



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE CAXIAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS LICENCIATURA**

ALANA ELLEN DE SOUSA MARTINS

**LEVANTAMENTO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE
PROTEÇÃO DO LESTE MARANHENSE**

CAXIAS-MA

2020

ALANA ELLEN DE SOUSA MARTINS

**LEVANTAMENTO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE
PROTEÇÃO DO LESTE MARANHENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão CESC-UEMA, como parte do requisito para obtenção do grau de licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga

CAXIAS- MA

2020

M379I Martins, Alana Ellen de Sousa
Levantamento da macrofauna edáfica em áreas de proteção do
leste maranhense / Alana Ellen de Sousa Martins. __Caxias: CESC/UEMA,
2020.

40f.

Orientador: Prof^a. Dra. Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga.

Monografia (Graduação) – Centro de Estudo de estudos
Superiores de Caxias, Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

1. Abundância. 2. Riqueza - Acumulação. 3. Diversidade. 4.
Solo – Insetos I. Título.

CDU 595.7

ALANA ELLEN DE SOUSA MARTINS

**LEVANTAMENTO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE
PROTEÇÃO DO LESTE MARANHENSE**

Aprovada em: 07/12/2020

BANCA EXAMINADORA



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

Universidade Estadual do Maranhão



Profª. Drª Laice Fernanda Gomes de Lima

Universidade Estadual do Maranhão



Profª. Drª Deuzita dos Santos Freitas Viana

Universidade Estadual do Maranhão

Dedico este trabalho à minha família e a todos aqueles que contribuíram para a realização dessa pesquisa.

AGRADECIMENTOS

O fato de ter chegado a essa fase importantíssima na minha vida, se deve a Ele. Somente Ele, me permitiu vivenciar esse momento. Obrigada, senhor Deus!

Agradeço a minha bisavó Joana (*in memoriam*), pelos ensinamentos, pelo amor que me foi dado, pela cobrança de um futuro melhor. Mãezinha, estou realizando seu sonho!!

Às minhas mães Airlys e Rita (mãe avó) e à minha tia Arlianne, por sempre se preocuparem com o melhor para mim, por não medirem esforços para me ajudar, mesmo eu estando ausente por tanto tempo, me dedicando a graduação.

Ao meu pai, que sempre esteve ao meu lado, literalmente como professor, diretor, amigo e companheiro.

Aos meus irmãos, que sempre foram compreensivos, sobretudo minha irmã Eulláya, que sempre acreditou em mim e esteve por perto.

À Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, por oferecer a oportunidade de fazer parte dessa grande rede de formação de grandes profissionais. Por ter me proporcionado momentos inesquecíveis e de muito aprendizado.

À minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga, pela atenção que sempre me foi dada, pelos grandes ensinamentos e também pelos “puxões de orelhas” que, diga-se de passagem, não foram poucos, mas que me permitiu abrir os olhos e “apurar” como ela mesma diz.

À toda equipe do Laboratório da Fauna de Solo-LAFS, Francilene, Jaqueline, Rita, Maira, Maria Tereza e outros, pelo apoio durante a realização da pesquisa. Em especial ao meu parceiro Judson.

Ao trio que Caxias-MA, colocou na minha vida: Anna Karoline, Tâmara Tays e Hortência Nobre. Todas foram importantes e contribuíram de alguma forma para que chegasse esse momento. Agradeço em especial e carinhosamente a Hortência, que a todo o momento esteve ao meu lado, ouvindo minhas reclamações e sempre me dando atenção, carinho e apoio.

Aos companheiros da turma de Ciências Biológicas-Licenciatura de 2016.1. Em especial aos que estiveram mais próximos, Josielly, Alex, Bruna e Gabi.

Agradeço também a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente, contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa. Que acreditaram em mim e foram essenciais para que a realização desse objetivo tão sonhado.

“Nossos tesouros está na colmeia de nosso conhecimento. Estamos sempre voltados a essa direção, pois somos insetos alados da natureza, coletores do mel da mente.”

(Friedrich Nietzsche)

RESUMO

O estudo da estrutura da comunidade da macrofauna edáfica é um meio de entender o funcionamento do solo e os possíveis bioindicadores de sua qualidade. Neste contexto, objetivou-se realizar um levantamento da biodiversidade da macrofauna do solo em duas áreas de Proteção do Maranhão. O experimento foi desenvolvido no município de Caxias-MA, em duas Áreas de Proteção Ambiental (APA), foi considerada Área I (APA do Buriti do Meio) e Área II (APA do Inhamum). Para realização das coletas da macrofauna do solo utilizou-se armadilhas do tipo Provid. Foi realizada análise faunística e os índices de diversidade, equabilidade e riqueza no programa ANAFAU. A curva de acúmulo de riqueza das ordens foi realizada com auxílio do programa R, empregando os procedimentos, Chao1, Jackknife1, utilizando os pacotes Biodiversity R e Vegan. No geral, foram contabilizados 6.695 indivíduos, distribuídos em 15 ordens. A ordem que mais se destacou dentre as duas áreas foi a ordem Hymenoptera, considerada superdominante, superabundante, superfrequente e constante. A precipitação pluvial pode interferir diretamente na abundância de indivíduos da macrofauna edáfica, enquanto que a variação da temperatura não interferiu nos resultados de abundância. O ambiente da Área II apresentou maior riqueza, diversidade e equabilidade. A curva de acumulação das ordens não atingiu a assíntota e os índices de riqueza sugere maior esforço amostral para alcançar a curva assíntota, havendo necessidade de mais coletas. O trabalho relevou que as práticas de manejo de agricultura interferem no comportamento da fauna do solo, indicando que a mesma é mais abundante em ambientes mais conservados, confirmando que os organismos edáficos são bons bioindicadores da qualidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Abundância. Acumulação de Riqueza. Diversidade. Insetos do Solo.

ABSTRACT

The study of the community structure of the edaphic macrofauna is a means of understanding the functioning of the soil and the possible bioindicators of its quality. In this context, the objective was to carry out a survey of the biodiversity of the soil macrofauna in two areas of Protection of Maranhão. The experiment was developed in the city of Caxias-MA, in two Environmental Protection Areas (APA), it was considered Area I (APA of Buriti do Meio) and Area II (APA of Inhamum). Pitfall traps were used to collect the macrofauna from the soil. Fauna analysis and diversity, equability and wealth indices were carried out in the ANAFAU program. The wealth accumulation curve of the orders was performed with the aid of the R program, using the procedures, Chao1, Jackknife1, using the Biodiversity R and Vegan packages. Overall, 6,695 were accounted for, distributed in 15 orders. The order that most stands out as the two areas for a Hymenoptera order, considered super-dominant, super-abundant, super-frequent and constant. A rainfall margin can directly interfere with the source of the edaphic macrofauna, while the temperature variation did not interfere with the source results. The area in Area II presents greater wealth, diversity and equability. The order accumulation curve does not comply with the asymptote and the necessary wealth indexes require greater sampling to reach the asymptote curve, requiring more collections. The work revealed that agricultural management practices interfere in the behavior of soil fauna, indicating that it is more abundant in more conserved environments, confirming that edaphic organisms are good bioindicators of soil quality.

Keywords: Abundance. Wealth Accumulation. Diversity. Soil Insects.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa da Área de Proteção Ambiental do Buriti do Meio no município de Caxias-MA.....16
- Figura 2:** Mapa básico da Área de Preservação Ambiental Municipal do Inhamum na Cidade de Caxias/MA, evidenciando toda a área de drenagem (igarapés, lagoas, nascentes) do Rio Itapecuru.....17
- Figura 3:** Área experimental em estudo. (A) APA do Buriti do Meio. (B) APA do Inhamum.....18
- Figura 4:** Demonstração esquemática da distribuição e espaçamento das armadilhas nas duas áreas.....19
- Figura 5:** Material utilizado para a obtenção de dados da Macrofauna do solo. Armadilhas Provid (A). Armadilhas enterradas com os orifícios ao nível da superfície.....20
- Figura 6:** Termômetro digital do tipo espeto.....20
- Figura 7:** Riqueza Estimada e dos Estimadores de Riqueza. (A) APA do Buriti do Meio (Área I). (B) APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.....33
- Figura 8:** Curva de acumulação das ordens taxonômicas. (A) APA do Buriti do Meio (Área I). (B) APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.....34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação dos grupos de indivíduos da macrofauna encontrados na Área I (APA do Buriti do Meio) e Área II (APA do Inhamum) Caxias, Maranhão.....	26
Tabela 2. Distribuição do número de indivíduos das ordens da Macrofauna, sobre as variáveis ambientais verificados na Área I (APA do Buriti do Meio) e Área II (APA do Inhamum), Caxias, Maranhão.....	29
Tabela 3 Índices de riqueza (Margalef), diversidade (Shannon-Wiener H') e equabilidade (Pielou) na APA do Buriti do Meio (Área I) e APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.....	31
Tabela 4: Índices de diversidade (Shannon-Wiener H') e equabilidade (Pielou) entre os meses coletados na APA do Buriti do Meio (Área I) e APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.....	32
Tabela 5: Estimador e índice de riqueza na APA do Buriti do Meio (Área I) e APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral:	15
2.2 Objetivos Específicos:	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Localização da Área de Estudo	16
3.1.1 Caracterização e Localização das Fitofisionomias Estudadas	16
3.2 Coleta do Material	19
3.3 Determinação da temperatura do solo e precipitação pluvial	20
3.4 Análises dos Dados	20
3.4.1 Abundância (A).....	21
3.4.2 Frequência (F).....	21
3.4.3 Constância (C)	22
3.4.4 Dominância (D).....	22
3.4.5 Índice de Riqueza (Margalef), Índice de Diversidade de Shannon - Weaner (H'), e Equabilidade de Pielou (e)	23
Índice de Riqueza de Margalef	23
3.4.6 Riqueza Estimada (S) e Curva de Acumulação das Ordens	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Abundância, Frequência, Constância e Dominância das Ordens Taxonômicas	26
4.2 Efeito dos fatores físicos (temperatura e precipitação) sobre a abundância das ordens da Macrofauna nas áreas de estudo	29
4.3 Índice de Riqueza (Margalef), Diversidade de Shannon (H') e Equabilidade de Pielou (e)	30
4.4 Riqueza Estimada (S) e Curva de Acumulação das Ordens.	32
.....	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

O solo faz parte do processo de produção da grande maioria dos produtos consumidos, pois é a partir dele que é tirado praticamente todos os alimentos. Além do mais é um ambiente natural no qual muitos organismos se desenvolvem e geram importantes benefícios aos seres humanos, onde tais organismos agrupados são chamados de fauna do solo (RENNER et al., 2017). A biodiversidade do Brasil é uma das maiores do planeta, sendo a fauna do solo um importante componente dessa diversidade.

A fauna do solo pode classificada de acordo com seu tamanho, em três grupos: microfauna, mesofauna e macrofauna. A macrofauna do solo é formada por todos os invertebrados (animais sem coluna vertebral) que vivem no solo em pelo menos uma fase do seu ciclo de vida, seja na fase adulta seja na imatura, e possuem o diâmetro do corpo maior que 2 mm. São os maiores invertebrados que vivem no solo, e podemos visualizá-los a olho nu, ou seja, sem a necessidade de lupa ou microscópio. O grupo inclui organismos de diferentes classes, ordens e famílias de invertebrados, sendo representada por mais de 20 ordens. Na macrofauna invertebrada do solo estão os organismos mais conhecidos pelos agricultores e mais estudados pelos pesquisadores, como as minhocas, formigas, cupins, besouros, centopeias, piolhos-de-cobra, baratas, tesourinhas, grilos, gafanhotos, caracóis, percevejos, tatuzinhos, cigarras, lagartas, aranhas, opiliões, pseudoescorpiões, entre outros (KORASAKI et al., 2017). Os organismos da macrofauna edáfica são componentes muito importantes da biota do solo, atuando como engenheiros do ecossistema, fragmentadores de serrapilheira, transformadores de serrapilheira ou predadores (SWIFT et al., 2010).

Esses organismos trabalham em conjunto, preservando a integridade física, química e biológica do solo, contribuem para a ciclagem de nutrientes, fazem trocas gasosas entre a atmosfera e o solo, além de outros benefícios ao solo e as plantas (RENNER et al., 2017). A macrofauna é influenciada tanto pela quantidade, quanto pela qualidade do material vegetal presente no solo, além de indicarem suas condições ecológicas (CARRILLO et al., 2011). Organismos indicadores de qualidade são grupos ou comunidades cuja presença, ausência, densidade, diversidade e papel funcional

revelam a possibilidade de uma situação adversa provocada naturalmente ou por algum fator antrópico (BARETTA et al., 2010).

A sensibilidade da fauna edáfica às modificações ambientais é fácil e economicamente viável de medir, auxiliando na tomada de decisões em agroecossistemas que buscam um manejo mais sustentável (MANHÃES, 2011), contribuindo na avaliação da sustentabilidade de qualquer ambiente (ANDRADE, 2000; MANHÃES, 2011) e possibilitando a percepção de seu estado atual e de modificações causadas por forças internas e externas (bióticas e abióticas) que ocorrem ao longo do tempo (MELO et al., 2009).

A realização de trabalhos de levantamentos em áreas de proteção ambientais, tanto para o conhecimento da fauna quanto da flora é o ponto de partida para a elaboração dos planos de manejo e conservação; é também uma importante ferramenta para o monitoramento ambiental, já que a relação das espécies que ocorrem em um ambiente é indicativa do seu grau de preservação. As informações obtidas a partir destes estudos são utilizadas para subsidiar o conhecimento da biodiversidade que ocorre nas áreas, bem como a elaboração e análise de estudos e relatórios de impacto ambiental, e também o diagnóstico e programas de ações de educação ambiental e a partir daí, têm como finalidade sensibilizar e promover a conscientização da população circunvizinha.

Dentro do Cerrado no estado do Maranhão destaca-se como área de pesquisa científica, Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum (APA do Inhamum) e a Área de Proteção Ambiental Buriti do Meio (APA do Butiti do Meio), que apresentam determinadas atividades antrópicas, como por exemplo, desmatamentos e principalmente queimadas, que podem ter efeitos catastróficos, comprometendo a integridade da fauna e flora das APA's. Diante desses impactos sofridos, trabalhos evidenciando os impactos ambientais causados pelo homem na APA do Inhamum e na APA do Buriti do Meio, são de uma importância para se conhecer a magnitude de tais efeitos. Além disso, esse tipo de trabalho promove embasamento e comprovação dos impactos, para fins de políticas públicas voltadas para área de conservação.

Diante do exposto, o presente trabalho tem o objetivo de realizar um levantamento da biodiversidade da macrofauna do solo em duas áreas de Cerrado em áreas de Proteção do Maranhão.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Realizar um levantamento das ordens da macrofauna em Áreas de Proteção Ambiental do Leste Maranhense.

2.2 Objetivos Específicos:

- Listar as ordens existentes nas duas áreas de Proteção Ambiental;
- Comparar abundância, frequência, constância e dominância das ordens obtidas nas duas áreas de estudo;
- Analisar o efeito das variáveis ambientais (temperatura do solo e precipitação) sobre a macrofauna do solo;
- Estimar a riqueza e a diversidade da macrofauna edáfica em duas áreas de Proteção do Leste Maranhense;
- Verificar a curva de acumulação nas áreas de estudo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

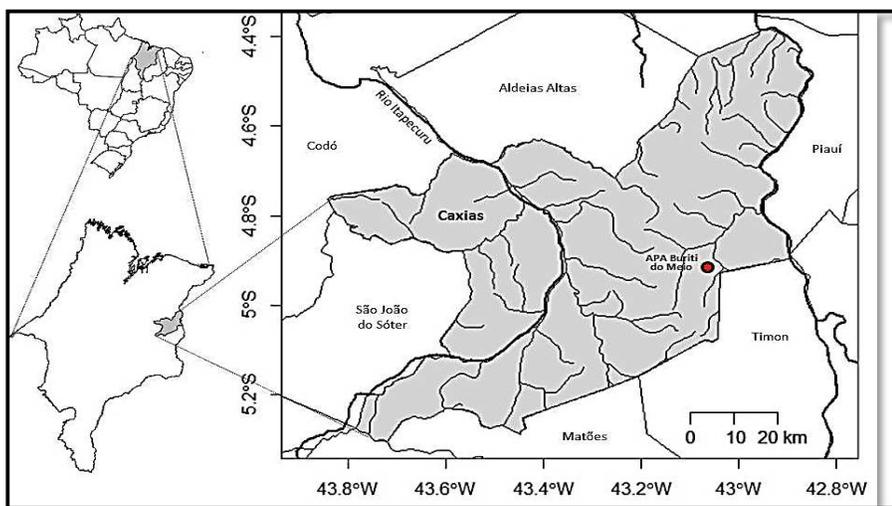
3.1 Localização da Área de Estudo

O estudo foi realizado em duas fitofisionomias de cerrado situadas no município de Caxias-MA. A cidade está situada na mesorregião do Leste Maranhense, entre as coordenadas (04°51'32''S/43°21'22''W), com uma altitude de 66 metros ao nível do mar, possui uma área de 5.151 km².

3.1.1 Caracterização e Localização das Fitofisionomias Estudadas

A Área de Proteção Ambiental Municipal do Buriti do Meio é localizada no Projeto de Assentamento do Buriti do Meio e Santa Rosa, no 2º Distrito, afastada a 35 km do perímetro urbano da cidade de Caxias, presente nas seguintes coordenadas 04°54'48,1''S e 43°06'49,2''W, com extensão territorial de 58.347, 30 há (IBGE, 2010), (Figura 1).

Figura 1: Mapa da Área de Proteção Ambiental do Buriti do Meio no município de Caxias-MA



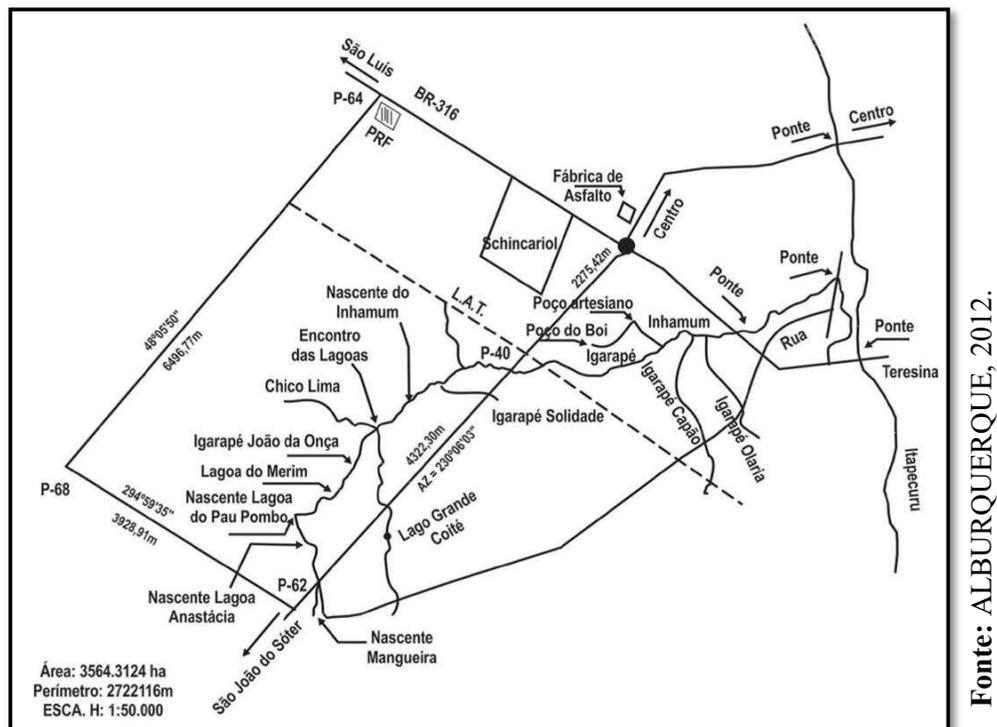
Fonte: Software R 3.4.1 (R Development Core Team, 2016).

A APA do Buriti do Meio, criada pela Lei nº 1.540/2004 de 25 de março de 2004, presente no Projeto de Assentamento do Buriti do Meio e Santa Rosa, no 2º Distrito. Esta área dista 35 km do perímetro urbano da cidade de Caxias, e é caracterizada por apresentar vegetação secundária, advindas de práticas de manejo de agricultura, além de ser frequentemente desmatada e queimada, o que ocasiona em um solo arenoso e exposto a grande ocorrência de insolação. O clima da região é tipo subúmido seco, com temperatura média anual de 26°C e 27°C, umidade relativa do ar entre 70% a 73% e precipitação pluviométrica entre 1600 a 2000 mm, com dois

períodos mofoclimáticos bem estabelecidos, seco de junho a novembro e chuvoso, de dezembro a maio (MONTES et al., 1997).

A Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, está localizada à margem esquerda da BR-316, próximo ao perímetro urbano de Caxias, entre as coordenadas (04°53'30"S/43°24'53"W) é cortada transversalmente pela MA-127 ligando Caxias ao município de São João do Sóter (ALBUQUERQUE, 2012), (Figura 2).

Figura 2. Mapa básico da Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum na Cidade de Caxias/MA, evidenciando toda a área de drenagem (igarapés, lagoas, nascentes) do Rio Itapecuru.



A APA do Inhamum, criada pela lei 1.464/2001 de 04 de junho de 2001, localizada à margem esquerda da BR-316, próximo ao perímetro urbano de Caxias, caracteriza-se por apresentar uma vegetação típica de Cerrado, que vai desde campo limpo até cerradão. Ao longo dos córregos, lagoas e nascentes, a vegetação é formada por mata de galeria (CONCEIÇÃO et al., 2010). Devido seu posicionamento entre o Nordeste Semiárido e o Meio-Norte, essa região possui um clima equatorial quente úmido, com duas estações distintas, verões chuvosos e invernos secos. Segundo Araújo

(2012) a área caracteriza-se por apresentar índices pluviométricos regulares entre 1.600 e 1.800 mm, as temperaturas, mínimas, médias e máximas, são normalmente elevadas à média anual é superior a 24°C.

A área faz parte da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, que com seus afluentes formam diversos banhos naturais. Sua vegetação é diversa, apresentando características do bioma Cerrado com diversas fitofisionomias, entremeadas por babaquais (SOUSA; CONCEIÇÃO, 2009).

As áreas experimentais foram divididas em Área I (APA do Buriti do Meio) (Figura 3A) e Área II (APA do Inhamum) (Figura 3B).

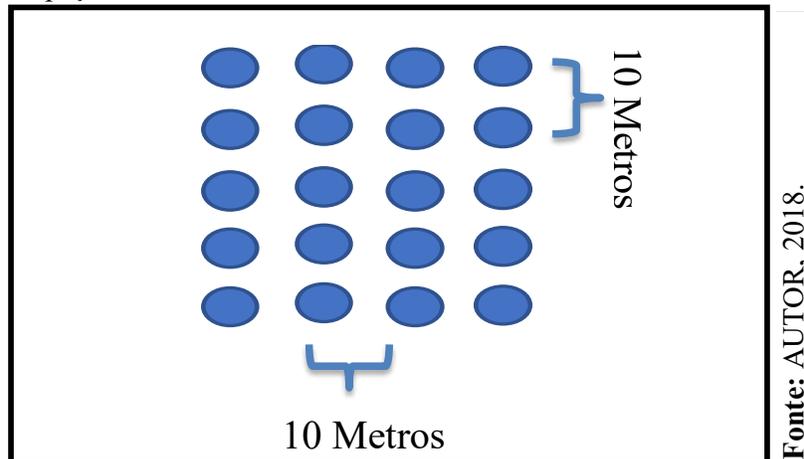
Figura 3. Área experimental em estudo. (A) APA do Buriti do Meio. (B) APA do Inhamum.



Fonte: AUTOR, 2018.

As armadilhas foram distribuídas nas duas áreas. Em cada área foram estabelecidos quatro transectos paralelos, distando aproximadamente 10 m entre si e em cada transecto foram marcadas cinco unidades amostrais equidistantes (10 m x 10 m), de modo que foram amostrados 20 pontos, em cada tratamento, totalizando 40 pontos nas duas áreas experimentais (Figura 4).

Figura 4. Demonstração esquemática da distribuição e espaçamento das armadilhas nas duas áreas.



3.2 Coleta do Material

Foram realizadas quatro coletas, duas referente ao período seco, setembro/2018 e outubro/2018 e duas coletas referente ao período chuvoso, fevereiro/2019 e março/2019, contemplando as duas áreas de estudo. Para captura da macrofauna do solo, foram distribuídas nas áreas, armadilhas do tipo Provid, constituída por uma garrafa PET com capacidade de 2 L, com quatro orifícios com dimensões de 2 x 2 cm na altura de 20 cm de sua base, contendo 200 mL de uma solução de detergente a uma concentração de 5% (ARAÚJO, 2010), (Figura 5A). As armadilhas foram enterradas com os orifícios ao nível da superfície do solo (Figura 5B) e foram mantidas no mesmo local em todas as coletas permanecendo no campo por um período de quatro dias (96 horas).

Após o período de 96 horas, as armadilhas foram retiradas do campo e identificadas de acordo com data da coleta, área e ponto. Em seguida foram transportadas para o Laboratório da Fauna de Solo-LAFS, localizados do CESC-UEMA, onde os conteúdos das armadilhas foram devidamente lavados em peneira de 0,25 mm (Figura 5C) e transferidos para potes plásticos contendo álcool etílico a 70% (Figura 5D). Posteriormente, com o auxílio de lupa, pinças e placas de petri, o material foi triado e identificado de acordo com a classe e ordem e/ou grupo taxonômico, utilizando a chave de identificação proposta por Triplehorn e Jonnson (2011) (Figura 5D).

Figura 5. Material utilizado para a obtenção de dados da Macrofauna do solo. Armadilhas Provid (A). Armadilhas enterradas com os orifícios ao nível da superfície do solo (B). Como o material foi lavado (C). Como foram armazenados (D). Com foram identificados (E).



Fonte: AUTOR, 2018.

3.3 Determinação da temperatura do solo e precipitação pluvial

Foi feito a verificação da temperatura do solo a 10 cm de profundidade (em virtude da maior concentração e atividade dos organismos edáficos ocorrerem nesta profundidade) os quais foram relacionados com as variáveis estudadas no experimento, de cada um dos pontos amostrais das duas áreas durante todas as coletas, com a utilização de termômetro digital do tipo espeto (Figura 6). A precipitação da área foi fornecida mensalmente pela Estação Meteorológica de Caxias.

Figura 6. Termômetro digital do tipo



Fonte: AUTOR, 2018.

3.4 Análises dos Dados

Para as análises estatísticas inicialmente foi produzido um banco de dados no programa Software Microsoft Excel, a partir desse, foi construída uma tabela com a composição das ordens encontradas nas duas áreas. As análises estatísticas dos dados das coletas foram feitas em dois diferentes programas. As análises faunísticas com base

nos índices de dominância, abundância, frequência e constância, as análises de riqueza estimada, os índices de diversidade de Shannon - Weaner (H'), Equabilidade de Pielou (e) e riqueza de Margalef foram feitas no programa ANAFAU (MORAES et al., 2003).

3.4.1 Abundância (A)

Abundância refere-se ao número de indivíduos por unidade de superfície ou volume e varia no espaço (de uma comunidade para outra) e no tempo (flutuações populacionais) (SILVEIRA NETO et al., 1976).

De acordo com os autores, para calcular a abundância das populações nas comunidades emprega-se uma medida de dispersão através do cálculo do desvio padrão, erro padrão da média e intervalo de confiança (IC) do número de indivíduos (n), para o qual se utiliza o teste "t" a 1% e 5% de probabilidade.

As classes de abundância das ordens consideradas são:

Rara (r) = n menor que o limite inferior do IC a 1% de probabilidade;

Dispersa (d) = n entre os limites inferiores dos IC a 5 e 1%;

Comum (c) = n situado dentro do IC a 5%;

Abundante (a) = n situado entre os limites superiores dos IC a 5 e 1%;

Muito abundante (ma) = n maior que o limite superior do IC a 1%.

3.4.2 Frequência (F)

A frequência (f) das ordens será determinada pela participação percentual do número de indivíduos de cada ordem, em relação ao total coletado. A partir dos resultados que serão obtidos será estabelecida as classes de frequências para as ordens de acordo com intervalo de confiança (IC) da média aritmética a 5% de probabilidade, calculado através da fórmula de (SILVEIRA NETO et al., 1976):

$$\bar{x} \pm t\alpha X \frac{S}{\sqrt{(n)}}$$

\bar{x} = média aritmética da frequência das ordens

$t\alpha$ = coeficiente de confiança (95%) obtido

S = desvio padrão das frequências das ordens

n = número total de indivíduos amostrados

As classes foram obtidas através da aplicação dos seguintes critérios:

Pouco frequente (PF): frequência menor que o limite inferior do IC a 5%;

Frequente (F): frequência situada dentro do IC a 5%;

Muito frequente (MF): frequência maior que o limite superior do IC a 5%.

A frequência absoluta de captura ou constância de cada ordem para comparações quanto a sua ocorrência na área foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Freq. Absoluta} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de amostras em que será registrado as espécies} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ total de amostras}}$$

3.4.3 Constância (C)

O índice de constância de cada ordem foi determinado pela equação apresentada por (SILVEIRA NETO et al., 1976):

$$C = p \cdot 100/n.$$

Onde:

p = número de amostras com a ordem estudada

n = número total de amostras tomadas

Para classificação da Constância, as ordens foram separadas em categorias, segundo a classificação de Bodenheimer (1955):

Espécies Constantes (W) = presentes em mais de 50% das coletas;

Espécies Acessórias (Y) = presentes em 20 - 50%;

Espécies Acidentais (X) = presentes em menos de 20% das coletas.

3.4.4 Dominância (D)

É a ação exercida pelos organismos dominantes e consiste na capacidade da ordem em dominar e modificar, em benefício próprio, o ambiente, podendo deslocar e extinguir localmente outras ordens. Neste trabalho a dominância das ordens amostradas 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 ordens

Ordens dominantes (D): quando os valores da frequência forem superiores a este limite.

Ordens não dominantes (ND): quando os valores encontrados forem inferiores a este limite.

3.4.5 Índice de Riqueza (Margalef), Índice de Diversidade de Shannon - Weaner (H'), e Equabilidade de Pielou (e)

Foi calculado índice de Riqueza de Margalef que demonstra a riqueza de espécies existentes dentro de cada área e expressa a diversidade de espécies, ou seja, refere-se à abundância de uma determinada área geográfica, região ou comunidade (RODRIGUES et al., 2004).

Índice de Riqueza de Margalef

Dado por $I = [(S - 1)/\ln N]$,

Em que I é a diversidade;

S, o número de espécies presente;

e N, o número total de indivíduos encontrados na amostra.

O índice de Diversidade de Shannon - Weaner (H') e Equabilidade de Pielou (e) serão calculados por área (Área 1 e Área 2). O Índice de diversidade de Shannon - Weaner (H') varia de 0 a 5 (BEGON et al., 1996). Quanto maior o valor de H', maior a diversidade da área de estudo. É obtido pela fórmula:

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

Onde:

\ln = logaritmo neperiano

n_i e N = definidos anteriormente

O índice de Equabilidade de Pielou (e) varia de 0 a 1 e mede a equabilidade dos gêneros, ou seja, quanto as proporções dos gêneros estão igualmente distribuídas na comunidade (BEGON et al., 1996).

Foi definido pela equação: $e=H/\log S$,

em que:

H =Índice de Shannon - Weaner;

S =Número de espécimes.

A Equabilidade compara a diversidade de Shannon- Weaner com a distribuição das ordens observadas. Todas as amostras devem prover de um mesmo ambiente e deve conter amostragem suficiente para conter todas as ordens (RODRIGUES, 2004).

3.4.6 Riqueza Estimada (S) e Curva de Acumulação das Ordens

As estimativas de riqueza de ordens foram realizadas com auxílio do programa R, empregando os procedimentos, Chao1, Jackknife1, utilizando os pacotes Biodiversity R e Vegan. Foi produzida também a curva de acúmulo do número de ordens, para tanto foi utilizado a função `specaccum` com 1000 permutações randômicas, do pacote `vegan` (R CORE TEAM, 2016). O estimador Chao1 é baseado na abundância e utiliza a relação entre o número de Singletons e Doubletons (COLWELL, 2004).

A fórmula para Chao 1 (CHAO, 1984, 1987) é :

$$\text{Chao 1} = \text{Sobs} + (a^2 / 2b)$$

Onde Sobs é o número de ordens observado nas amostras, a é o número de ordens representadas por apenas uma ordem, e b é o número de ordens representado por exatamente duas ordens. Para Chao 2, o estimador de riqueza é baseado na incidência de espécies (CHAO, 1984, 1987) cuja fórmula é :

$$\text{Chao 2} = \text{Sobs} + (L^2 / 2M)$$

Onde Sobs é o número de ordens observado nas amostras, L é o número de ordens representadas em somente uma amostra, e m é o número de ordens representado em somente duas amostras. Para Jackknife 1 e Jackknife 2 os estimadores de riqueza são baseados na abundância (abundância aqui quantifica raridade – ou o número de singletons/doubletons – ou o número de espécies representadas por somente 1 ou 2 indivíduos, respectivamente) (COLWELL, 2004).

Formula para primeira ordem (Jack 1):

$$\text{Jack 1} = \text{Sobs} + L (n-1/n)$$

E segunda ordem (Jack 2):

$$\text{Jack 2} = \text{Sobs} + [L (2n-3)/n - M(n-2)^2 / n(n-1)]$$

Onde Sobs é o número de ordens observado nas amostras, M= número de ordens que ocorrem em exatamente duas amostras, L é o número de ordens representadas em somente uma amostra e n é o número de amostras (PALMER, 1991).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Abundância, Frequência, Constância e Dominância das Ordens Taxonômicas

Verificou-se que os indivíduos que compõe a macrofauna invertebrada do solo apresentaram variações, nas duas áreas experimentais, durante os quatro meses de pesquisa. No geral, foram contabilizados 6.695 indivíduos. Sendo 3.496 para a Área I (APA do Buriti do Meio), e 3.199 para a Área II (APA do Inhamum), distribuídos em 15 ordens (Tabela 1).

Tabela 1: Relação dos grupos de indivíduos da macrofauna encontrados na Área I (APA do Buriti do Meio) e Área II (APA do Inhamum) Caxias, Maranhão.

Filo	Classes	Ordens	Área I							Área II						
			NI	%	NC	D	A	F	C	NI	%	NC	D	A	F	C
Arthropoda	Arachnida	Araneae	106	3,03	53	D	ma	MF	W	99	3,09	46	SD	sa	SF	W
		Archeognatha	-	-	-	-	-	-	-	1	0,03	1	ND	d	PF	Z
	Blattaria	Blattaria	13	0,37	12	D	c	F	Y	26	0,81	15	D	ma	MF	Y
		Coleoptera	590	16,88	50	SD	sa	SF	W	314	9,82	45	SD	sa	SF	W
	Diptera	Diptera	159	4,55	46	D	ma	MF	W	195	6,10	47	SD	sa	SF	W
		Insecta	Embioptera	1	0,03	1	ND	d	PF	Z	-	-	-	-	-	-
	Hemiptera	Hemiptera	9	0,26	8	D	c	F	Z	-	-	-	-	-	-	
		Hymenoptera	2472	70,71	74	SD	sa	SF	W	2523	78,87	67	SD	sa	SF	W
	Isoptera	Isoptera	-	-	-	-	-	-	-	2	0,06	2	ND	c	F	Z
		Lepidoptera	1	0,03	1	ND	d	PF	Z	1	0,03	1	ND	d	PF	Z
	Chilopoda	Lethobiomorpha	-	-	-	-	-	-	-	1	0,03	1	ND	d	PF	Z
	Insecta	Orthoptera	136	3,89	40	D	ma	MF	Y	16	0,50	8	D	a	MF	Y
		Pseudoscorpiones	6	0,17	6	D	c	F	Z	20	0,63	15	D	ma	MF	Y
	Arachnida	Scorpiones	3	0,09	2	ND	d	PF	Z	-	-	-	-	-	-	
	Chilopoda	Scutgeromorpha	-	-	-	-	-	-	-	1	0,03	1	ND	d	PF	Z
Total			3496	100						3199	100					

Programa ANAFU: NI= número de indivíduos; NC= número de coletas; D= Dominância – (sd) super dominante; (d) dominante; (nd) não dominante. A= Abundância – (sa) super abundante; (ma) muito abundante; (c) comum; (d) dispersa. F= Frequência – (SF) super frequente; (MF) muito frequente; (F) frequente; (PF) pouco frequente. C= Constância – (W) constante; (Y) acessória; (Z) accidental.

Na Área I, em ordem decrescente quanto ao número de indivíduos, a ordem Hymenoptera com 2.472 indivíduos, representando 70,71% do total coletado, foi considerada superdominante, superabundante, superfrequente e constante, seguida da ordem Coleoptera com 590 indivíduos (16,88%), também considerada superabundante, superfrequente e constante. A ordem Orthoptera com 136 indivíduos (3,89%) foi considerada dominante, muito abundante, muito frequente e acessória.

As ordens Embioptera, Hemiptera e Scorpiones foram, exclusivas para a Área I (Tabela 1). Os indivíduos da ordem Embioptera, são encontrados na terra (até 30 cm de profundidade), sob troncos, sob pedras, na base de árvores, arbustos, cactáceas, na casca de árvores, independentemente do ambiente (ROSS, 2000). Diante disso, não houve um fator determinante para o aparecimento de tais indivíduos para esta área. Já no caso dos indivíduos da ordem Hemiptera, a exclusividade se deve ao fato de na área haver plantações, e alguns representantes da ordem, estão intimamente relacionados à este ambiente, por terem preferência por zonas de crescimento do vegetal, como as brotações, folhas novas e botões florais, onde os mesmos sugam continuamente a seiva das plantas, provocando amarelecimento, enrugamento, deformação e definhamento, podendo causar a morte pelo enfraquecimento generalizado (RAFAEL, 2012). A ordem Scorpions também foi exclusiva para Área I. A grande maioria das espécies de escorpiões apresenta exigências específicas com relação ao hábitat e micro-hábitat e possuem padrões ecológicos e biogeográficos previsíveis e localizados (LOURENÇO; EICKSTEDT, 2009). No entanto, algumas espécies do gênero *Centruroides*, *Isometrus*, *Tityus*, *Euscorpius* e *Bothriurus* apresentam alta plasticidade ecológica e padrões irregulares de distribuição, podendo ocorrer inclusive em ambientes perturbados ou modificados pela ação do homem (LOURENÇO; EICKSTEDT, 2009).

Na Área II em ordem decrescente quanto ao número de indivíduos, a ordem Hymenoptera com 2.523 indivíduos, representando 78,87% do total coletado, também foi considerada superdominante, superabundante, superfrequente e constante, seguida da ordem Coleoptera com 314 indivíduos (9,82%), Diptera com 195 indivíduos (6,10%) e Araneae com 99 indivíduos (3,09%), também consideradas superdominante, superabundante, superfrequente e constante. A ordem Orthoptera 16 indivíduos (0,50%) foi considerada dominante, abundante, muito frequente e acessória.

As ordens Archeognatha, Isoptera, Lethobiomorpha e Scutigermorpha foram exclusivas para a Área II (Tabela 1). Os indivíduos das ordens Archeognatha,

Lethobiomorpha e Scutigromorpha, preferem ambientes úmidos e são encontrados sob a casca de árvores, no solo e em folhiço, ocupando serrapilheiras e troncos em estágio de decomposição (RAFAEL, 2012; GREGORY; GIRIBERT, 2007), isso explica o fato de serem exclusivos para esta área, pois a mesma dispõe de um ambiente com grande quantidade de serrapilheira, matéria orgânica em decomposição e cascas de árvores, o que pode propiciar tal aparecimento. O aparecimento dos indivíduos da ordem Isoptera para esta área, em parte também está relacionado com as mesmas características citadas para o aparecimento das outras ordens exclusivas, porém necessariamente o fato da existência de muita serrapilheira, explica este fato. Materiais orgânicos, servem de alimento para a fauna, e, conseqüentemente, maior estabilidade para os diversos organismos. Favorece, ainda, a presença de predadores mais ativos, uma vez que algumas espécies de minhocas, formigas e cupins são mais generalistas e necessitam basicamente de boa estrutura do solo, do ponto de vista físico, indicando que áreas agrícolas dificilmente terão redes tróficas complexas como em áreas naturais (ROSA et al., 2015).

De forma geral, houve a predominância da ordem Hymenoptera, em relação aos demais grupos encontrados. A literatura aponta que muitos trabalhos com macrofauna edáfica em áreas de Cerrado e utilizando o mesmo método de coleta, trazem resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho (SANTOS et al., 2018 e ARAÚJO et al., 2010). Outros trabalhos em diferentes biomas como Caatinga (SANTOS, 2014) e Mata Atlântica (MACHADO et al., 2015) por exemplo, também mostram que o grupo Hymenoptera é o mais dominante. Tal acontecimento nesta área pode estar relacionado com a predominância dos indivíduos da família Formicidae. Os formicídeos é um grupo considerado de alta riqueza de espécies, por possuírem táxons especializados, pela grande sensibilidade em perceberem alterações ambientais e serem relativamente fáceis de coletar (SOUZA et al., 2018).

Os indivíduos da ordem Coleoptera se fizeram presentes nas duas áreas, porém houve maior ocorrência de indivíduos na Área I. Esse resultado pode estar relacionado ao ambiente que a área proporciona para esses indivíduos que na ocasião, é uma área que é realizada práticas de lavoura, como o plantio de culturas como feijão, milho, mandioca, dentre outros. O fato das armadilhas estarem diretamente no local que se encontra a plantação, favorece o aparecimento de alguns besouros específicos, que podem estar se beneficiando do ambiente, como é o caso dos adultos de Meloidae, que

segundo Marinone e Ganho (2003) são desfolhadores e considerados como pragas de plantas cultivadas. Por outro lado, a ordem Coleoptera é a maior ordem dentro da classe Insecta, abrigando uma enorme quantidade de espécies que ocupam os mais diversos nichos ecológicos, no qual está incluso grande número de espécies consideradas pragas agrícolas e que apresentam grande diversidade de hábitos alimentares (AUDINO et al., 2007).

A maior ocorrência de indivíduos da ordem Orthoptera na Área I pode estar relacionada com as constantes alterações provocadas pelo homem no local, como as práticas agrícolas, já citadas, o que conseqüentemente, é considerada a mais antropizada, quando comparada a Área II que não sofre por essas alterações ambientais. Segundo Nunes-Gutjahr e Braga (2010) algumas espécies de gafanhotos (Acrididae) são encontradas mais comumente em áreas antropizadas.

4.2 Efeito dos fatores físicos (temperatura e precipitação) sobre a abundância das ordens da Macrofauna nas áreas de estudo

A precipitação pluvial (mm) nos meses estudados influenciou diretamente na abundância da macrofauna edáfica. Na tabela 2, está a distribuição dos números de indivíduos amostrados na Área I e Área II, em função dos meses coletados.

Tabela 2. Distribuição do número de indivíduos das ordens da Macrofauna, sobre as variáveis ambientais verificados na Área I (APA do Buriti do Meio) e Área II (APA do Inhamum), Caxias, Maranhão.

Meses	Área I	Média da temp. do solo (°C)	Área II	Média da temp. do solo (°C)	Precipitação (mm)
Set/2018	1192	29	415	27	13,5
Out/2018	1046	32	1658	28	42,5
Fev/2019	884	28	625	27	182,2
Mar/2019	395	27	516	28	373,9

Pôde-se observar que na Área I ocorreu a maior abundância de indivíduos no período seco (setembro/2018 e outubro/2018), o que correspondeu a 1.192 indivíduos e 1.046 indivíduos, respectivamente. Houve redução no número de indivíduos no período chuvoso (fevereiro/2019 e março/2019), correspondendo 884 indivíduos e 395 indivíduos, respectivamente. A temperatura do solo nesta área foi

constante, 28 e 27 °C em fevereiro e março/2018, respectivamente. Na Área II, houve maior abundância de indivíduos no mês de outubro/2018, onde foram coletados 1.658 indivíduos, o qual foi consideravelmente maior com relação ao demais meses.

Os resultados nos mostram que, possivelmente, as populações das ordens estudadas sofreram influência da variabilidade do regime pluviométrico. As variações de temperatura do solo características às estações do ano são fatores que apresentam uma influência direta com a densidade faunística (SOARES; COSTA, 2001; FERNANDES et al., 2011). Pinheiro et al. (2014) avaliando a macrofauna edáfica na interface solo-serapilheira em área de caatinga obteve resultado semelhante, onde a macrofauna foi mais abundante no período seco. Marques e Del-Claro (2010), também encontraram em um ambiente de cerrado, particularmente em vereda, as ordens Hymenoptera e Coleoptera como as mais abundantes na estação seca. No entanto, a maior abundância no período seco, pode estar relacionada aos indivíduos da ordem Hymenoptera, mais precisamente os formicídeos. Vasconcellos et al. (2013) associaram a alta abundância de formigas no período seco à maior disponibilidade e menor competição por alimento, pois segundo Collison et al. (2013), nessas condições a funcionalidade dos macroinvertebrados pode ser reduzida e ocorre uma mudança na comunidade para espécies mais bem adaptadas a baixa umidade.

Segundo Thomas (2017), no período seco, ocorre maior acúmulo de serapilheira no solo, já que neste período, a vegetação perde grande parte do seu dossel. A serapilheira acumulada fornece microclima favorável às espécies hipogéicas, que são espécies que forrageiam no interior do solo (SILVA et al., 2015). Assim, equilibra a temperatura do solo e propicia meios de nidificação e forrageamento para as espécies de formigas que circulam no mesmo (ROCHA, 2012).

4.3 Índice de Riqueza (Margalef), Diversidade de Shannon (H') e Equabilidade de Pielou (e)

A riqueza de Margalef, diversidade de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (e) das ordens da Macrofauna encontradas na Área I e Área II, estão representadas na Tabela 3. Na Área I, o índice de riqueza de Margalef foi de (I= 1,32), de Shannon foi (H'= 1,38) e Pielou (e=0,63). Na Área II Margalef foi de (I= 1,66), de Shannon foi (H'= 1,42) e Pielou (e=0,68).

Tabela 3 Índices de riqueza (Margalef), diversidade (Shannon-Wiener H') e equabilidade (Pielou) na APA do Buriti do Meio (Área I) e APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.

Áreas de Estudo	Índice de Riqueza Margalef (I)	Índice de Shannon-Wiener (H')	Índice de Pielou (e)
Área I	1,32	1,38	0,63
Área II	1,66	1,42	0,68

De modo geral, foi observado que na Área II houve maiores índices de riqueza, diversidade e uniformidade. Este resultado pode estar diretamente relacionado com a maior estabilidade do ambiente na Área II em relação à Área I, que se encontra em estágio avançado de sucessão secundária, pois o ambiente constantemente sofre processos de queimadas pelos agricultores, causando desequilíbrio na fauna e na flora. Em geral, áreas conservadas, estáveis ou com alto grau de recuperação, apresentam valores altos de diversidade (Shannon) e uniformidade (Pielou) de invertebrados edáficos devido à melhor estabilidade do sistema (NUNES et al., 2008; HOFFAMANN et al., 2009). Silva et al. (2014) afirma que, o manejo adotado na área influencia diretamente a diversidade de espécies da fauna edáfica por ocasionar alterações físicas, químicas e biológicas no solo, e sabe-se que quanto maior a diversidade, melhores são as condições ecológicas da área. A degradação dos ecossistemas altera a distribuição da fauna edáfica por limitar ou extinguir a disponibilidade de recurso alimentar, modificando as interações ecológicas e inviabilizam a sustentabilidade dos sistemas de produção (GOMIDE et al., 2011).

Os índices de diversidade Shannon (H') e equabilidade de Pielou (e) em função dos meses coletados na Área I e Área II estão representados na Tabela 4. Para a Área I, observou-se que o maior índice de diversidade e equabilidade foi o mês de março/2019 ($H'=1,41$) e ($e=0,64$) e o menor foi o mês de setembro/2018 ($H'=0,30$) e ($e=0,14$). Para a Área II, os meses de fevereiro/2019 e março/2019 foram os meses com maiores índice de diversidade ($H'=1,26$); ($H'=1,27$) e equabilidade ($e=0,58$); ($e=0,58$) respectivamente, e o menor foi em outubro/2018 ($H'=0,33$) e ($e=0,17$). Essa variação da diversidade desses organismos edáficos é utilizada também como indicador da resiliência do solo e existe uma tendência de que os organismos edáficos respondam de maneira diferenciada aos manejos utilizados no solo e a diversidade de espécies estarem

diretamente ligada ao regime hídrico e clima de uma região, sendo um indicador biológico sensível (PELOSI; RÖMBKE, 2016).

Tabela 4: Índices de diversidade (Shannon-Wiener H') e equabilidade (Pielou) entre os meses coletados na APA do Buriti do Meio (Área I) e APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.

Áreas de Estudo	Mês/ano	Índice de Shannon-Wiener (H')	Índice de Pielou (e)
APA do Buriti do Meio	Set/2018	0,30	0,14
	Out/2018	0,49	0,22
	Fev/2019	1,22	0,59
	Mar/2019	1,41	0,64
APA do Inhamum	Set/2018	0,38	0,19
	Out/2018	0,33	0,17
	Fev/2019	1,26	0,58
	Mar/2019	1,27	0,58

No geral, foi observado que em ambas as áreas houve menor diversidade e equabilidade para o período seco. Tal acontecimento pode estar condicionado à presença de alguns grupos mais adaptados, que se tornam conseqüentemente mais abundantes, como é o caso dos indivíduos da ordem Hymenoptera. Segundo Bianchi et al., (2018), essa predominância do grupo, sobretudo dos formicídeos, causou as diferenças nos índices de diversidade de Shannon e de equabilidade de Pielou. A relação entre densidade de indivíduos e riqueza de grupos expressa por esses índices evidencia que na época úmida (período chuvoso) as áreas estavam representadas por uma comunidade mais diversa, na qual os grupos ocorreram de forma mais representativa e melhor distribuída, embora isso não signifique uma maior abundância total. Segundo Baretta et al. (2003), a perda de diversidade ocorre devido à presença de espécies dominantes, favorecidas pelo ambiente da parcela ou pelo fornecimento de um único substrato alimentar.

4.4 Riqueza Estimada (S) e Curva de Acumulação das Ordens.

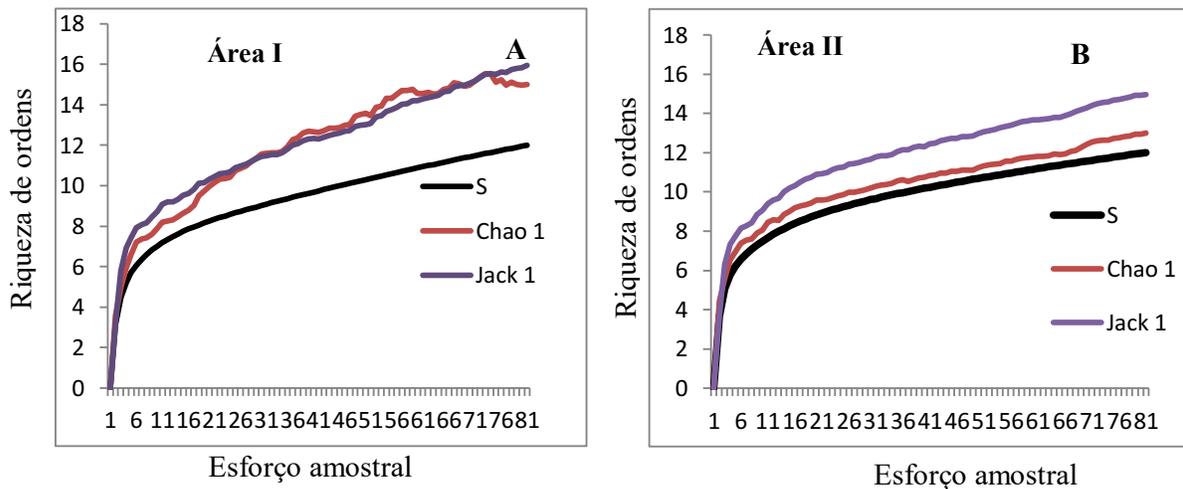
A riqueza observada para ambas as áreas foi de 15 ordens. A riqueza obtida pelos estimadores na Área I foi de 15 e 16 para Chao1 e Jackknife1, respectivamente. Na Área II, foi de 13 e 15 para Chao1 e Jackknife1, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5: Estimador e índices de riquezas na APA do Buriti do Meio (Área I) e APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.

Estimadores e Índices de Riqueza	Área I	Área II
Riqueza Observada	15	15
Chao 1	15	13
Jackknife 1	16	15

Na figura 7A e 7B, foi obtido a riqueza estimada (S), onde a mesma foi crescente, tendendo a estabilizar. Pôde-se observar que, para ambas as áreas, embora os valores tenham se aproximado dos índices de riqueza Chao 1 e Jackknife 1, notou-se que a curva não atingiu a assíntota e que os índices de riqueza sugere maior esforço amostral para alcançar a curva assíntota, havendo necessidade de mais coletas. Ao avaliar a eficiência de amostragem (Riqueza das ordens observadas/Riqueza estimada) a mesma mostrou-se acima de 75%.

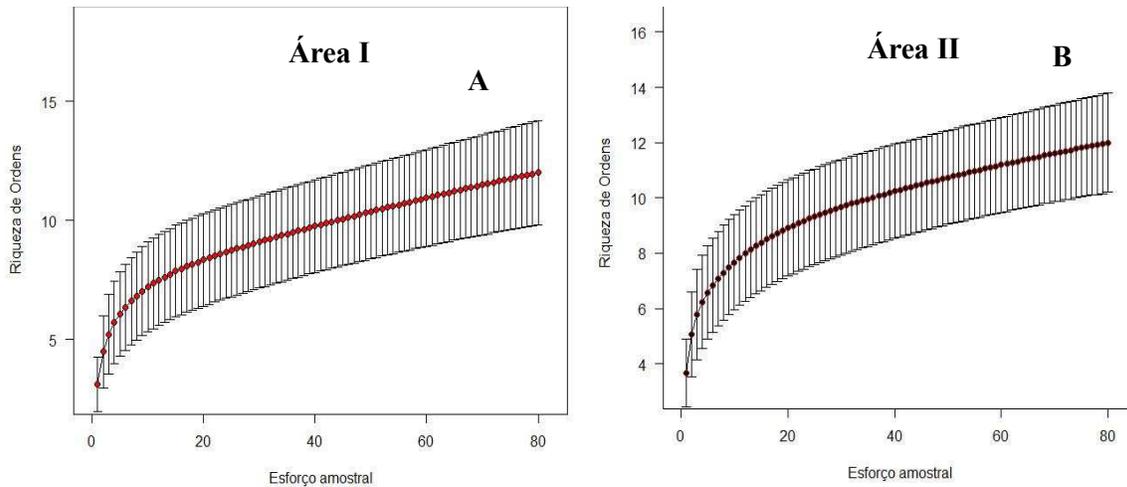
Figura 7: Riqueza Estimada (S) e Estimadores de Riqueza Chao 1 e Jackknife 1. (A) APA do Buriti do Meio (Área I). (B) APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.



Foi observado, mediante a curva de acumulação das ordens para as duas áreas, que o esforço amostral de coleta é crescente e tendendo a se estabilizar (Figura 8 A e B). Isto indica que o esforço amostral coletado nas duas áreas, para as ordens da macrofauna não foi suficiente para quantificar totalmente as mesmas, não sendo possível encontrar uma riqueza maior, quando se trata de ordens nos fragmentos estudados. Porém, é válido ressaltar que, dentro de cada grupo, ou seja, de cada ordem,

encontrada no presente estudo, há várias subdivisões que são: gêneros, famílias e espécies.

Figura 8: Curva de acumulação das ordens taxonômicas. (A) APA do Buriti do Meio (Área I). (B) APA do Inhamum (Área II), Caxias, MA.



Segundo Colwell (2004), os estimadores se tornam mais precisos de acordo com o aumento do número de coletas, pois conseqüentemente terá uma maior amostragem. Em estudos divididos em amostras com grupos de animais que apresentam muitas espécies, como artrópodes, a diversidade tem como melhor opção de ser avaliada através dos estimadores de riqueza (DIAS, 2004). A riqueza de espécies descoberta é tão importante quanto o número de espécies a descobrir em propostas ecológicas conservacionistas (SANTOS, 2003), sendo toda informação de riqueza e diversidade essencial para subsidiar políticas de conservação (CODDINGTON, et al.1991).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ Dentre as duas áreas em estudo foram encontradas um total de 15 ordens taxonômicas, durante os quatro meses de coletas;
- ✓ A ordem Hymenoptera, nas duas áreas, foi considerada superdominante, superabundante, super frequente e constante;
- ✓ A precipitação pluvial pode interferir diretamente na abundância de indivíduos da macrofauna edáfica;
- ✓ O ambiente da Área II apresentou maior riqueza, diversidade e equabilidade de grupos taxonômicos, de acordo com os índices;
- ✓ O trabalho relevou que as práticas de manejo de agricultura interferem no comportamento da fauna do solo, indicando que a mesma é mais abundante em ambientes mais conservados, confirmando que os organismos edáficos são bons bioindicadores da qualidade do solo;
- ✓ O curva de acumulação revelou que o esforço amostral de coleta não foi suficiente e a curva é crescente e tendendo a se estabilizar.

REFERÊNCIAS

- ALBURQUEQUE, A. Riacho ponte e a Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, Caxias/MA. In: BARROS, M. C. et al. Biodiversidade na Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum. São Luís: UEMA, 2012, p. 22-25.
- ARAÚJO, C.C. et al. Comparação da abundância de invertebrados de solo por meio da estimação intervalar encontrados em diferentes ambientes na cidade de Ituiutaba – MG. **Bioscience Journal**, 2010, n. 5. Uberlândia: 2010.
- ARAÚJO, F. A. S. A. Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental de Caxias/MA. Tese (Doutorado em Geografia). Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2012.
- ARAÚJO, K. D. Analise da vegetacao e organismos edaficos em areas de caatinga sob pastejo e aspectos socioeconomicos e ambientes de Sao Joao do Cariri – PB. 2010. 166 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- AUDINO, L. D. et al. Identificação dos coleópteros (insecta: Coleoptera) das regiões de Palmas (Município de Bagé) e Santa Barbinha (Município de Caçapava do Sul, RS). 1. ed. Bagé: **Embrapa Pecuária do Sul**, 2007. 92p.
- BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista Ciência Agroveterinárias**, 2003, n. 2. Lages: 2003.
- BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, 2010, v.2, p. 135-150.
- BIANCHI, M.; D.; O. et al. Macrofauna edáfica como indicadora em revegetação com leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 0-0, 2018.
- BODENHEIMER, F.S. *Precis d'écologie animale*. Paris: Payot, 315p. 1955.
- CARRILLO, Y. et al. Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen mineral soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, p.1440-1449, 2011.
- CHAO, A. 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. **Scandinavian Journal of Statistics** 11: 265-270.
- CHAO, A. 1987. **Estimating the Population Size for Capture-Recapture Data with Unequal Catchability**. *Biometrics* 43: 783-791.
- CODDINGTON, J. A.; C. E. GRISWOLD; D. SILVA DÁVILA; E. PEÑARANDA & S. F. LARCHER. 1991. Designing and testing sampling protocols to estimate

biodiversity in tropical ecosystems, p. 44–60 *In*: DUDLEY, E. C. (ed.) **The unity of evolutionary biology: proceedings of the fourth International Congress of Systematic and Evolutionary Biology**. Portland, Dioscorides Press, 231 p.

COLLISON, E. J.; RIUTTA, T.; SLADE, E. M. Macrofauna assemblage composition and soil moisture interact to affect soil ecosystem functions. **Acta Oecologica** 2013; 47: 30-36.

COLWELL, R. K. **EstimateS Version 7: Statistical estimation of species richness and shared species from samples** [Software user's guide]. 2004. Acessado em: 01/09/2018.

COLWELL, R. K.. **User's guide to EstimateS5 statistical. Estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.0.0. Copyright 1994-2004**. 2004. Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. Acessado em: 24/10/2019.

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C.E. Insetos imaturos: metamorfoses e identificação. 1. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2006. 249p.

CONCEIÇÃO, G. M.; RUGGIERI, A. C.; GUIMARÃES, E. R. Melastomataceae da Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 4, n. 2, p. 83-88, 2010.

Dias, S. C. Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação. 2004. **Acta Scientiarum Biological Sciences** 26: 373–379.

FERNANDES, M.M. et al. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, 2011, n.3. Curitiba-PR: 2011.

GESTEL, C.A.M.; KRIDENIER, M.; BERG, M.P. Suitability of wheat straw decomposition, cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity. **Biol Fertil Soils**, v.37, p.115-123, 2003.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.567-577, 2011.

GREGORY D, GIRIBERT G. Evolutionary biology of centipedes (Myriapoda: Chilopoda). **Annu Rev Entomol**. 2007.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo: 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10/02/2019.

HOFFMANN, R. B. et al. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, 2009, n. 3. p. Mossoró: 2009.

KORASAKI, V. et al. Macrofauna. (Ed.). Conhecendo a vida do solo. v.2. Editora UFLA: Lavras, 2017. 32p.

LOURENÇO, W. R.; EICKSTEDT, V. R. Escorpiões de Importância Médica. In: CARDOSO, J. L. C.; et al. Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos Acidentes. São Paulo: Sarvier; Fapesp, 2009. p. 198-213.

MACEDO, L. P. M. Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera, Formicidae) em fragmentos de Mata Atlântica do estado de São Paulo. Tese (Doutorado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ciências, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, 2004.

MACHADO, D. L. et al. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 25, n. 1, p. 91-106, 2015.

MANHÃES, C. M. et al. Meso- and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. **Agroforestry Systems**, 2013.

MARQUES, G. D. V.; DELCLARO, K. Sazonalidade, abundância e biomassa de insetos de solo em uma reserva de Cerrado. **Revista Brasileira de Zootecias**, 2010, n.5. Uberlândia: 2014.

MARINONE, R. C.; GANHO, N. G. A fauna de Coleoptera em áreas com diferentes condições florística no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Abundância e riqueza das famílias capturadas através de armadilhas do solo. **Revista Brasileira de Zoologia**, 2003, v.20, n.4.

MELO, F. V. et al. A importância da meso e macrofauna do solo ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.24; p. 2016 1237 na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, 3 p., 2009. Disponível em: . doi: 428233

MONTES, M. L. et al. Zoneamento Geoambiental do Estado Do Maranhão - Diretrizes Gerais Para a Ordenação Territorial. Ministério de Planejamento, Orçamento e Coordenação. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Salvador. p. 44, 1997. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95885.pdf>. Acesso em: 12/02/2020.

MORAES, R. C. B. 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.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. Í. Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de caatinga submetidas a queimadas. **Caatinga, Mossoró**, 2008, n.3. Mossoró: 2008.

NUNES-GUTJAHR, A. L.; BRAGA, C. E. Similaridade entre amostras da acridofauna (Orthoptera: Acrididae) em quatro áreas ao longo da estrada Santarém-Cuiabá (br-163), Pará, Brasil. **Revista Nordestina de Zoologia**, 2010, n. 1. Recife: 2010.

PALMER, MW. **Estimating species richness**: The second-order jackknife reconsidered. *Ecology* 72: 1512-1513. 1991

PELOSI, C.; RÖMBKE, J. Are Enchytraeidae (Oligochaeta, Annelida) good indicators of agricultural management practices? **Soil Biology & Biochemistry**, v.100, p.255-263, 2016.

PINHEIRO, F. J. et al. Caracterização da macrofauna edáfica na interface solo serapilheira em uma área de caatinga do nordeste brasileiro. **Enciclopédia biosfera**, 2014, n. 19. Goiânia: 2014.

RAFAEL, J. A. et al. Insetos do Brasil – Diversidade e taxonomia. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2012. 810p.

R Development Core Team. R: Language and environment for statistical computing. [3.4.1]. Vienna, Australia, R Foundations for Statistical Computing, 2016.

RENNER, L. M.; VELOSO, G. N.; SEGAT, J. C. A Importância da Faua do Solo. In Sul Brasil Rural Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/1043/rural_205_15236482339303_1043.pdf. Acesso em: 12/02/2020.

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

ROSA, M. G. et al. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1544-1553, 2015.

ROSS, E.S. Origin, relationships and integumental anatomy of the insect order Embiidina. Embia, Part 1. Occasional Papers of the California Academy of Sciences 149: 1-53, 2000.

SANTOS, A. J. 2003. **Estimativas de Riqueza em Espécies**. In Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre (L. Cullen Jr., R. Rudran & C. Valladares-Pádua, orgs.). Curitiba, Editora da Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, G. G. et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2008, n.1. Brasília:

SANTOS, G. R. Dinâmica dos organismos edáficos e atividade microbiana, em áreas de Caatinga, Semiárido Alagoano. Monografia (Graduação em Geografia) Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.

SANTOS, G. R.; ARAUJO, K. D.; SILVA, F. G. Macrofauna edáfica na ecológica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **Revista de Geociências do Nordeste**, 2018, n. 2. Rio Grande do Norte.

SOUSA, C.E.O. CONCEIÇÃO, G.M. Espécies de cyperaceae de ocorrência no município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Pesquisa em Foco**, v. 17, n.2, p. 26-31, 2009.

SILVA, C. R.; SOUZA, K. B.; FURTADO, W. F. Avaliação do avanço da agricultura intensiva no Cerrado piauiense. **Engevista**, v.16, n.3, p. 432-439, 2014.

SILVA, R. R. et al. Grupos tróficos e guildas em formigas poneromorfas. In: DELABIE, J. H. C. et al. As formigas poneromorfas do Brasil. Ilhéus: Editus, p. 163-179. 2015.

SILVEIRA NETO, S. et al. Manual de ecologia dos insetos. 2. ed. São Paulo: Ceres. p. 419. 1976.

SOARES, M. I. J.; COSTA, E. C. Fauna do solo em áreas com *Eucalyptus* spp. e *Pinus elliottii*, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, 2001, n. 1. Santa Maria, 2001

SOUZA, K. K. F. et al. Utilização de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicadoras em plantios de Pinus no Paraná. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.8, n.1, p.110-118, 2018.

THOMAS, S. E. O. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em plantios de teca, pau-de-balsa e área nativa no bioma Cerrado. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

TRIPLEHORN, C. A.; JONNISON, N. F. Estudo dos insetos. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 809 p.

VASCONCELLOS R.; L.; F. et al. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in a undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology** 2013; 58: 105-112.