-MA.

	Areia	Silte	Argila	Densidade do solo	Densidade da partícula	Porosidade Total	Macro porosidade	Micro porosidade	Classe textural
Área	-----g/Kg-----			-g/cm ³ -	-g/cm ³ -	-m ³ /m ³ -	-m ³ /m ³ -	-m ³ /m ³ -	
Área I	745	89	166	1,67	2,60	0,36	0,14	0,22	Franco Arenosa
Área II	849	63	88	1,26	2,59	0,51	0,40	0,11	Areia Franca

A caracterização química e de fertilidade do solo seguiu o manual de análises de solo (CLAESSEN, 1997). Para tanto foi realizado o levantamento dos atributos químicos: pH, fósforo, enxofre, potássio, sódio, cálcio, magnésio, acidez potencial, alumínio e matéria orgânica (Tabela 2). Onde: Al- indica a acidez trocável ou Al trocável extraído por KCL 1M e determinado por titulação com NaOH; (H+ CL)-acidez potencial até pH 7,0 extraído por acetato de cálcio 0,5M; Ca, Al e Mg trocável extraído por KCL 1M e determinado por absorção atômica; K, P e Na extraído por solução de Mehlich I e determinados por fotometria de chama e espectrofotometria; SB-soma de bases trocáveis; CTC a pH 7,0 capacidade catiônica e MO - matéria orgânica do solo determinado pelo método de Walkley-Black.

Tabela 2: Análise química das amostras coletadas nas duas áreas de estudo na fazenda Paulo Simão, Caxias – MA.

	pH	P	S	K+	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ⁺²	SB	CTC	MO	
Área	H ₂ O (1:2:5)	-----Mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----								-g/kg-
Área I	6,1	21,0	-	136,57	0,07	2,08	0,15	3,64	1,93	5,99	8,07	32,44	
Área II	6,0	4,70	-	138,93	0,08	2,21	0,10	1,71	1,32	3,47	5,68	27,55	

Legenda: P, K, Na: Extrator Mehlich 1; SB: Soma de Bases Trocáveis; M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; S: Extrator Ca(H₂PO₄)₂.H₂O 0,01 M; Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M.

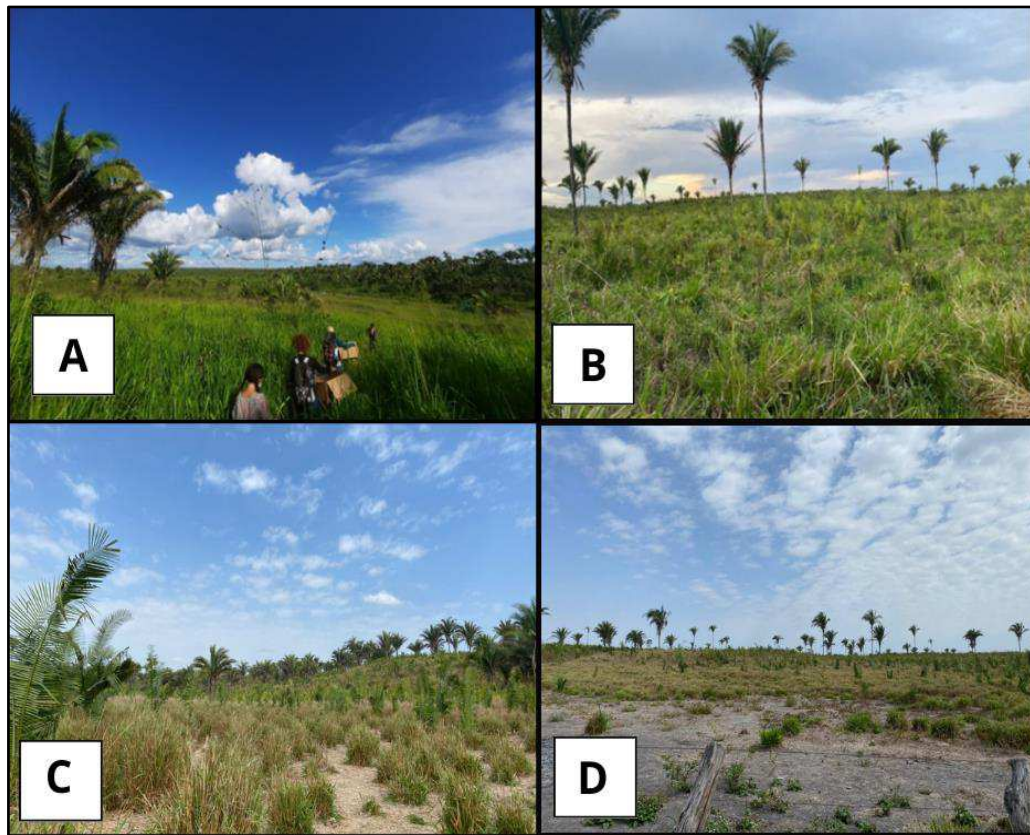
3.3 Fatores Físicos (Temperatura do solo e Precipitação Pluvial)

O monitoramento da temperatura do solo foi realizado há uma profundidade de 10 cm com o auxílio de termômetros digitais do tipo espeto. Para as análises calculou-se a média das temperaturas no software Excel de cada ponto amostrado, sendo realizado para cada área nas duas estações de forma independente. Os valores obtidos foram relacionados com as variáveis das áreas de estudo. Os dados de precipitação do período das coletas foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022).

3.4 Áreas de estudo

A área experimental, inserida no Cerrado, compreende 120 ha, divididos em dois piquetes de 60 ha cada. Os solos são predominantemente areno-argiloso, com cultivo de capim *Panicum maximum* Jacq. e capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas áreas dos piquetes (Figura 2). Na área de estudo utilizou-se o sistema de pastejo rotacionado, onde em um período entre 15 a 20 dias o rebanho, predominante da raça Nelore, com peso médio de 150 kg eram realocados para as áreas que estavam em repouso.

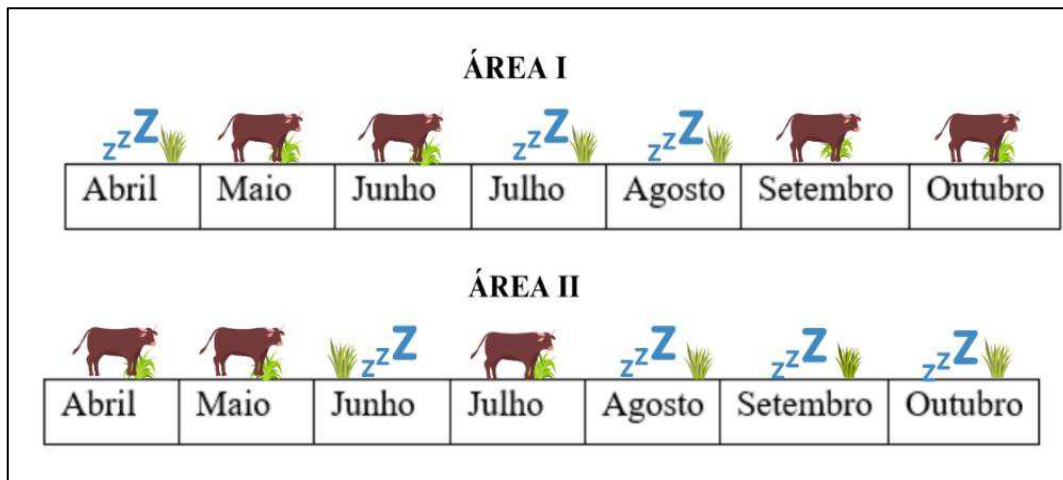
Figura 2. A e B – Área I (em repouso) e Área II (pastejada), respectivamente, no mês de abril. C e D – Área I (pastejada) e Área II (em repouso), respectivamente, no mês de outubro.



Fonte: Autor, 2023

Assim, para avaliar o nível de interferência ocasionado pelo manejo dos bovinos, foram utilizadas duas áreas contíguas correspondentes a dois tratamentos a saber. **Tratamento 1 (Área 1):** Coleta realizada em abril/2022 na área de repouso (120 dias) e coleta em outubro/2022 em área submetida a pastejo (450 animais na área); **Tratamento 2 (Área 2):** Coleta realizada em abril/2022 em área submetida a pastejo (450 animais) e coleta em outubro/2022 em área de repouso (90 dias) (Figura 3). As coletas foram realizadas em dois períodos climáticos: uma no período seco, realizada no mês de abril de 2022; e uma no período chuvoso, no mês de outubro do mesmo ano.

Figura 3: Quadro de rotatividade das áreas de estudo, nos meses entre abril e outubro de 2022.

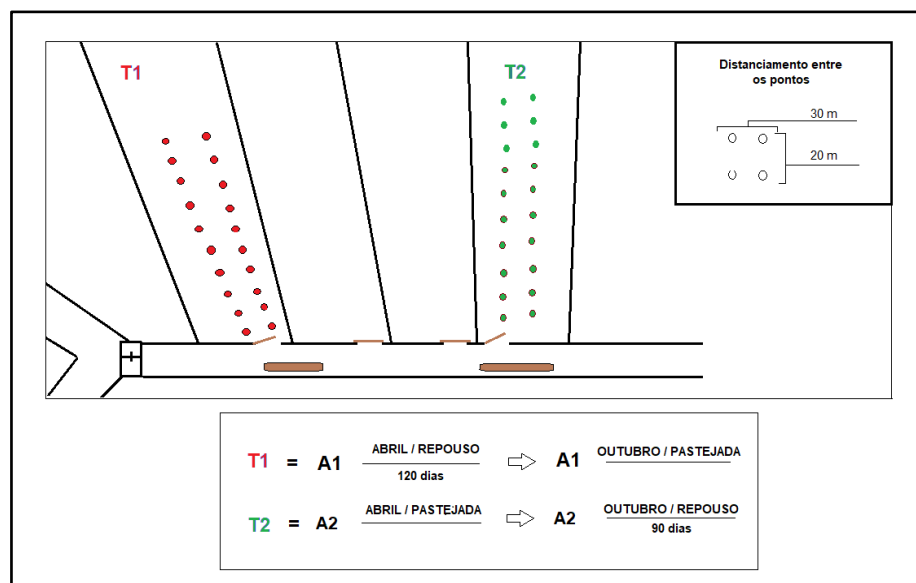


Fonte: Melo, 2022

3.5 Coleta de dados

As coletas foram realizadas no durante período chuvoso e período seco com autorização legal de número 583781 do ICMBio/ IBAMA. Dessa maneira, em cada área foram estabelecidos dois transectos paralelos, distando aproximadamente 30 metros entre si e em cada transecto marcadas dez unidades amostrais equidistantes com distanciamento de 20 metros, de modo que foram amostrados 20 pontos em cada tratamento, totalizando 40 pontos nas duas áreas experimentais localizadas sob o mesmo tipo de solo (Figura 4).

Figura 4. Desenho esquemático da disposição dos pontos nos tratamentos da área de estudo.



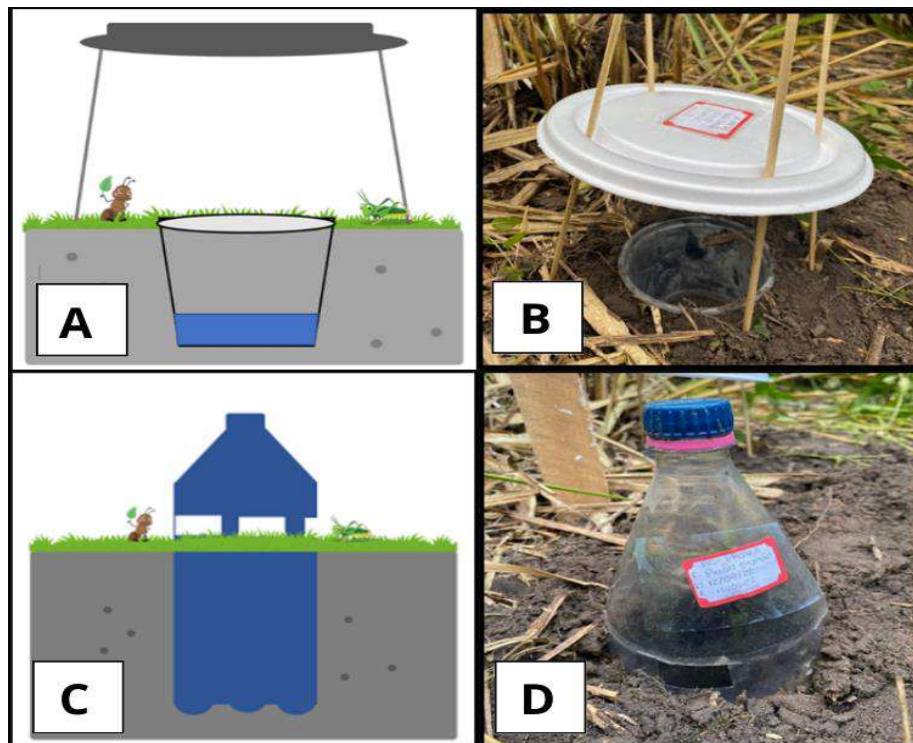
Fonte: Autor, 2023

No local de cada ponto amostral, foram distribuídas duas armadilhas, uma do tipo *pitfall* e uma do tipo *provid*, distantes entre si 30cm, totalizando 80 armadilhas distribuídas nas duas áreas experimentais.

As armadilhas do tipo *pitfall* consistem em copos plásticos (300 ml) enterrados com a abertura até o nível do solo. Cada armadilha é preparada com uma solução de 200 mL de detergente na concentração de 5% e cinco gotas de formol (P.A), para conservação dos organismos. As armadilhas permaneceram no campo durante 72 horas, após este período as amostras foram coletadas e armazenadas em potes etiquetados contendo álcool 70% (BACCARO *et al.*, 2015) (Figura 5).

A armadilha *provid* é constituída por uma garrafa PET com capacidade de dois litros, contendo quatro aberturas na forma de janelas com dimensões de 2 x 3 cm na altura de 20 cm de sua base, sendo enterradas no solo de modo que o nível da borda das janelas dos frascos fique nivelados a superfície do solo (Figura 5). Cada armadilha é preparada com uma solução de 200 mL de detergente na concentração de 5% e cinco gotas de formol (P.A) para conservação dos organismos (GIRACCA *et al.*, 2003).

Figura 5. A e C - Desenho esquemático das armadilhas do tipo *Pitfall* e *Provid*. B e D -Armadilhas *Pitfall* e *Provid* instaladas em campo.



Fonte: Autor, 2023

3.6 Identificação Taxonômica

Os espécimes foram coletados e transportados para o Laboratório de Fauna do Solo (LAFS) do Centro de Estudos Superiores de Caxias da Universidade Estadual do Maranhão (CESC/UEMA) para realização de triagem, montagem, contagem e identificação a nível taxonômico de gênero. A identificação dos espécimes foi feita com uso de chaves taxonômicas (BACCARO *et al.*, 2015) (Figura 6).

Figura 6. A e B – Processo de triagem e identificação dos espécimes coletados.



Fonte: Autor, 2023

3.7 Análise dos dados

Inicialmente foi produzido um banco de dados no programa *Software Microsoft Excel*, onde, a partir deste, os dados foram submetidos à análise faunística com base nos índices de Dominância (D), diversidade de Shannon - Weaner (H'), equabilidade de Pielou (e), riqueza de Margalef, Riqueza observada e estimada e Análise de similaridade, assim como também foram feitas análise de espécie indicadora (IndVal) e Análise de Coordenadas Principais (PCoA) onde todas foram realizadas com auxílio do Software de Análise estatísticas R (R CORE TEAM, 2016).

3.7.1 Índice de Dominância (D)

É a ação exercida pelos organismos dominantes e consiste na capacidade desses indivíduos dominarem e modificarem, em benefício próprio, o impacto recebido do ambiente,

podendo causar o aparecimento ou desaparecimento de outros organismos (SILVEIRA-NETO *et al.*, 1976). Neste trabalho, a dominância dos gêneros amostrados foi determinada através do cálculo do limite de dominância calculado a partir da equação citada por Silveira Neto *et al.*, 1976. $LD = (1/S) \times 100$, onde:

LD = limite de Dominância

S = número de gêneros

3.7.2 Índice de Diversidade de Shannon - Weaner (H')

O índice de Diversidade de *Shannon - Weaner* (H') e Equitabilidade de Pielou (e) foram calculados por tipo de armadilha instaladas na área I e II. Este índice varia de 0 a 5 (BEGON *et al.*, 1996). Quanto maior o valor de H', maior a diversidade da área de estudo; sendo obtido pela fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Onde:

Ln = logaritmo neperiano

ni e **N** = definidos anteriormente

3.7.3 Índice de Equitabilidade de Pielou (e)

O índice de Equitabilidade de Pielou (e) varia de 0 a 1 e mede a equitabilidade dos gêneros, ou seja, quando as proporções dos gêneros estão igualmente distribuídas na comunidade (BEGON *et al.*, 1996). Este, foi definido pela equação:

$$e = H/\log S,$$

Onde:

H = Índice de Shannon - Weaner;

S = Número de espécimes.

A Equitabilidade compara a diversidade de Shannon-Weaner com a distribuição dos gêneros observados. Todas as amostras devem prover de um mesmo ambiente e devem conter amostragem suficiente para conter todos os gêneros (RODRIGUES, 2004).

3.7.4 Índice de Riqueza de Margalef

O índice de riqueza de Margalef é uma medida utilizada em ecologia para estimar a biodiversidade de uma comunidade com base na distribuição numérica dos indivíduos das

diferentes espécies em função do número total de indivíduos existentes na amostra analisada (MAGURRAN, 2011).

$$M = \frac{S-1}{\ln n}$$

Onde:

S = Diversidade

n = número de espécies presentes

N = número total de indivíduos encontrados

3.7.5 Riqueza Observada e Estimada

As estimativas de riqueza dos gêneros foram realizadas com auxílio do programa R, empregando os procedimentos *Chao1*, utilizando os pacotes *Biodiversity R* e *Vegan*. (R CORE TEAM, 2016).

A riqueza observada é um termo utilizado na ecologia para designar o número de gêneros coletados em uma determinada área. No entanto, para se obter a riqueza estimada dos gêneros (S), é necessário utilizar um estimador não paramétrico que utiliza os dados da frequência dos gêneros desconsiderando a sua abundância (COLWELL & CODDINGTON, 1994).

O estimador *Chao 1* estima a riqueza total utilizando o número de espécies que foram representadas por apenas um único indivíduo nas amostras (*singletons*), e o número de espécies com apenas dois indivíduos nas amostras (*doubletons*). Ou seja, é baseado no número de espécies raras dentro da amostra.

$$S_{chao1} = S_{obs} + \frac{f_1^2}{2f_2}$$

Onde:

S_{obs} = É a riqueza estimada

F₁ = Número de *Singleton*

F₂ = Número de *Doubletons*

3.7.6 Curva de Acumulação

Para obtenção de um indicativo da riqueza de gêneros em função do esforço amostral foi construída quatro curvas de acumulação de gêneros ou curva de rarefação. Uma para a Área

I (em repouso), uma para a Área II (pastejada) para o mês de abril e uma para Área I (pastejada) e Área II (em repouso) para o mês de outubro, mostrando o acúmulo dos gêneros encontrados em cada área experimental. Essa curva, portanto, revela o acúmulo de diferentes gêneros coletados à medida que se aumenta o esforço amostral (GOTELLI & COLWELL, 2010).

3.7.7 Análise de Espécie Indicadora (IndVal) e Coordenadas Principais (PCoA)

Para verificar a associação de mirmecofauna edáfica em relação às armadilhas e os locais de pastagem e repouso, foi utilizado Análise de gêneros Indicadores (Valor Indicador Individual - IndVal), por indicar o grau de especificidade e fidelidade dos gêneros aos substratos de acordo com sua frequência de ocorrência (DUFRENE & LEGENDRE, 1997). Para ilustrar a relação multidimensional entre as variáveis de estudo foi realizado uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA), com o índice de similaridade de Bray-Curtis como medida de associação (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição de formicídeos em áreas de pastagens

Foram contabilizados um total de 5.955 exemplares de formigas, distribuídas em sete subfamílias (Myrmicinae, Dorylinae, Ectatominae, Ponerinae, Dolichoderinae, Formicinae e Pseudomyrmecinae) e 21 gêneros para os tratamentos amostrados, havendo para o mês de abril na Área I (área em repouso), um total de 901 indivíduos e 1.275 para a Área II (pastejada). Já para o mês de outubro, obteve-se para a Área I (pastejada), um total de 1.968 indivíduos e 1.811 espécimes coletados para a Área II (em repouso) (Tabela 3).

A subfamília com maior riqueza de táxons foi Myrmicinae, com nove gêneros, na subsequência ficando empatados em segundo lugar com o mesmo número de táxons, Formicinae e Ponerinae (registro de três gêneros para ambas), enquanto as outras subfamílias atingiram o máximo de dois gêneros registrados. No que se refere a abundância de indivíduos, a subfamília Myrmicinae foi a mais representativa, com 4.236 indivíduos, acompanhada de Doryline e Ectatominae, com 724 e 479 indivíduos, respectivamente; juntas, essas três subfamílias corresponderam a 91,33 % do total de formicídeos coletados nas duas áreas estudadas nos meses de abril e outubro de 2022 (Tabela 3).

As duas subfamílias que ficaram em segundo lugar, como as menos representativas em número de gêneros, foram Formicinae e Dorylinae, ambas registraram três gêneros. Mas, pode-se observar que para a Área I (em repouso), no mês de abril, essas duas subfamílias obtiveram mais táxons (gêneros) coletados do que na Área II (pastejada), do mês de abril, que teve mais

abundância em relação às mesmas subfamílias. Já para o mês de outubro a Subfamília Dorylinae foi a menos representativa, ocorrendo somente quatro espécimes do gênero *Labidus* para a área II, que estava em repouso. Assim, essa elevada expressividade para Formicinae pode estar relacionada à adaptação dessa subfamília em ambientes pouco conservados, o que se justifica, sua elevada expressividade de indivíduos dessa subfamília para áreas mais antropizadas, como é demonstrado na área de estudo (MARINHO *et al.*, 2002; FREIRE *et al.*, 2012). A subfamília Formicinae possui uma ampla distribuição, sendo registrados para a Região Neotropical, oito tribos de dezessete gêneros, variando de epigéicas a hipogéicas, arborícolas ou subterrâneas (MARINHO *et al.*, 2002; BACCARO *et al.*, 2015; SUGUITURU *et al.*, 2015).

No mês de abril o gênero mais abundante foi *Labidus* (n=321) na área I (repouso), enquanto que na Área II (pastejada) o gênero *Pheidole* foi o mais amostrado (n=561). Já para o mês de outubro os gêneros mais abundantes foram *Pheidole* para Área I (pastejada) n=1.404 e *Solenopsis* para Área II (repouso) n=1.378. Os gêneros menos abundantes foram *Nylanderia*, *Hylomyrma* e *Pachycondyla* com apenas um representante para Área I (repouso) no mês de abril, já para área pastejada os gêneros menos abundantes foram *Tapinoma* e *Cyphormyrmex* com um representante para ambas.

Para o mês de outubro na Área I (pastejada) os gêneros menos abundantes foram *Tapinoma*, *Cyphormyrmex*, e *Cephalotes*, sendo registrados apenas um indivíduo, enquanto que os gêneros *Tapinoma* e *Brachymyrmex* foram os menos abundantes na Área II (repouso) no mês de outubro, sendo registrados apenas dois indivíduos. Onde os gêneros *Nylanderia*, *Myrmecocrypta*, *Odontomachus*, *Pachycondyla* foram coletados apenas em abril na Área I (repouso) e *Odontomachus* foi coletado apenas na Área II (pastejada) no mês de abril e o gênero *Cephalotes* foi exclusivo, sendo coletado apenas em outubro na Área II (em repouso).

A alta representatividade de formicídeos para as Áreas em repouso, podem ser justificadas em razão do tempo e recomposição da cobertura vegetal, em que um habitat com maior complexidade vegetacional fornece maior disponibilidade de locais para nidificação e maior oferta de alimentos, justificando assim, sua elevada representatividade para as áreas em repouso (ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009).

Para a Área I, abril foi o mês em que obteve a maior número de táxons (n=21) coletados e com uma menor abundância (n=2.176) de indivíduos amostrados. Observa-se que a Área II (pastejada) de abril e Área I (pastejada) de outubro, influenciaram em uma alta abundância de indivíduos, isso se deve, provavelmente pela ação antrópica exercida pelo gado no pasto modificando a paisagem e favorecendo a existência de gêneros oportunistas e/ou exóticas, levando, deste modo, a uma maior abundância de formicídeos nessas áreas de pastagem ativa.

No trabalho de Santos (2020), explica isso, onde é mostrado que em áreas de pastagens a uma maior abundância justamente por possuírem condições de solo, vegetação e disponibilidade de alimentos favoráveis para as subfamílias que são mais adaptadas a diferentes condições ambientais.

Chagas (2018) trabalhando com Comunidades de Formigas em pastagens com diferentes tipos de manejo, afirma que em áreas com uma menor cobertura de gramíneas, receberá maior radiação solar, sendo que um ambiente mais seco e de temperaturas mais elevadas, favorece espécies epigéicas, uma vez que as formigas hipogéicas sofrem indiretamente com a falta de cobertura vegetal do solo, levando-as a procurarem ambientes mais úmidos, evitando pastagens com pouca cobertura de gramíneas, sendo essa uma das razões da alta abundância para as áreas de pastagens.

Tabela 3. Distribuição do número de formicídeos coletados na Área I e II, no mês de abril (período chuvoso) e outubro de 2022 (período seco) na Fazenda Paulo Simão, Caxias, Maranhão.

Subfamília/Gêneros	Tratamentos				Total
	Área I (%)		Área II (%)		
	Abril (repouso)	Outubro (pastejada)	Abril (pastejada)	Outubro (repouso)	
Dolichoderinae					
<i>Dorymyrmex</i> Mayr, 1866	16 (1,8)	123 (6,3)	19 (1,5)	45 (2,5)	203
<i>Tapinoma</i> Förster, 1850	5 (0,6)	1 (0,1)	1 (0,1)	2 (0,1)	9
Dorylinae					
<i>Labidus</i> Jurine, 1807	321 (35,6)	0 (0,0)	380 (29,8)	4 (0,2)	705
<i>Neivamyrmex</i> Borgmeier, 1940	6 (0,7)	0 (0,0)	13 (1,0)	0 (0,0)	19
Ectatomminae					
<i>Ectatomma</i> Smith, 1858	175 (19,4)	96 (4,9)	155 (12,2)	53 (2,9)	479
Formicinae					
<i>Camponotus</i> Mayr, 1861	6 (0,7)	61 (3,1)	12 (0,9)	84 (4,6)	163
<i>Brachymyrmex</i> Mayr, 1868	3 (0,3)	0 (0,0)	3 (0,2)	2 (0,1)	8
<i>Nylanderia</i> Emery, 1906*	1 (0,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1
Myrmicinae					
<i>Cyphomyrmex</i> Mayr, 1862	15 (1,7)	1 (0,1)	1 (0,1)	5 (0,3)	22
<i>Crematogaster</i> Lund, 1831	42 (4,7)	17 (0,9)	71 (5,6)	19 (1,0)	149
<i>Hylomyrma</i> Forel, 1912	1 (0,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	7 (0,4)	8
<i>Pheidole</i> Westwood, 1839	74 (8,2)	1404 (71,3)	561 (44,0)	150 (8,3)	2189
<i>Solenopsis</i> Westwood, 1840	108 (12,0)	175 (8,9)	33 (2,6)	1378 (76,1)	1694
<i>Wasmannia</i> Forel, 1893	111 (12,3)	20 (1,0)	11 (0,9)	10 (0,6)	152
<i>Myrmecocrypta</i> Smith, 1860*	2 (0,2)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	2
<i>Acromyrmex</i> Mayr, 1865	3 (0,3)	0 (0,0)	2 (0,2)	14 (0,8)	19
<i>Cephalotes</i> Latreille, 1802*	0 (0,0)	1 (0,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	1
Ponerinae					
<i>Hypoponera</i> Santschi, 1938	5 (0,6)	0 (0,0)	9 (0,7)	0 (0,0)	14

<i>Odontomachus</i> Latreille, 1804**	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (0,2)	0 (0,0)	3
<i>Pachycondyla</i> Smith, 1858*	1 (0,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1
Pseudomyrmecinae					
<i>Pseudomyrmex</i> Lund, 1831	6 (0,7)	69 (3,5)	1 (0,1)	38 (2,1)	114
TOTAL	901 (100,0)	1.968 (100,0)	1.275 (100,0)	1.811 (100,0)	5.955

Legenda: *Gêneros exclusivos para Área I; **Gêneros exclusivos para a Área II.

Essa alta representatividade da subfamília Myrmicinae, tanto em número de táxons como em número de indivíduos, pode ser explicada pelo fato de que esta subfamília abrigar metade das espécies conhecidas para toda a família (cerca de 6.500 espécies), possuindo uma elevada variedade morfológica e diversas estratégias de reprodução e nidificação, além de obter os alimentos de diferentes formas (BACCARO *et al.*, 2015). Esses formicídeos podem ser encontrados em qualquer ecossistema terrestre onde ocupam camadas superficiais e profundas do solo, tanto em regiões tropicais e temperadas (BOLTON, 2003; FERNÁNDEZ, 2003).

Alguns estudos, como de Santos *et al.*, (2018), Chagas (2018) e Santos (2020), apresentam resultados bastante similares em suas pesquisas, demonstrando que a subfamília Myrmicinae possui maior representatividade em relação ao número de indivíduos. Uma das explicações para esta subfamília ser a mais representativa para a região neotropical, seria a capacidade adaptativa a diferentes habitats, sua diversidade alimentar, estratégias de forrageamento e nidificação.

Com isso, nos trabalhos como o de Santos *et al.*, (2018), explica que, as áreas de pastejos mais antigas proporcionam maior tempo para as espécies colonizarem, tendo maior riqueza ao longo de um tempo, outro fator que pode estar relacionado, seria a razão de áreas de pasto mais antigas terem menor densidade de gado, devido a serem manejadas com uso de técnicas e métodos tradicionais, geralmente com pouco manejo e sendo considerado extensivo. Já por outro lado, as áreas de pastagem criam ambientes favoráveis à abundância para determinadas subfamílias, como Myrmicinae, que teve alta abundância em relação às demais subfamílias, principalmente para as duas áreas no mês de outubro de 2022.

Segat *et al.*, (2020), corroborando com os dados obtidos, constatou uma relação entre os atributos químicos e físicos do solo e a fauna de formigas, assim como também analisou que ambientes que tinham maior período de tempo para se recompor, também possuíam maior quantidade de material orgânico e umidade no solo. Desta forma, pode-se relacionar que a redução da diversidade de plantas ou a predominância de gramíneas em ambientes de pastagem influencia a abundância de organismos que estão ligado a fatores que podem determinar a fertilidade do solo.

Dentre todas as subfamílias registradas, o gênero *Pheidole* pertencente a subfamília Myrmicinae foi o mais abundante nos dois meses de coleta (abril e outubro de 2022), principalmente para a área pastejada (Tabela 3). Com um percentual de 44% de 1.275 (561 indivíduos) para a área pastejada (Área 2) do mês de abril e 71,3 % de 1.968 (1.404 indivíduos) para a área pastejada (Área 1) no mês de outubro de 2022. Este gênero é conhecido na região neotropical pela sua grande diversidade, características dominantes e onívoras do solo com uma ampla capacidade de dispersão territorial (SILVESTRE *et al.*, 2003; WILSON, 2003; PESQUERO *et al.*, 2008).

4.2 Efeitos dos fatores físicos (Temperatura e Precipitação) sobre a abundância dos formicídeos coletados nas Áreas de estudo

Com os dados de temperatura média do solo obtidos nos meses de abril e outubro de 2022, foi possível verificar que não apresentou influência na abundância dos indivíduos coletados nas duas áreas de estudo. Entretanto, quanto a variação da precipitação pluvial (mm), houve forte influência na abundância dos espécimes para as duas áreas (Tabela 4).

Tabela 4. Distribuição do número de formicídeos em função da temperatura (°C) e precipitação (mm) no mês de abril/2022 e outubro/2022, verificados na Área I e II na Fazenda Paulo Simão, Caxias-MA.

Períodos/Meses	A1 (repouso)	Temper. (°C)	A2 (pastejada)	Temper. (°C)	Precipitação (mm)
Chuvoso					
Abril	901	29,6	1.275	28,6	197,8
Seco					
	A1 (pastejada)		A2 (repouso)		
Outubro	1.968	39,1	1.811	35,5	9,6

Legenda: Temper. = temperatura; A1 = Área I; A2 = Área II

As temperaturas do solo registradas no mês de abril (período chuvoso) variaram entre 29,6 °C e 28,6 °C, já para o mês de outubro (período seco) variaram entre 39,1 °C e 35,5 °C, respectivamente (Tabela 4). As temperaturas apresentaram variação em conformidade com o período do ano, no qual os valores mais elevados foram registrados para o período seco nas duas áreas estudadas. Isto pode estar relacionado com o baixo volume de chuvas para o período seco, que consequentemente se tem um aumento da temperatura ambiente e maior incidência de raios solares sobre a superfície aumentando consequentemente a temperatura do solo. Já em relação ao baixo registro para o mês de abril, pode estar relacionado com o aumento da nebulosidade que ocorre na estação chuvosa, reduzindo a quantidade de radiação solar na superfície terrestre, consequentemente registrando temperaturas mais baixas do que na estação

menos chuvosa (período seco) (SANTOS *et al.*, 2012). Segundo Nobre *et al.*, (1991), as mudanças na precipitação, relacionadas a eventos extremos prolongados, como o grande volume de chuvas ou a escassez de chuvas, fazem parte do controle natural dos ecossistemas. Por isso, ter compreensão das mudanças climáticas é crucial para obtenção de informações importantes para a preservação e desenvolvimento sustentável de determinada região.

De modo geral, a Área I (pastejada) de outubro apresentou maior abundância de indivíduos em comparação com a Área II (pastejada) do mês de abril (Tabela 4). Sendo possível verificar também, que o mês de abril/2022 foi o que obteve o maior índice de precipitação (197,8 mm), em contrapartida, outubro/2022 foi o de menor precipitação (9,6 mm). Contudo, a maior abundância de indivíduos durante o mês de menor precipitação (outubro), para as duas áreas estudadas, em relação ao mês de abril, correspondendo a 1.968 indivíduos (Área I) e 1.811 indivíduos (Área II).

Entretanto, o mês constatado com a maior precipitação (abril), obteve a menor abundância de indivíduos para as duas áreas, sendo para esses, os valores de 901 e 1.275 indivíduos, respectivamente (Tabela 4). Pode-se, portanto, gerar um parâmetro correlacionado a maior abundância de formicídeos aos menores índices de precipitação. Santos *et al.*, (2012) puderam corroborar estes resultados, constatando em seu trabalho que a frequência de formicídeos é maior quando há ocorrência de menores precipitações, umidade do solo e maiores valores da temperatura do ar.

Sendo assim, a maior abundância de formicídeos para o período seco está provavelmente associada ao acúmulo de serapilheira presente no solo, atividade do gado e deposição de esterco bovino nas áreas de pastejo, sendo estes fatores usados como um meio de nidificação e forrageamento por qualquer espécie de formiga que circule pela área. Enquanto que a menor ocorrência de espécimes no período chuvoso, deve-se também, pela necessidade que as formigas têm de se proteger das chuvas, tendo em vista o seu tamanho extremamente reduzido quando comparado a força de ventos e pingos d'água das precipitações (ROCHA, 2012).

O gênero *Pheidole* obteve a maior representatividade (1.404 indivíduos), com percentual de 71,3% do total de 1.968 gêneros amostrados para Área I (pastejada), durante o período seco (outubro). Quando comparado com a Área II (pastejada), no período chuvoso (abril), foi constatado um total de apenas 561 (44%) indivíduos coletados (Tabela 5). Este foi o gênero que mais se destacou, estando presente em ambos os períodos do ano, sendo o mais abundante principalmente para as áreas de pastejo. Este gênero apresenta uma ampla adaptação,

podendo ser encontrado desde ambientes naturais até ambientes mais perturbados, sendo o mais generalista (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). A presença deste gênero nas Áreas de pastejo pode ser em razão da quantidade de serrapilheira e esterco bovino favorecendo principalmente a existência de locais para forrageamento e nidificação (BENSON & HARADA 1988, CARVALHO & VASCONCELOS 1999). Além disso, espécies pequenas como *Pheidole*, apresentam alto grau de recrutamento, o que pode facilitar a locomoção da fonte de alimento, garantindo maiores possibilidades de forrageamento. O que lhe confere a possibilidade de eliminar uma grande parte das outras espécies de formicídeos, por meio do controle dos recursos disponíveis no ambiente em que se encontram (FOWLER, 1995). Diversos trabalhos puderam corroborar os resultados aqui demonstrados para o gênero *Pheidole*, como os estudos de Carvalho *et al.*, (2004), Dáttilo *et al.*, (2011), Carvalho (2014) e SOUSA (2022), sendo constatada a predominância do gênero *Pheidole* em relação aos demais gêneros amostrados.

Tabela 5. Presença e ausência de formicídeos coletados nos meses de abril/2022 e outubro/2022, verificados na Área I e II na Fazenda Paulo Simão, Caxias-MA.

Gêneros	Período chuvoso		Período seco		Total
	Abril		Outubro		
	A1 (Repouso)	A2 (Pastejada)	A1 (Pastejada)	A2 (Repouso)	
<i>Acromyrmex</i> Mayr, 1865	3	2	-	14	19
<i>Brachymyrmex</i> Mayr, 1868	3	3	-	2	8
<i>Camponotus</i> Mayr, 1861	6	12	61	84	163
<i>Cyphomyrmex</i> Mayr, 1862	15	1	1	5	22
<i>Crematogaster</i> Lund, 1831	42	71	17	19	149
<i>Cephalotes</i> Latreille, 1802	-	-	1	-	1
<i>Dorymyrmex</i> Mayr, 1866	16	19	123	45	203
<i>Ectatomma</i> Smith, 1858	175	155	96	53	479
<i>Hylomyrma</i> Forel, 1912	1	-	-	7	8
<i>Hypoconerops</i> Santschi, 1938	5	9	-	-	14
<i>Labidus</i> Jurine, 1807	321	380	-	4	705
<i>Myrmecocrypta</i> Smith, F., 1860	2	-	-	-	2
<i>Neivamyrmex</i> Borgmeier, 1940	6	13	-	-	19
<i>Nylanderia</i> Emery, 1906	1	-	-	-	1
<i>Odontomachus</i> Latreille, 1804	-	3	-	-	3
<i>Pachycondyla</i> Smith, 1858	1	-	-	-	1
<i>Pheidole</i> Westwood, 1839	74	561	1404	150	2189
<i>Pseudomyrmex</i> Lund, 1831	6	1	69	38	114
<i>Solenopsis</i> Westwood, 1840	108	33	175	1378	1694
<i>Tapinoma</i> Förster, 1850	5	1	1	2	9
<i>Wasmannia</i> Forel, 1893	111	11	20	10	152
TOTAL	901	1.275	1.968	1.811	5.955

Legenda: A1 = Área I; A2 = Área II

Para os demais gêneros, e, especialmente, para os com maior representatividade de indivíduos, no mês com o menor índice de precipitação pluvial, sendo este, conseqüentemente, o mês que compõe o período seco. Portanto, quanto aos gêneros com maior abundância durante o período seco (outubro), verificou-se *Solenopsis* com 1.378 indivíduos para Área II (repouso), e *Pheidole* com 1.554 indivíduos para Área II (pastejada). Foi possível observar que o gênero *Solenopsis* foi o mais presente nas áreas em repouso, ao contrário do gênero *Pheidole* que foi presente nas áreas de pastejo.

Essa preferência do gênero *Solenopsis* para as áreas em repouso provavelmente se dá pelo fato da área não sofrer com a ação do gado, assim como também por não possuir muitas espécies dominantes na área, deixando mais recursos disponíveis para este gênero se sobressair. Assim como *Pheidole*, o gênero *Solenopsis* também possui características generalistas e dominantes, preferindo ambientes mais abertos para forrageamento e nidificação.

Nunes *et al.*, (2008), também corroboraram estes resultados, confirmando em seu trabalho que há um maior número de indivíduos para as subfamílias Myrmicinae e Formicidae no período seco, demonstrando estes, como os mais predominantes em área de Cerrado, sendo que estas subfamílias se mostram mais resistentes às condições de manejo do solo e a situação de deficiência hídrica presente nessa área.

Já para o período chuvoso foi possível observar que o índice pluviométrico influenciou na abundância de certos gêneros para as duas áreas. Sendo o gênero *Labidus* o mais abundante para o período chuvoso com registro de 321 indivíduos para Área I (em repouso) e 380 para Área II (pastejada), logo em seguida, *Ectatomma* com 175 indivíduos para Área I (em repouso) e 155 para Área II (pastejada).

Fagundes *et al.*, (2009) ressalta que, várias respostas podem explicar a relação das possíveis alterações na composição de espécimes de formigas durante e após as estações. A disponibilidade de alimentação é um dos principais fatores relacionados à abundância das formigas. Assim como também os comportamentos específicos podem determinar a permanência de uma espécie, como hábitos nômades de armazenamento de alimentos ou especificidade de habitat, durante e após a variação das condições abióticas locais.

Santos (2019) também pôde corroborar os resultados através dos dados obtidos em seu estudo sobre os fatores físicos, onde os gêneros estudados sofreram influência da variabilidade do regime pluviométrico, observando-se uma variação na diversidade dos indivíduos devido a distribuição temporal da precipitação pluvial. A preferência desses gêneros por período chuvoso pode ser justificada pelo fato de terem mais preferência por locais com bastante

umidade presente, assim como a presença de árvores e troncos o que favorece mais locais para nidificação e forrageamento (ROCHA, 2012).

4.3 Índice de Dominância (D), Diversidade de Shannon-Weaner(H') e Equitabilidade de Pielou (J)

Em relação aos índices de Dominância (D), Diversidade (Shannon-Wiener) e Equitabilidade (Pielou), foram considerados para essa análise os dados observados nas Áreas I e II da Tabela 6.

Em cada tratamento foram utilizados dois tipos de armadilhas de queda; *pitfall* e *provid*. Para o mês de outubro, os índices de Dominância (D) foram bem diferentes, sendo para a Área I (pastejada) *pitfall* (D=0,21) e *provid* (D=0,78), já para o Área II (pastejada) o índice foi um pouco maior em relação a Área I, porém, os índices mantiveram-se bem distantes entre si nas armadilhas desta mesma área, sendo (D=0,39) *pitfall* e (D=0,70) *provid* (Tabela 6).

Esse percentual pode ser justificado em decorrência da alta amostragem de indivíduos, sendo um fator que interfere na amostragem da riqueza local. Outra justificativa é o fato da super amostragem dos gêneros da subfamília Myrmicinae, que foram mais registradas pelas armadilhas *provid*. A super amostragem desta subfamília para as áreas de pastagens, pode estar relacionada com o fato de apresentar-se como a mais diversificada em número de espécies, sendo classificada como hiper diversa (WILSON, 2003).

Tabela 6. Índices de Dominância (D), Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (e) obtidos para os formicídeos coletados na Área I e Área II na Fazenda Paulo Simão, Caxias-MA, nos meses de abril/2022 e outubro/2022.

Índices	Abril				Outubro			
	AR_Pit	AR_Pr v	AP_Pit	AP_Pr v	AP_Pi t	AP_Pr v	AR_P it	AR_Pr v
NI	771	130	1064	211	422	1389	993	975
D	0,21	0,20	0,31	0,34	0,21	0,78	0,39	0,70
Shannon_H	1,90	1,94	1,49	1,52	1,95	0,57	1,37	0,74
Equitability_J	0,66	0,76	0,55	0,63	0,74	0,25	0,60	0,34

Legenda: AR_Pit - Área repouso *pitfall*; AR_Pr - Área repouso *provid*; AP_Pit - Área pastejo *pitfall*; AP_Pr - Área pastejo *provid*.

Para a coleta de outubro, os índices de dominância foram diferentes. A abundância de indivíduos acompanhou a alternância do pastejo, sendo as áreas pastejadas as mais abundantes. Com estes resultados percebe-se que a coleta de outubro apresentou um maior percentual de dominância em relação aos dados coletados em abril, sendo esta, a mais rica em táxons

coletados nos dois tipos de armadilhas. Segundo Magurran (2011), em comunidades biológicas maiores que 100, a dominância é independente da riqueza, mas em assembleias inferiores decresce concomitantemente com o crescimento da riqueza de espécies. As Áreas de pastagens obtiveram dominância superior podendo ser justificada pelo fato desta área sofrer com a ação do gado no pasto e por ser a área que obteve maior abundância de formicídeos, principalmente em relação a subfamília Myrmicinae, Doryline e Ectatomminae sendo as mais adaptadas e se sobressaindo mesmo em ambientes modificados ou antropizados (FOWLER *et al.*, 1991).

Foi analisada a diversidade de (*Shannon-Wiener*) dos tipos de armadilhas de cada uma das áreas estudadas (Tabela 6). Para a Área I (repouso) no mês de abril obteve uma maior diversidade para a armadilha *provid* ($H'=1,94$), confirmado pelo índice de Pielou ($e=0,76$). Já para o mês de outubro a Área 1 (pastejada) armadilha *pitfall* obteve o maior índice de diversidade ($H'=1,95$) sendo constatado pelo índice de Pielou ($e=0,74$).

O maior índice de diversidade estimado para a Área I provavelmente ocorreu por causa da maior abundância de indivíduos nos outros tipos de armadilhas, o que pode ter influenciado diretamente para a aferição de menores índices de diversidade para os mesmos (SOARES, 2019). Segundo Santos (2020) trabalhando com comunidade de formigas subterrâneas em áreas de pastejo no bioma pampa, constatou que a riqueza e abundância tende a crescer com o aumento do pH do solo dentro de uma faixa de 4,4 e 5, podendo corroborar com os dados obtidos na análise do solo em que obteve-se 6,1 para Área I e 6 para área II, assim como também a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) apresentou um valor de (8,07), sendo maior do que para área II de (5,68), quanto maior é este valor maior é o indicativo de potencial produtivo do solo (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013), (Tabela 2), sendo uma possível justificativa para a elevada abundância de indivíduos, uma vez que o pH mais elevado aumenta a atividade dos microrganismos do solo que são fonte alimentar para as formigas, dessa forma, o aumento na atividade microbiana estimula a abundância do grupo nas áreas em estudo (SANTOS, 2020).

Segundo Dechem (2007), os elementos do solo que possivelmente influenciam a riqueza de formigas são alumínio, enxofre e pH. O alumínio é um elemento que impede a disponibilidade de nutrientes às plantas e influência no pH do solo, ou seja, se torna mais ácido, assim o alumínio fica absorvido, conseqüentemente, resultando baixa fertilidade no solo. Sendo que quanto maior são os teores de alumínio no solo maior será a redução da riqueza dos indivíduos que dependem do solo devido este elemento ser prejudicial às plantas e desta forma gerando efeitos diretos para a fauna de formigas que tem associação com as plantas.

Dröse (2015) ao revisar trabalhos que utilizaram formigas para avaliar os efeitos do pastejo, destaca que o tipo de solo e vegetação são importantes fatores que influenciam na

riqueza e diversidade desses indivíduos e que essas variáveis induzem maiores mudanças na composição das espécies de formigas do que em seus números de abundância, visto que esses indivíduos estão relacionados com a quantidade de serapilheira, vegetação e propriedades do solo.

4.4 Riqueza Estimada (S), Estimador de Riqueza, Índice de Margalef e Curva de Acumulação dos gêneros coletados nas duas áreas de estudo

Em relação a análise da Riqueza Observada, obteve-se em abril na Área I (em repouso) para as armadilhas *pitfall* e *provid*, respectivamente, 18 e 13 gêneros coletados. Já para a Área II (pastejada), a armadilha *pitfall* coletou 15 e *provid* 11 gêneros amostrais (Tabela 7). Já para a coleta de outubro, a Área I (pastejada) armadilha *pitfall* e *provid*, respectivamente, 14 e 10. Sendo para a Área II (em repouso) obtidos, respectivamente, 10 e 9 gêneros coletados, respectivamente (Tabela 6). Observa-se que a coleta de abril obteve maior riqueza em comparação com a coleta de outubro, assim como o que foi explicado anteriormente, as condições climáticas favoreceram os gêneros mais exigentes a se sobressaírem nas áreas de estudo, principalmente para a Área I que estava em repouso.

A riqueza obtida pelo estimador *Chao 1* foi maior para a Área I (em repouso) *provid* de abril estimando (16 gêneros) e Área II (em repouso) *pitfall* de outubro estimando (11 gêneros) (Tabela 7). Os valores acima citados encontrados pelo estimador indicam que o esforço amostral não foi suficiente para quantificar a real riqueza de espécies e que, portanto, a riqueza de formigas encontra-se subamostrada, ou seja, o esforço de coletas não foi o suficiente para demonstrar a riqueza real da área estudada, sendo possível com realização de maior esforço amostral encontrar uma riqueza ainda maior nas duas áreas de Cerrado estudadas (SOARES, 2019)

Em relação ao índice de Margalef, o qual expressa à riqueza de espécies, verifica-se para *pitfall* (2,56) o maior índice entre as áreas e para *provid* (1,16) o menor índice registrado (Tabela 7). Através do índice é confirmado que a Área I possui uma maior riqueza em comparação com a Área II, que obteve valores igual e inferior a 2,0. Richter *et al.*, (2012), destaca que valores menores que 2,0 indicam baixa riqueza, demonstrando que a Área II não atingiu um índice considerável. Esse baixo índice de riqueza pode ser justificado pelo fato de a Área II ser submetida ao pastejo, e, conseqüentemente vem sofrendo com a pressão excessiva do gado na área.

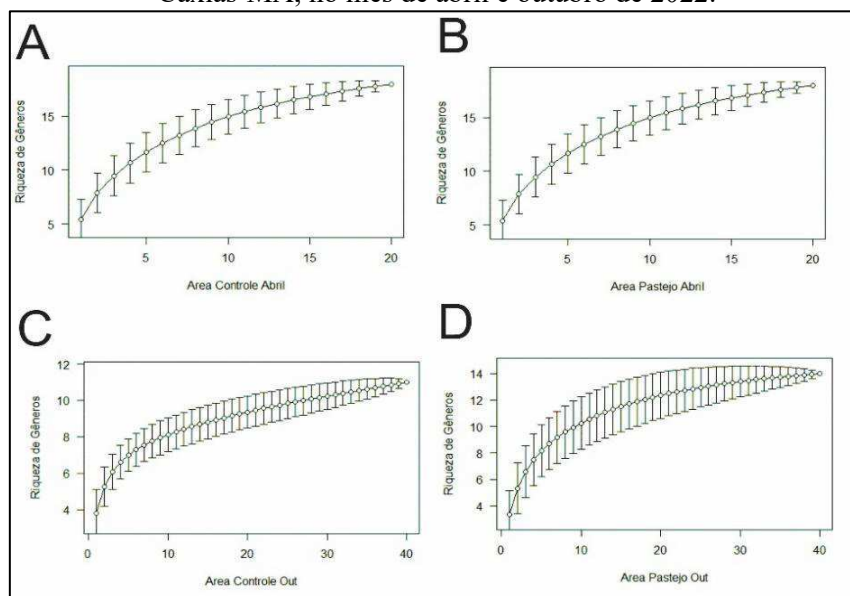
Tabela 7. Riqueza Estimada, Estimador de Riqueza e Índice de Margalef da Mirmecofauna obtida na Área I e Área II, coletadas nas armadilhas *Pitfall* e *Provid* no mês de abril e outubro de 2022, na Fazenda Paulo Simão, Caxias, Maranhão.

	Abril				Outubro			
	AR_Pit	AR_Priv	AP_Pit	AP_Priv	AP_Pit	AP_Priv	AR_Pit	AR_Priv
Riqueza observada	18	13	15	11	14	10	10	9
Chao-1	19	16	15	11	14	11	11	9
Margalef	2,56	2,47	2,01	1,87	2,15	1,24	1,30	1,16

Legenda: AR_Pit - Área repouso *pitfall*; AR_Priv - Área repouso *provid*; AP_Pit - Área pastejo *pitfall*; AP_Priv - Área pastejo *provid*.

Em relação as curvas de acumulação, nenhuma exibiu tendência a atingir uma assíntota (Figura 6), sendo assim, nenhuma das áreas analisadas encontram-se estabilizadas, sugerindo que a amostragem realizada não foi satisfatória para atingir o número total de espécies. Segundo Silva (2012), as curvas de acumulação de espécies, bem como os estimadores de riqueza, fornecem subsídios para a tomada de decisões em relação à riqueza taxonômica e a conservação da biodiversidade, e são consideradas ferramentas importantes no planejamento de futuras pesquisas.

Figura 7. Curva de acumulação dos gêneros de formicídeos coletados na fazenda Paulo Simão, Caxias-MA, no mês de abril e outubro de 2022.



Legenda: (A-B) Coleta de abril. (C-D) Coleta de outubro. A) Área em repouso e B) Área pastejada. C) Área pastejada e D) Área em repouso.

4.5 Análise de gêneros indicadores (IndVal) e Análise de Coordenadas Principais (PCoA) dos gêneros coletados nas duas áreas de estudo

A análise com o Valor Individual de Indicação (Indval) detectou nove gêneros com valores de indicação significativos. Sendo cinco deles da subfamília Myrmicinae; *Wasmania*, *Solenopsis*, *Cyphormyrme*, *Pheidole* e *Crematogaster*, um da subfamília Pseudomyrmicinae; *Pseudomyrmex*, um da subfamília Dorylinae; *Labidus*, da subfamília Formicinae; *Camponotus* e da subfamília Dolichoderinae: *Dorymyrmex* (Tabela 8).

Tabela 8: Valor individual de indicação (IndVal) dos gêneros coletados nas armadilhas *pitfall* e *provid* instaladas na Área I e II, na Fazenda Paulo Simão, Caxias, Maranhão.

Gêneros	Mês, Áreas e tipos de armadilhas	(%)	P. value
Abril			
<i>Wasmania</i>	Área em repouso <i>pitfall</i>	0.694	0.005
<i>Solenopsis</i>	Área em repouso <i>pitfall</i>	0.694	0.010
<i>Cyphormyrme</i>	Área em repouso <i>pitfall</i>	0.512	0.005
<i>Pseudomyrmex</i>	Área em repouso <i>pitfall</i>	0.463	0.010
<i>Labidus</i>	Área em repouso <i>pitfall</i> + Área pastejada <i>pitfall</i>	0.728	0.005
<i>Pheidole</i>	Área em repouso <i>pitfall</i> + Área pastejada <i>pitfall</i> + Área pastejada <i>provid</i>	0.924	0.005
<i>Crematogaster</i>	Área em repouso <i>Pitfall</i> + Área pastejada <i>Pitfall</i> + Área pastejada <i>provid</i>	0.634	0.020
Outubro			
<i>Pheidole</i>	Área em repouso <i>pitfall</i> + Área em repouso <i>provid</i>	0.926	0.005
<i>Dorymyrmex</i>	Área em repouso <i>pitfall</i> + Área em repouso <i>provid</i> + Área pastejada <i>pitfall</i>	0.656	0.02
<i>Camponotus</i>	Área em repouso <i>pitfall</i> + Área pastejada <i>pitfall</i> + Área pastejada <i>Provid</i>	0.713	0.05

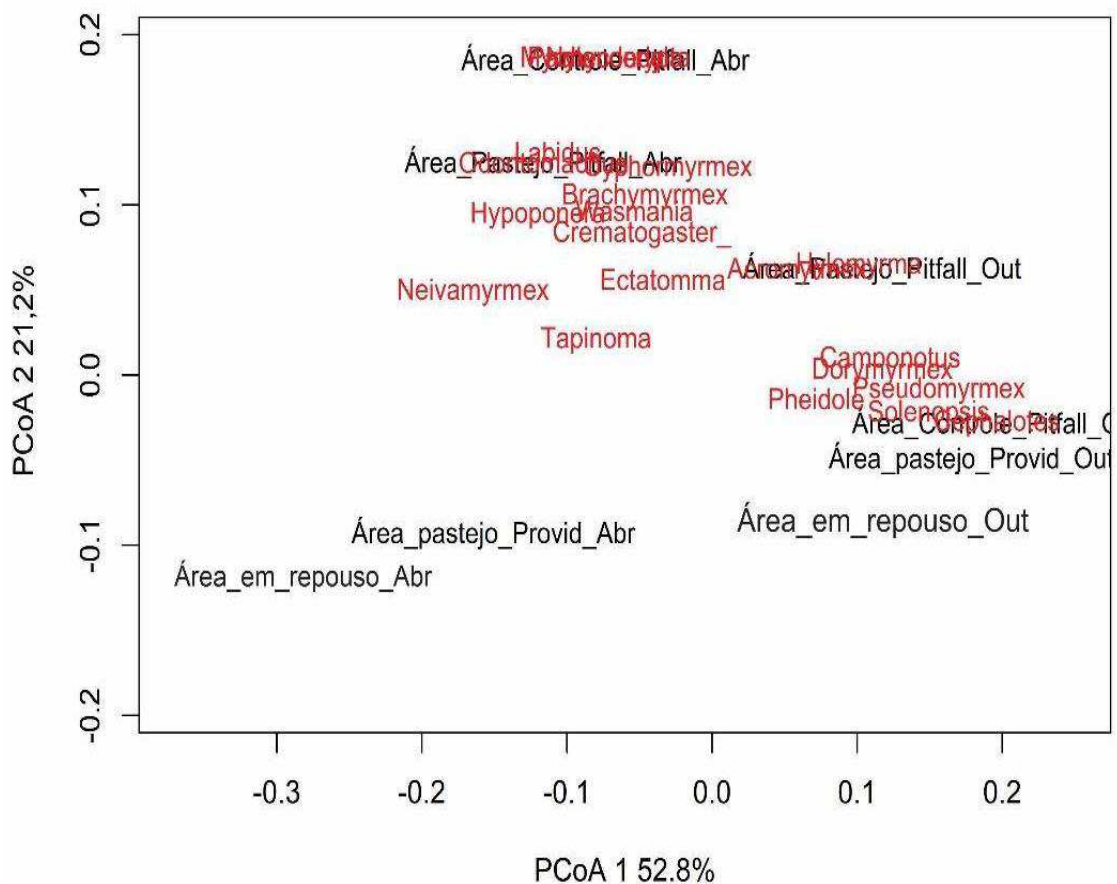
O gênero *Labidus* foi associado tanto na Área em repouso e pastejada a armadilha *pitfall*, já os gêneros *Pheidole* e *Crematogaster*, foram associados a Área em repouso e Área pastejada a armadilha *pitfall* e na Área pastejada com a armadilha *provid* (Tabela 8). Para o mês de outubro os gêneros *Pheidole*, *Dorymyrmex* e *Camponotus*, foram os que obtiveram percentuais bastante expressivos e demonstrando serem mais generalistas, principalmente para o período seco, período mais favorável para o aumento da abundância desses indivíduos.

O gênero *Pheidole* foi o que aferiu o maior percentual de afinidade, sendo justificado pela sua super amostragem e maior representatividade para as duas áreas, isso pode ser atribuída ao fato desse gênero ser hiper diverso pertencente a subfamília Myrmicinae contendo cerca de aproximadamente 900 espécies catalogadas para todo o mundo. Dispondo de ampla distribuição nas Américas, este gênero conta com a maior riqueza específica, especialmente nos substratos de solo e serapilheira. Pode-se observar que por ser adaptado a diferentes condições ambientais

se tornou oportunista se destacando sobre os demais táxons registrados nas duas áreas (HÖLLDOBLER & WILSON 1983; WILSON, 2003).

A PCoA's com relação às duas áreas (Área I e Área II) em seus dois primeiros eixos explicou 74% da variação dos dados de gênero através da matriz de distância de *bray-curtis*. No primeiro eixo, foi explicado uma variação de 52,8% da variação dos dados (Figura 8). No segundo eixo, explicou 21,2% da variação dos dados. Correlacionado o primeiro eixo com as variáveis “gêneros” observa-se os dados obtidos demonstram que tanto para Área I quanto para Área II os gêneros *Pheidole*, *Dorymyrmex*, *Camponotus* e *Crematogaster* são os mais generalistas ocorrendo para ambos os tipos de armadilhas e áreas.

Figura 8. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) dos gêneros, coletados nas armadilhas *pitfall* e *provid* instaladas na Área I e II, na Fazenda Paulo Simão, Caxias, Maranhão.



5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos por meio do levantamento da Mirmecofauna nas duas Áreas de Cerrado analisadas na Fazenda Paulo Simão em Caxias-MA, é possível chegar às seguintes conclusões:

- A Área I (em repouso) no mês de abril apresenta maior riqueza de táxons e Área I (pastejada) no mês de outubro apresenta a maior abundância de formicídeos;
- Para todas as Áreas analisadas, as subfamílias Myrmicinae, Formicinae e Ponerinae apresentam a maior riqueza de táxons;
- As subfamílias Myrmicinae, Doryline e Ectatomminae apresentam a maior abundância de indivíduos;
- A temperatura do solo não teve interferência significativa na abundância dos indivíduos, porém, a precipitação influencia na abundância dos indivíduos;
- O maior Índice de Diversidade foi maior para Área I (em repouso) no mês de abril, enquanto que a Dominância foi maior para Área II (pastejada) em outubro.
- O estimador de riqueza (*Chao 1*) e as curvas de acumulação aferidas para as duas áreas estudadas, constata que o esforço amostral não foi suficiente para mensurar totalmente os gêneros.
- Os gêneros *Pheidole* e *Crematogaster* obtiveram maior afinidade com as duas áreas e armadilhas.

REFERÊNCIAS

- AGOSTI, Donat; MAJER, J.; ALONSO, L. *et al.* **Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution, Washington DC, n. 9, p. 280, 2000.
- ALBUQUERQUE, E. Z. de.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera: Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.53, n.3, p.398-403, 2009.
- ALONSO, L. E. Ants as indicators of diversity. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, p. 80-88. 2000.
- AMORIM, Ismael Alves; AQUINO, Alyssandra; SILVA, Erica *et al.* Levantamento de artrópodes da superfície do solo em área de pastagem no assentamento Alegria, Marabá-PA. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 1, p. 62-67, 2013.

ANDERSEN, Alan N. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. **Journal of biogeography**, p. 15-29, 1995.

ANDERSEN, Alan N. Using ants as bioindicators: multiscale issues in ant community ecology. **Conservation ecology**, v. 1, n. 1, 1997.

ANDERSEN, Alan N.; MAJER, Jonathan D. **Ants show the way down under: invertebrates as bioindicators in land management. Frontiers in Ecology and the Environment**. v. 2, n. 6, p. 291-298, 2004.

ANDERSEN, Alan N.; SPARLING, Graham P. **Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Australian seasonal tropics. Restoration ecology**, v. 5, n. 2, p. 109-114, 1997.

ARAÚJO, Ricardo; GOEDERT, Wenceslau; LACERDA, Marilusa. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1099-1108, 2007.

ASNER, Gregory P. *et al.* Sistemas de pastoreio, respostas do ecossistema e mudança global. **Rev. Environ.** v. 29, 2004.

ASSAD, Maria Leonor Lopes. Fauna do solo. **Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC**, p. 363-443, 1997.

BACCARO, Fabricio; FEITOSA, Rodrigo; FERNANDEZ, Fernando *et al.* **Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Manaus: Editora INPA**, 2015. 388 p.

BAKELAAR, R. Gary; ODUM, Eugene P. **Community and population level responses to fertilization in an old-field ecosystem. Ecology**, v. 59, n. 4, p. 660-665, 1978.

BARETTA, Dilmar; SANTOS, Julio; MAFRA, Álvaro *et al.* Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, n. 2, p. 97-106, 2003.

BARETTA, Dilmar; SANTOS, Julio; SEGAT, Julia; GEREMIA, Eliana *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em ciência do solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.

BEGON, M.; HAPER, J. L.; TOWNSED, C. R. **Ecology: Individuals, Populations and Communities**. Oxford: Blackwell Science, 1996.

BENGTSSON, J.; BULLOCK, J.; EGOH, B. *et al.* Grasslands—more important for ecosystem services than you might think. **Ecosphere**, v. 10, n. 2, p. e02582, 2019.

BENSON, W.W. & A.Y. Harada. 1988. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amaz.** 18: 275-289.

BENSON, W.W. & A.Y. Harada. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amaz.** 18: 275-289. 1988.

BIANCHI, Miriam; SCORIZA, Rafael; RESENDE, Alexander *et al.* Macrofauna edáfica como indicadora em revegetação com leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

BISEVAC, L.; MAJER, J. D. Comparative study of ant communities of rehabilitated mineral sand mines and heathland, Western Australia. **Restoration Ecology**, v. 7, n. 2, p. 117-126, 1999.

BLANDIN, Patrick. Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. **Bulletin d'écologie**, v. 17, n. 4, p. 215-307, 1986.

BLOUIN, M.; HODSON, M. E; DELGADO, E. A. *et al.* A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. **European Journal of Soil Science**, v. 64, n. 2, p. 161-182, 2013.

BODENHEIMER, F. S. **Precis D.écologie Animale**. Paris: Payot, 1955.

BOLTON, B. **Synopsis and classification of Formicidae**. Memoirs of the American Entomological Institute, v. 71, 2003. 370 p.

BORLAUG, Norman. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: R. Bailey (ed.). Global warming and other eco-myths. pp. 29-60. **Competitive Enterprise Institute**, Roseville, EUA. 2002

BOULTON, April; DAVIES, Kendi F.; WARD, Philip S. Species richness, abundance, and composition of ground-dwelling ants in northern California grasslands: role of plants, soil, and grazing. **Environmental entomology**. v. 34, n. 1, p. 96-104, 2005.

BRANDÃO, C. R. F. Reino Animalia: Formicidae. In: JOLY, C.A. & CANCELLO, E.M. (eds.). Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX. **Invertebrados terrestres. São Paulo, FAPESP**, v. 05, p. 58-63. 1999.

BRISKE, D.D.; DERNER, J. D.; MILCHUNAS, D. G. *et al.* An evidence-based assessment of prescribed grazing practices. In Conservation benefits of rangeland practices: Assessment, recommendations, and knowledge gaps, **Washington, DC: USDA Natural Resource Conservation Service**. p. 21-74, 2011.

BROWN, Joel R.; HERRICK, Jeffrey E. **Making soil health a part of rangeland management**. Journal of Soil and Water Conservation, v. 71, n. 3, p. 55A-60A, 2016.

BÜNEMANN, Else K; BONGIORNO, G., BAI, Z., CREAMER, R. E., *et al.* **Soil quality—A critical review**. Soil Biology and Biochemistry, v. 120, Bio do Solo. Bioquim, p. 105-125, 2018.

CÁCERES, N. C.; PRATES, L. Z.; GHIZONI-JR, I. R.; GRAIPEL, M. E. **Frugivory by the black-eared opossum *Didelphis aurita* in the Atlantic Forest of southern Brazil: Roles of sex, season and sympatric species**. Biotemas, vol. 22, n. 3, p. 203-211, 2009.

CARVALHO, K.S. *et al.* Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. **Biol. Conserv.** 91: 151-157. 1999.

CHAGAS, Leticia. **Estrutura da Comunidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) em pastagens com diferentes tipos de manejos.2018**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas- Bacharelado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

CLAESSEN, Marie Elisabeth Christine et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997., 1997.

COLWELL, R. K. & CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.345, n.1, p.101-118, 1994.

CORREIA, Maria. Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores de manejo do ecossistema. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**. P. 23, 2002.

COUGHENOUR, Michael. Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystems. **Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives**, v. 44, n. 6, p. 530-542, 1991.

DÁTILLO, W.; SIBINEL, N.; FALCÃO, J. C. de F; NUNES, R. V. Mirmecofauna em um fragmento de Floresta Atlântica urbana no município de Marília, SP, Brasil. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.27, n.3, p.494-504, 2011.

DE SOUSA MARTINS, A. E. .; RODRIGUES DA SILVA, M. J. .; RODRIGUES, J. C.; DE ALENCAR COSTA SILVA, M. R. .; PEREIRA GONÇALVES, M. V. .; ARAÚJO DA SILVA FORMIGA, L. D. .; FRANCO, C. L. . Levantamento da Mirmecofauna em Fragmentos de uma Área de Proteção Ambiental em Caxias, Maranhão- Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 187–197, 2022. DOI: 10.21680/2447-3359.2022v8n1ID28100. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/28100>. Acesso em: 29 jun. 2023.

DECHEM A. R, NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. Viçosa: SBCS/UFV. 2007

DELABIE, Jacques; PAIM, V. R.; NASCIMENTO, I. C. *et al.* As formigas como indicadores biológicos do impacto humano em manguezais da costa sudeste da Bahia. **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 602-615, 2006.

DIAS-FILHO, Moacyr. Diagnostico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazonia oriental**, 2014.

DILLON, W.R. & GOLDSTEIN, M. Multivariate analysis. Methods and applications. New York, John Wiley & Sons, 1984.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. & COEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, p.3-21. 1994.

DRÖSE, W. Efeito do pastejo sobre as assembleias de formigas nos Campos Sulinos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015. (Dissertação). Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/131926/000978567.pdf?sequence=1>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. SPECIES ASSEMBLAGES AND INDICATOR SPECIES:THE NEED FOR A FLEXIBLE ASYMMETRICAL APPROACH. **Ecological Monographs**, [s.l.], v.67, n.3, p.345-366, 1997.

DUFRENE, Marc; LEGENDRE, Pierre. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological monographs**, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997.

FAGUNDES, R. et al. Efeito das mudanças climáticas sazonais no forrageio de Formigas em uma área de mata estacional semidecidual Montana. In: **Congresso de Ecologia do Brasil, 9º. Anais. São Lourenço, MG, Sociedade de Ecologia do Brasil. 2009.**

FERNÁNDEZ, F. (ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de Recurso Alexander von Humboldt, 2003, p.363-370.

FOLGARAIT, Patricia J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. **Biodiversity & Conservation**, v. 7, n. 9, p. 1221-1244, 1998.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991, p.359.

FOWLER, H.G. Biodiversity Estimates: Ant Communities and the rare ant Species (Hymenoptera: Formicidae) in a fauna of a sub-tropical island. **Revista De Matemática E Estatística**, Marília, v.13, p.29-38, 1995.

FREIRE, C. B.; OLIVEIRA, G. V.; MARTINS, F. R. S.; SOUZA, L. E. C.; RAMOSLACAU, L. DE S.; CORRÊA, M. M. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.10, n.1, p.131-134, 2012.

FUTUYMA, D.J. *Evolutionary Biology*. Sinauer Associates, Sinderland, Massachusetts, 600p. 1986.

GIRACCA, Ecila; ANTONIOLLI, Zaida; ELTZ, Flavio *et al.* Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Agrocência**, v. 9, n. 3, p. 257-261. 2003.

HEWINS, D. B; LYSENG, Mark; SCHODERBEK, Donald *et al.* Grazing and climate effects on soil organic carbon concentration and particle-size association in northern grasslands. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–9, 2018.

HÖLLDOBLER, B. & E.O. Wilson. *The ants*. Harvard University Press, 732p. 1990.

HOLLDOBLER, Bert et al. **The ants**. Harvard University Press, 1990.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Normais Climatológicas (1961/1990)**. Brasília - DF, 1992.

KARLEN, D.L. *et al.* Saúde do solo avaliação: realizações passadas, atividades atuais e oportunidades futuras. **Res. de Cultivo do Solo**. 195, 2019.

KLINK, C. A. & MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. In: **Megadiversidade. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade no Brasil**. Belo Horizonte: Conservação Internacional, v.1, n. 1, p. 147-155, 2005.

- KREBS, C. J. **Ecological methodology**. 2 ed. New York: Harper Collins, 1999.
- LAVELLE, Patrick; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; *et al.* Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, p.159-193, 1997.
- LAVELLE, Patrick; SPAIN, Alister. **Soil ecology**. Springer Science & Business Media, 2002.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. **Amsterdam: Elsevier Science**. 1998.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Amsterdam: Elsevier Science, 1998.
- LERNER, A. M.; ZULUAGA, A. F.; CHARÁ, J. *et al.* Sustainable Cattle Ranching in Practice: Moving from Theory to Planning in Colombia's Livestock Sector. **Environmental Management**, p. 176–184, 2017.
- LIMA, A. C.; BRUSSAARD, L.; TOTOLA, M. R. *et al.* A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. **Applied Soil Ecology, Amsterdam**, v. 64, p. 194-200, 2013.
- LOPES, D. T. *et al.* Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em três ambientes no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, v. 1, n. 100, p. 84-90, mar. 2010.
- LOURENTE, Elaine Reis Pinheiro *et al.* Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2007.
- MACHADO, R.; Ramos, M. B.; Harris, M. B. *et al.* Aguiar. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. In: Anais IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. pp. 29-38. **Fundação O Boticário de Proteção à Natureza**, Curitiba, Brasil. 2004
- MAGURRAN, A. E. Medindo a diversidade biológica. Curitiba: Editora da UFPR; 2011.
- MAJER, J. D. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. **Environmental Management**. New York, v. 07, p. 375-386, 1983.
- MANLY, B.F.J. *Multivariate statistical methods: a primer*. 2nd ed., London, Chapman & Hall, 1994.
- MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v.31, n.2, p.187-19, 2002.
- MORAES, R. C. B.; HADDAD, M. L.; SILVEIRA NETO, S. *et al.* Software Para Análise Faunística. In: 8º Simpósio de Controle Biológico. São Pedro, SP. **Anais do 8º Siconbiol**. v.1, n.1, p.195, 2003.
- MURGUEITIO, E.; CALLE, Z.; URIBE, F., *et al.* Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1654–1663, 2011.

NOBRE, C. A.; SELLERS, P. J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**, v. 4, p.957-987. 1991

OLIVEIRA FILHO, L. C.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 27, p. 69-77, 2014.

OLIVEIRA, Luís; BARETTA, Dilmar; SANTOS, Julio Cesar Pires. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 69-77, 2014.

OLIVEIRA, P. P. A. Recuperação e reforma de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 24., 2007, Piracicaba. **Produção de ruminantes em pastagens: Anais... Piracicaba: FEALQ**, 2007. p. 39-73.

OLIVEIRA, P. P. A.; RODRIGUES, P. H. M. et al. Emissões de gases e amônia em sistemas pastoris: mitigação e boas práticas de manejo. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 27., 2015.

OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C.; FIDELIS, A. *et al.* Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 9, n. 2, p. 101-116, 2007.

PAOLETTI, M. G.; BRESSAN, Monica; EDWARDS, C. A. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. **Critical reviews in plant sciences**, v. 15, n. 1, p. 21-62, 1996.

PEREIRA, R. de C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas-BA. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v. 24, número especial, p. 63-76, dez. 2012.

PESQUERO, M. A.; FILHO, J. E.; CARNEIRO, L. C.; FEITOSA, S. B.; OLIVEIRA, M. A. C.; QUINTANA, R. C. Formigas em ambiente hospitalar e seu potencial como transmissoras de bactérias. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n.4, p. 472-477, 2008. Disponível em: Acesso em: 22/01/2017. doi.org/10.1590/S1519-566X2008000400017.

PILLAR, Valério; QUADROS, Fernando. Grassland-forest boundaries in southern Brazil. In: **Conference on recent shifts in vegetation boundaries of deciduous forests, especially due to general global warming**. Birkhäuser, Basel, 1999. p. 301-316.

PILLAR, Valério; VÉLEZ, Eduardo. Extinção dos Campos Sulinos em unidades de conservação: um fenômeno natural ou um problema ético. **Nat. Conserv**, v. 8, p. 84-86, 2010.

PRADO, L. P. do; FEITOSA, R. M.; TRIANA, S. P.; GUTIÉRREZ, J. A. M.; ROUSSEAU, G. X.; SILVA, R. A.; SIQUEIRA, G. M.; SANTOS, C. L. C. dos; SILVA; VERAS, F.; SILVA, T. S. R. da; CASADEI-FERREIRA, A.; SILVA, R. R. da; ANDRADE-SILVA, J. An overview of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of the state of Maranhão, Brazil. **Pap. Avulsos Zool.**, v.59, p.1-14, 2019.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>. Acesso em: 7 de julho de 2023.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available in: <<https://www.R-project.org>.

RICHTER, C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; SOUZA, A. R. C.; FERRAZ, R. C.; DAVID, A. F. Levantamento da arborização urbana de Mata/RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.7, n.3, p.84-92, 2012

ROCHA, W. D. O. **Estudo da mirmecofauna aplicado na avaliação de áreas de garimpo de diamantes no município de Poxoréu, MT**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Cuiabá, 2012.

RODRIGO, Manoel Alves; DE FIGUEIREDO, Priscilla Morgana Ferreira Guimarães. COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM ÁREAS DE BORDAS E NO INTERIOR DE MATA FRAGMENTADA DE ECOSISTEMA DE TRANSIÇÃO EM SIMÃO DIAS (SE). **Agroforestalis News**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2019.

RODRIGUES, W. C. **Homópteros (Homoptera: Sternorrhyncha) associados à tangerina cv. Poncã (Citrus reticulata Blanco) em cultivo orgânico e a interação com predadores e formigas**. 63 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

ROSA, M. G.; KLAUBERG, O.; BARTZ, M. *et al.* Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 1544-1553, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H.C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J.F.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, Isis Caroline Siqueira et al. Comunidade de formigas subterrâneas em área de pastagem nativa na região central do Rio Grande do Sul. 2020.

SANTOS, S. R. Q. A riqueza das formigas relacionada aos períodos sazonais em caxiuanã durante os anos de 2006 e 2007. **Revista brasileira de meteorologia**, v.27, n.3, p.307-314, 2012.

SANTOS, Sérgio Rodrigo Quadros dos et al. A riqueza das formigas relacionada aos períodos sazonais em Caxiuanã durante os anos de 2006 e 2007. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 307-314, 2012.

SEGAT, J. C. et al. Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. *Forest Ecology and Management*, 38-343, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.07.038>.

SIEBERT, Julia; EISENHAUER, N.; POLL, C. *et al.* Earthworms modulate the effects of climate warming on the taxon richness of soil meso-and macrofauna in an agricultural system. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 278, p. 72-80, 2019.

SILVA, D. R. O. **Estimativa de riqueza de macroinvertebrados bentônicos e a relação da composição de comunidades com componentes de meso-habitat em riachos de cabeceira**

no cerrado. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, MG. 2012.

SILVA, H. A.; KOEHLER, H. S.; MORAES, A. D. *et al.* Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais – Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 445-450, 2008.

SILVA, J.; JUCKSCH, I.; TAVARES, R. C. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 112-125, 2012.

SILVA, Joedna; JUCKSCH, Ivo; TAVARES, Rodrigo Castro. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 112-125, 2012.

SILVA, Joedna; JUCKSCH, Ivo; TAVARES, Rodrigo Castro. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 112-125, 2012.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. & VILLA NOVA, N. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ceres. p.419, 1976.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 113-148.

SOARES, F. I. L. **Diversidade e composição da araneofauna de solo na Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão**. Monografia (Graduação em ciências biológicas licenciatura) – Centro de Estudos Superiores de Caxias, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, 2019.

SOLLENBERGER, L. E. Changing emphases in soil-plant-animal research in pastures. *Proceedings of Brazilian Society of Animal Science Meeting*. **SBZ**, Viçosa, MG. p. 1-38, 2014.

SUGUITURU, S. S., M. S. C. MORINI, R. M. FEITOSA & R. D. SILVA. **Formigas do Alto Tietê**. Canal 6 Editora: Bauru, 2015.

VASCONCELOS, H.L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in Central Amazonia. **Biod. Conserv.** 8: 409-420. 1999.

VIEIRA, H. C. A. Briófitas de ocorrências em São João do Sóter, Maranhão, Brasil. **Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 2, p. 8-12, 2017.

WANG, Changlu; STRAZANAC, John S.; BUTLER, Linda. Association between ants (Hymenoptera: Formicidae) and habitat characteristics in oak-dominated mixed forests. **Environmental Entomology**, v. 30, n. 5, p. 842-848, 2001.

WILSON, E.O. The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forests: A first assessment. **Biotropica**, 19:245-251. 1987.