

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

NARA RÚBIA SANTOS DE OLIVEIRA

DIVERSIDADE DA FAUNA EPÍGEA DO SOLO SOB CULTIVO DE CANA-DE-  
AÇUCAR COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO

CHAPADINHA – MA,

2018

NARA RÚBIA SANTOS DE OLIVEIRA

DIVERSIDADE DA FAUNA EPÍGEA DO SOLO SOB CULTIVO DE CANA-DE-  
AÇUCAR COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Coordenação do Curso de  
Ciências Biológicas, no Campus CCAA-  
UFMA, como requisito para obtenção do  
título de Licenciatura em Ciências  
Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Glécio Machado  
Siqueira.

CHAPADINHA – MA,

2018

NARA RÚBIA SANTOS DE OLIVEIRA

**DIVERSIDADE DA FAUNA EPÍGEA DO SOLO SOB CULTIVO DE CANA DE  
AÇUCAR COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
a Coordenação do Curso de Ciências  
Biológicas, no Campus CCAA-UFMA, como  
requisito para obtenção do título de  
Licenciatura em Ciências Biológicas.

Apresentado em: 12/07/2018

BANCA EXAMINADORA



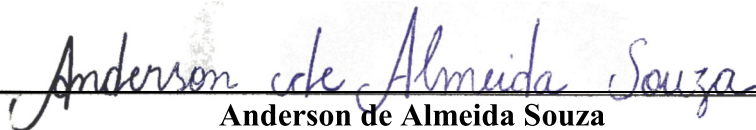
---

**Prof. Dr. Glecio Machado Siqueira** (Orientador)  
Doutor em Ciência e Tecnologia Ambiental – Universidad de a Coruña



---

**Msc. Raimunda Alves Silva**  
Mestre em Ciência Animal – UFMA



---

**Anderson de Almeida Souza**  
Licenciado em Ciências Biológicas - UFMA

Oliveira, Nara Rúbia Santos de.

DIVERSIDADE DA FAUNA EPÍGEA DO SOLO SOB CULTIVO DE  
CANA-DE-AÇUCAR COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO /  
Nara Rúbia Santos de Oliveira. - 2018.

28 f.

Orientador(a): Glecio Machado Siqueira.

Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do  
Maranhão, UFMA - CCAA, 2018.

1. Indicadores de diversidade biológica. 2. Qualidade  
do solo. 3. Saccharum spp. I. Siqueira, Glecio Machado.  
II. Título.

*Ao meu filho, **Enzo Gabriel Santos Ferreira**, cujo amor é minha fortaleza e cuja existência é meu maior incentivo,*

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, por me conceder o dom da vida. Sem ele nada seria possível...

À minha mãe, **Erocilma Costa dos Santos**, que sempre esteve ao meu lado e nunca me permitiu desistir desta graduação.

Ao meu companheiro de longa data e amigo, **Antonio Gabriel da Costa Ferreira**, por toda a paciência que teve comigo desde o início desta jornada e por me ajudar em cada detalhe, cada correção e não me deixar desistir as tantas vezes que quis rsrs.

Ao meu melhor amigo, **Wanderson Oliveira da Costa**, que tantas vezes me incentivou, me ajudou e não me permitiu cair.

À minha irmã, **Netrylly Rebeca**, minha cunhada **Maria Gabrielle**, minha sogra **Jailma Araújo** e **Vó Neguinha**, que tantas vezes me ajudaram, cuidando do meu filho, para que eu pudesse estudar e alcançar mais essa vitória.

À minha comadre, amiga, irmã de vida, **Natania Monteles**, que não me permitiu desanimar ao longo desse caminho e, quando desanimei, fez de tudo para me reerguer.

À minha melhor amiga, **Dayane Maximiano**, que mesmo de longe nunca deixou de me apoiar, para que este sonho se tornasse realidade.

À minha amiga **Olívia Alves de Sousa**, que sempre me apoiou e esteve ao meu lado em todas as bonanças e dificuldades dessa árdua caminhada.

À minha amiga/irmã, **Joyce Côrtes**, que sempre teve os melhores conselhos para me dar e os melhores incentivos.

Ao meu orientador, Dr. **Glécio Machado Siqueira**, pela paciência, bondade e atenção. Ele que, mais do que um professor/orientador, foi um amigo ao longo de todo esse trajeto.

Aos meus amigos **Thyago Carvalho**, **Brigida Whandra**, **Wellina do Areal**, **Larissa Pinheiro**, **Myrla Ribeiro** e meu padrao **Domingos Pinheiro**, que tantas vezes me deram carona para a UFMA.

À minha tia, **Eronilda Costa dos Santos**, que me ensinou o caminho certo a seguir e me formou uma pessoa de bem.

À todos os professores que contribuíram para minha formação, desde a educação básica até o nível superior.

Aos meus colegas da turma 2014.2, que estiveram junto comigo ao longo desta graduação.

À **SECTI** (Secretaria da Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Maranhão) e a **FAPEMA** (Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão) pelo financiamento deste projeto

À todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e conclusão de mais essa etapa na minha vida...

Muito obrigada!!!

*“Tentar e falhar é, pelo menos, aprender.  
Não chegar a tentar é sofrer a inestimável  
perda do que poderia ter sido.”*

- Geraldo Eustáquio de Souza.



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo geral .....	13
2.2	Objetivos específicos .....	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	13
3.1	Local de estudo .....	13
3.2	Amostragem.....	14
3.3	Análise de diversidade biológica .....	16
3.4	Análise estatística .....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5	CONCLUSÕES.....	23
6	REFERÊNCIAS .....	24

## RESUMO

O Brasil se destaca como maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Grande parte das áreas destinadas ao setor sucroalcooleiro são advindas da produção de pastagem, parte destas com solos degradados. Por conta disto tem se despertado o interesse em avaliar a qualidade do solo por meio de índices de diversidade da fauna epígea do solo, que tem se mostrado eficiente, devido ao baixo custo e a sensibilidade a práticas de manejo. Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a fauna do solo, por meio de índices de diversidade, sob cultivo de cana-de-açúcar na região leste Maranhense, Brasil. A área de estudo está localizada na Usina Itajubara, no município de Coelho Neto (Maranhão, Brasil). As amostragens foram realizadas em um Latossolo Vermelho, onde foram instalados 100 pontos em grade regular, distribuídos em uma área de 6,85 ha, em dois períodos. A fauna foi amostrada pelo método pitfall traps e as armadilhas permaneceram na área por um período de sete dias, em solução à 4% de formol. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva para determinação dos principais momentos estatísticos e todos os atributos apresentaram distribuição de frequência log normal para os grupos da fauna epígea do solo. Na análise da diversidade ecológica foi determinado o Índice de Shannon, Diversidade de Simpson, Dominância de Simpson, Equitabilidade de Pielou e de Simpson, Riqueza e o número de indivíduos.armadilha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. A Família Formicidae demonstrou ser o grupo mais abundante e dominante na área de estudo.

**Palavras-chave:** *Saccharum spp.* Qualidade do solo. Indicadores de diversidade biológica.

## ABSTRACT

Brazil stands out as the world's largest producer of sugarcane. Most part of the areas destined to the sugar-alcohol sector are derived from pasture production, part of these with degraded soils. Because of this, has aroused the interest in evaluating the quality of the soil through diversity indexes of epigeal fauna of the soil, which has shown to be efficient, due to its low cost and the sensitivity to management practices. In this way, the objective of this work was to evaluate the soil fauna, through diversity indexes, under sugarcane cultivation in the eastern region of Maranhão State, Brazil. The study area is located at Usina Itajubara, in the municipality of Coelho Neto (Maranhão, Brazil). The samplings were performed in a Red Latosol, where 100 points were installed in a regular grid, distributed in an area of 6.85 ha, in two periods. The fauna was sampled by the pitfall traps method and the traps remained in the area for a period of seven days, in a 4% solution of formaldehyde. The data were analyzed by means of descriptive statistics to determine the main statistical moments and all the attributes presented normal log frequency distribution for the groups of the soil's epigeal fauna. In the analysis of ecological diversity was determined the Shannon Index, Simpson Diversity, Simpson Dominance, Pielou and Simpson Equity, Wealth and the number of individuals per trap per day. The Formicidae Family has been shown to be the most abundant and dominant group in the study area.

**Keywords:** Saccharum spp. Soil quality. Indicators of biological diversity.

## 1 INTRODUÇÃO

A incessante busca por alternativas que substituam o petróleo como fonte energética, tem colocado o Brasil como um dos maiores produtores de álcool do mundo isso graças a produção em larga escala de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), uma vez que, o país é o maior produtor mundial desta commodity (Fao, 2016). Na safra 2016/17 houve um crescimento de 3% na produção quando comparado a safra do ano anterior, o que totaliza 684,77 milhões de toneladas (Conab, 2017). No Brasil o estado de São Paulo detém da maior fatia da produção de cana-de-açúcar e de etanol devido ao alto investimento em tecnologias, como também por questões edafoclimáticas (Rudorff et al., 2010). O estado do Maranhão vem ganhando espaço nesse cenário e na safra 2016/17 produziu 2042,2 mil toneladas (Conab, 2017).

De acordo com Adami et al. 2012, grande parte das áreas destinadas para produção de cana-de-açúcar vem da substituição de áreas com pastagens degradadas o que corresponde a 69,8%. É importante ressaltar que estes mesmos autores relatam que a substituição direta da mata nativa pela cana-de-açúcar equivale somente a 0,6%, entretanto entre a década de 70 e 80 para a introdução de pastagens foi necessária a substituição de mata nativa e isso deve ser levado em consideração, devido ao fato de que a produção de cana-de-açúcar vem ocupando este espaço.

O avanço na área colhida de cana de açúcar no Brasil de fato vem ocorrendo, na safra 2016/17 esse aumento corresponde a 3,7% quando comparado a última safra. Se compararmos a safra de 2005/06 e 2016/17 podemos observar que este crescimento foi de 3129,9 Mha, o que corresponde a um aumento de cerca de 35%. Apesar de o Brasil ter aumentado em mais de 200 mil toneladas a produção de cana-de-açúcar, essa produção é advinda principalmente do aumento de área plantada, pois ao comparar a produtividade entre estas duas safras, observa-se que ambas continuam iguais 2005/06 (73,868 Kg/ha) e 2016/17 (73,228 Kg/ha), (Conab, 2006; Conab, 2016)

No estado do Maranhão a área cultivada em 2006 era 43,3 Mha e na safra 2016/17 houve uma diminuição de 8,3% de área plantada, concomitantemente também houve uma diminuição da produtividade, que há 11 anos era de 62,043KG/ha e atualmente a previsão é de que seja 51,505Kg/ha isso equivale a uma queda de 17% na produtividade. Vale ressaltar

que fatores diversos, principalmente os climáticos, afetaram nesta queda de produtividade. Entretanto no caso do estado do Maranhão a diminuição da área plantada também influenciou na queda de produtividade, assim como no Brasil inteiro os aumentos e quedas de produção estão sempre relacionado em partes com ganhos e percas de área plantadas. (CONAB, 2006; CONAB, 2017)

Devido aos sistemas de manejo adotados para o cultivo de cana de açúcar, onde é comum para o preparo do solo a utilização de arados, grades pesadas e subsoladores (Bangita and Rao, 2012; Silva et al., 2013), métodos de colheita (cana crua e queimada), utilização de resíduos provenientes da indústria sucroalcooleira como a vinhaça e a torta de filtro, tem crescido a preocupação dos agricultores com os impactos destas técnicas sobre a “saúde do solo”(Siqueira et al., 2014; Siqueira et al., 2016)

Dentro desse contexto, a fauna epígea do solo, que de acordo com seu diâmetro corporal se divide em três grandes grupos: Microfauna (< 0,2mm); Mesofauna (0,2-2 mm); e Macrofauna (> 2mm) (Veresoglou et al., 2015; Orgiazzi et al., 2016) podem refletir de forma eficiente o estado da biodiversidade do solo, uma vez que os indivíduos inerentes a estes grupos apresentam um importante papel a nível global devido as suas atividades exercidas no solo, tais como: ciclagem de nutrientes, estocagem de carbono no solo, fragmentação de matéria orgânica, formação de agregados do solo, melhoria da estrutura física do solo (Lavelle et al., 2006; Rousseau et al., 2013; Siqueira et al., 2016)

Cada vez mais vem se utilizando os índices de diversidade biológica da fauna epígea como um indicador biológico de qualidade do solo, devido a sua praticidade e por serem “ferramentas” de baixo custo, mas principalmente pela capacidade que estes indivíduos possuem de refletir de forma rápida e eficaz as mudanças do uso e manejo do solo (Siqueira et al., 2014; Franco et al., 2016).

Porém no Estado do Maranhão, onde cerca de 80% do seu território pertence a Amazônia legal, os estudos envolvendo diversidade da fauna do solo em agroecossistemas (Cardozo et al., 2015; Moura et al., 2016) e áreas de vegetação nativa (Celentano et al., 2016) começaram a ser realizados recentemente. A região leste do estado é caracterizada pela transição dos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga e isso infere em uma gama diversa de

vegetais, o que acaba influenciando também na diversidade faunística (Santos et al., 2016). Esta região também é um importante polo de produção de cana-de-açúcar e de outras Commodities.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Determinar a diversidade biológica da fauna epígea do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região Leste do estado do Maranhão.

### **2.2 Objetivos específicos**

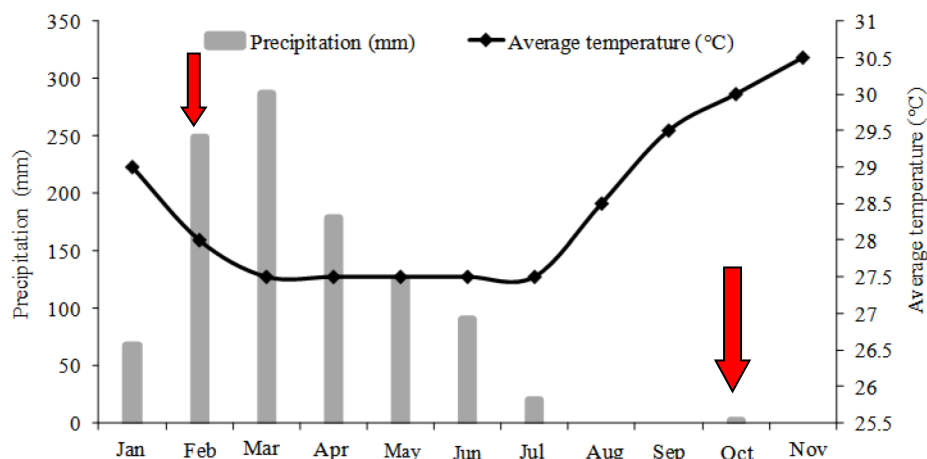
- Determinar os índices de diversidade ecológica da fauna epígea do solo sob cultivo de cana-de-açúcar;
- Propiciar um aparato para análise da qualidade do solo, por meio dos índices avaliados, como bioindicadores;
- Comparar a área de cana com área controle, sem perturbação, a fim de identificar possível degradação do solo.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Local de estudo**

A área de estudo está localizada na Usina Itajubara no município de Coelho Neto (04° 15' 25" S e 43° 00' 46" O), Maranhão, Brasil. A área possui aproximadamente 6.85 ha, irrigada por meio de pivot linear nos períodos de precipitação escassa. O solo da área de estudo é um Latossolo Vermelho, cultivado com cana-de-açúcar desde 1980 com colheita manual, em setembro de 2014 a área foi renovada e agricultada com a cultivar RB92579. Está apenas em sistema de rebrota no momento, a colheita é realizada com queima da cana-de-açúcar. A região tem um clima equatorial quente e semiúmido, com uma precipitação média anual de 1.181 mm milímetros, e duas estações bem definidas: uma chuvosa de janeiro a

junho e uma estação seca de julho a dezembro, com temperatura média de 29°C e máxima de 34,48°C (**Figura 1**) (INMET).



**Figura 1.** Temperatura e precipitação durante o período experimental.

A caracterização química e física do solo está descrita na Tabela 1.

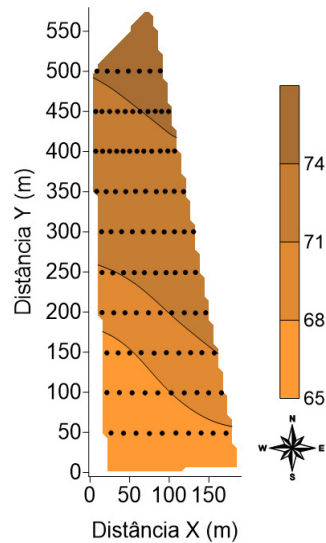
**Tabela 1.** Caracterização do local de estudo de acordo com as propriedades químicas e físicas do solo.

Depth	MO	Ph	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	Textural Class
0 – 0,2m	g.kg <sup>-1</sup>	(CaCl <sub>2</sub> )	(Mehlich) mg.dm <sup>-3</sup>				mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					
	15,0	5,2	16,6	4,7	18,2	12,9	4,70	0,0	43,1	61,0	70	Sandy

A vegetação natural predominante na região é a mata dos cocais, e em 09/2014 durante a renovação do canavial, a área foi gradeada e subsolada, e aplicada como fonte de matéria orgânica 60 mm ha<sup>-1</sup> de vinhaça e 30 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. As amostragens da fauna invertebrada do solo foram realizadas no período seco e no período chuvoso.

### 3.2 Amostragem

A primeira amostragem foi realizada com a cana-de-açúcar tendo cerca de 0,3 m de altura, após 3 meses da renovação da área e a segunda amostragem foi realizada 15 dias antes da colheita em 100 pontos de amostragem distribuídos em grade regular na área de estudo (**Figura 2**).



**Figura 2.** Mapa topográfico e esquema amostral com 100 pontos.

Os indivíduos da fauna foram coletados com armadilha do tipo “pitfall traps” (Correia & Oliveira, 2000). A mesma consiste em um pote plástico com aproximadamente 9 cm de altura e 8 cm de diâmetro alocados em campo ao nível do solo. Os animais de superfície caem acidentalmente na armadilha conforme se movimentam.

Cada armadilha permaneceu no campo por um período de sete dias, contendo em seu interior 200 ml de formol a 4 % para preservação dos indivíduos coletados (Aquino et al., 2008; Siqueira et al., 2014; Silva et al., 2018). Ao final do período de sete dias, as armadilhas foram retiradas do campo e o seu conteúdo armazenado em recipientes contendo álcool a 70%, para posterior análise do material coletado em laboratório, onde o conteúdo de cada pote foi transferido para placa de petri e identificado com auxílio de pinça, lupa binocular e chave de identificação, de acordo com os grupos taxonômicos nos níveis (ordem ou família) ou estágio de desenvolvimento (larva ou adulto, em alguns casos). Após identificação, todo conteúdo foi devolvido para seus respectivos potes e armazenados em laboratório como material controle.



Para efeito de comparação dos resultados dos índices de biodiversidade encontrados neste estudo, também foram instaladas armadilhas em áreas de referência agronômica: mata dos cocais com predominância de babaçu (*Orbignya speciosa* [(Mart.) Barb. Rodr.]). A necessidade de se amostrar em áreas sem perturbação se justifica uma vez que estas áreas permitem incorporar ao trabalho dados genéricos sobre o estado inicial e a evolução da diversidade biológica da fauna do solo com relação ao manejo empregado. Os atributos avaliados em áreas de vegetação natural foram localizados próximo aos experimentos. As amostragens na área de referência foram realizadas concomitantemente as amostragens na área de cana-de-açúcar, possibilitando a comparação dos resultados médios dos índices de diversidade ao longo do cultivo de cana-de-açúcar.

### 3.3 Análise de diversidade ecológica

Os dados foram analisados utilizando o software DIVES 3.0 (Rodrigues, 2015) para determinação dos índices de diversidade ecológica: Riqueza Total, Índice de Shannon-Wiener, Equitabilidade de Pielou e Simpson, Diversidade e Dominância de Simpson.

A Riqueza é uma medida que avalia o número de espécies encontradas em uma área. Para estimar a riqueza utiliza o índice de Jackknife de primeira ordem.

$$E_D = S_{obs} + S_1 \left( \frac{f - 1}{f} \right)$$

Onde,  $S_{obs}$  é o número de espécies observadas,  $S_1$  é o número de espécies que está presente em um agrupamento e  $f$  é o número de amostras.

O índice de diversidade de Shannon é representado pela seguinte fórmula:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Onde,  $H'$  é a diversidade;  $p_i = n_i / N$ , onde  $n_i$  é a frequência relativa da espécie  $i$ ; e  $N$ , o número máximo de espécies. Nesse caso, quanto maior o valor de  $H'$  maior será a diversidade.

O índice de Pielou indica a uniformidade na distribuição da fauna na área, ou seja, indica como os indivíduos estão distribuídos entre as diferentes espécies presentes na amostra, e é calculada pela seguinte fórmula:

$$U = \frac{H'}{\text{Log}_2 S}$$

Onde,  $H'$  representa o índice de Shannon-Wiener e  $S$  o número de grupos presente em cada área. Nesse caso, valores próximos a 0 indicam que algum grupo mantém dominância e valores próximos de 1 indicam que a abundância relativa dos grupos se apresenta de forma semelhante.

O índice de Simpson considera o número de espécies  $n$  e o total de indivíduos, como a proporção do total de ocorrência de cada espécie. É estimado pela seguinte fórmula:

$$D_s = \sum \frac{n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Onde,  $D_s$  é a diversidade de Simpson;  $n_i$  o número de indivíduos de cada espécie, e  $n$  o número total de indivíduos.

A dominância de Simpson é determinada por meio do índice de diversidade de Simpson, e é expressa pela seguinte equação:

$$D_s = 1 - \left( \frac{\sum_i^n n_i x (n - 1)}{N (N - 1)} \right)$$

Onde:  $D_s$  é a dominância de Simpson;  $n_i$  é o número de indivíduos de cada espécie; e  $N$  o número total de indivíduos.

### 3.4 Análise estatística

Os dados foram inicialmente analisados por meio da estatística descritiva para determinação dos principais momentos estatísticos (média, mediana, variância, coeficiente de variação, desvio padrão, assimetria e curtose). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 1 % de significância utilizado o programa SURFER® versão 11.0.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados um total de 2413 indivíduos nos dois períodos, distribuídos em 20 ordens e uma família. Houve diferença ( $p>0,05$ ) no número de indivíduos e grupos taxonômicos coletados nas duas áreas avaliadas, de acordo com os períodos climáticos (Tabela 2). Os grupos dominantes no período chuvoso foram Diplura e Formicidae na cana-de-açúcar e Diptera e Formicidae na mata dos cocais, representando 61% e 45% do total de indivíduos coletados, respectivamente. No período seco em ambas as áreas a família Formicidae teve dominância.

**Tabela 2:** Comunidades de macrofauna de solo em diferentes áreas de uso da terra e períodos climáticos

Grupos Taxonômicos	Período chuvoso		Período seco	
	Cana-de-açúcar	Mata dos Cocais	Cana-de-açúcar	Mata dos Cocais
Acari	38	46	12	1
Araneae	9	11	4	-
Auchenorrhyncha	-	1	-	-
Coleoptera	21	18	10	-
Collembola	-	-	-	1
Diplura	335	21	4	-
Diptera	58	79	13	1
Entomobryomorpha	12	67	-	-
Formicidae	132	97	1140	6
Hymenoptera	8	19	-	-
Isopoda	-	-	1	-
Isoptera	44	17	1	1
Larva Coleoptera	6	1	-	1
Orthoptera	6	1	5	2
Poduromorpha	3	2	-	-
Scorponida	5	-	-	-
Sternorrhyncha	57	5	-	-
Symphyleona	3	-	-	-
Thysanoptera	4	3	-	-
Thysanura	15	-	-	-
Tricoptera	2	-	-	-
Outros	-	-	64	-
<b>TOTAL</b>	<b>758</b>	<b>388</b>	<b>1254</b>	<b>13</b>

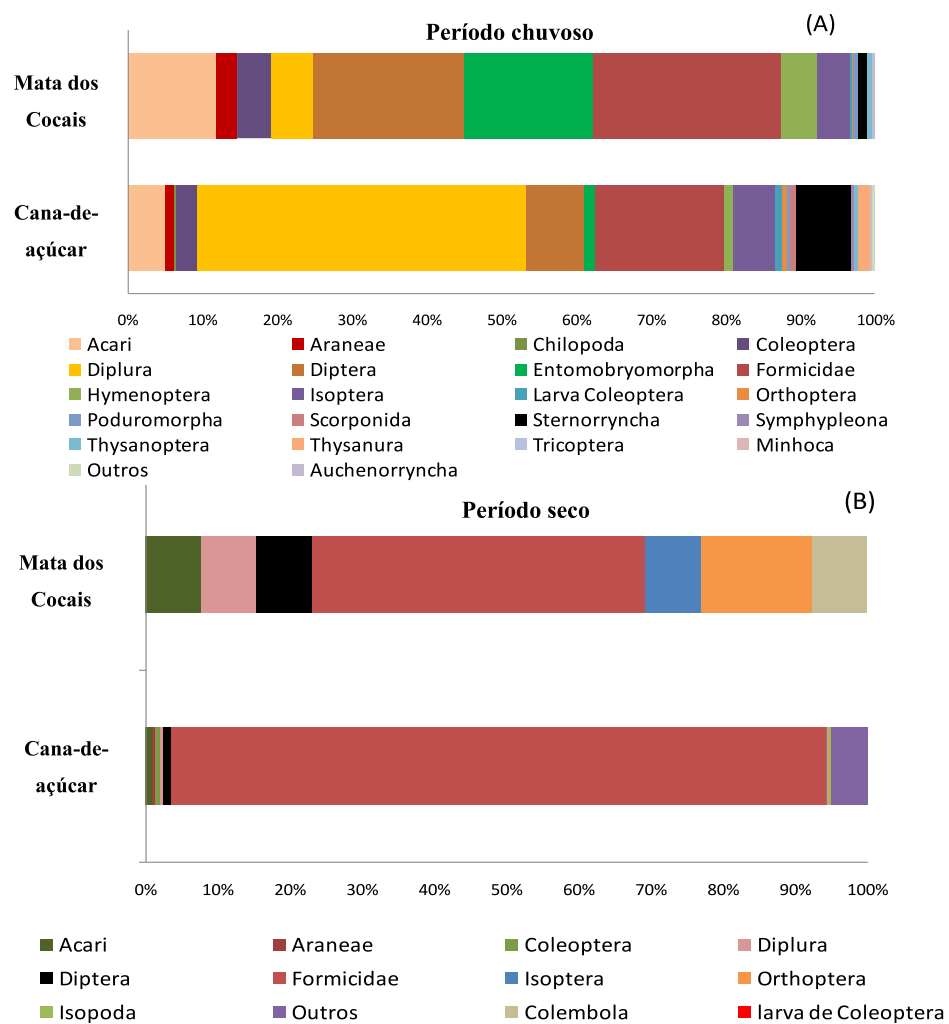
O maior número de grupos taxonômicos para a cana-de-açúcar é observado no período chuvoso, no entanto, quando se avaliou o número total de organismos a maior abundância de indivíduos foi encontrada no período seco, com predominância da família Formicidae representando 90% do total de indivíduos coletados. Uma maior quantidade de indivíduos

desta família também foi observada por outros autores quando avaliaram a fauna invertebrada do solo sob cultivo de cana-de-açúcar (Portilho et al., 2011; Pasqualin et al., 2012). A elevada presença de formigas pode estar relacionada à maior mobilidade, melhores condições de adaptação às condições climáticas deste grupo ou até mesmo a alterações no manejo do solo, especialmente durante recondicionamento do solo, o que explicaria seus menores valores na área de mata em comparação com áreas de cana (Velásquez et al., 2012; Ghobadi et al., 2016). Franco et al. (2016) associaram a maior abundância de grandes grupos de macrofauna, como formigas e cupins, em cana-de-açúcar com maior acidez e baixo teor de macronutrientes e matéria orgânica do solo. Além disso, as formigas e outros artrópodes afetam profundamente os fluxos de gases e água no solo, pela criação de canais e interferência na estrutura do solo, podendo assim modificar os micros habitats de outros organismos do solo, implicando na presença e na ausência de grupos taxonômicos (Siqueira et al., 2014).

É observado um aumento na densidade dos indivíduos da Família Formicidae, na cana-de-açúcar, do período chuvoso para o período seco. Isso pode ser explicado pelo fato de que no período seco, a cana já está em sistema de rebrota com presença de palhada, possuindo um dossel, o que proporciona aos indivíduos deste grupo uma disponibilidade de abrigo, com condições climáticas propícias para seu desenvolvimento. Na Mata dos Cocais, a redução na quantidade de indivíduos desse grupo do período chuvoso para o seco, pode ter sido afetada pela não disponibilidade de dossel neste período.

Assim, é possível que a redução na riqueza dos demais indivíduos, do período chuvoso para o seco esteja relacionada com o declínio de ambientes mais favoráveis para o desenvolvimento e atividade biológica da fauna invertebrada do solo. Além disso, no período seco com o aumento da temperatura e diminuição da precipitação, a disponibilidade de alimento diminui, havendo predominância dos indivíduos mais adaptados, principalmente predadores. Estes resultados corroboram com o proposto por diversos autores, que afirmam que a fauna invertebrada do solo é extremamente sensível a fatores climáticos, o que é expresso na densidade e diversidade durante as estações do ano (Wu et al., 2011; Baretta et al., 2014; Santorufo et al., 2014).

Durante os períodos de seca a diversidade da camada superficial do solo que compreende 0,0-0,5m entra em declínio, pois poucos invertebrados conseguem sobreviver em níveis baixos de umidades do solo, caso de algumas espécies de nematoides. Assim como a baixa umidade, outra característica relacionada aos períodos de seca são as altas temperaturas. De acordo com Gkisakisa et. al. (2016), a elevação da temperatura do solo é bastante prejudicial a maioria dos invertebrados do solo, uma vez que a grande parte destes animais são recobertos por uma fina película, incapaz de protegê-los no período seco. Portanto, qualquer alteração nos valores de temperatura e umidade do solo altera facilmente a densidade destes indivíduos.



**Figura 3.** Dominância e ocorrência de grupos nas áreas de estudo no período chuvoso (a) e seco (b).

A **Figura 3** confirma que na área natural (Mata dos Cocais) a dominância e ocorrência de grupos são mais estáveis e equilibradas, quando comparado com a área cultivada com cana-de-açúcar que possui a predominância de grupos, independente do período avaliado

Os parâmetros referentes à análise descritiva dos dados de macrofauna do solo estão apresentados na Tabela 3. Todos os grupos taxonômicos apresentaram altos valores de CV (acima de 100%), de acordo com a classificação de Warrick & Nielsen (1980), resultados comumente observados para dados biológicos. O maior valor de variância (880) foi observado para a cana de açúcar no período seco, isso devido à alta predominância da família Formicidae. Os resultados referentes ao teste Kolmogorov-Smirnov indicaram normalidade apenas para os dados de macrofauna avaliados na mata dos cocais no período seco. Os dados avaliados no período chuvoso nas duas áreas e no período seco na área de cana-de-açúcar indicaram distribuição de frequência log normal (Ln) com probabilidade de erro de 1 %

**Tabela 3** - Parâmetros estatísticos para a fauna invertebrada do solo no período chuvoso na cana-de-açúcar e na Mata dos Cocais.

	Período chuvoso		Período seco	
	Cana-de-açúcar	Mata dos Cocais	Cana-de-açúcar	Mata dos Cocais
Soma	758	388	1254	13
Mínimo	0	0	0	1
Máximo	55	97	156	6
Significância	7.61	9.94872	28.5	1.75
Mediana	3	0	19	1
Variância	131	525.576	880.907	3.07143
Desvio médio	7.58	14.6391	20.75	1.125
Desvio padrão	11.5	22.9254	29.68008	1.75255
Coefficiente de variação	151	230.436	104.141	100.146
Assimetria	2.6	2.757	2.344	2.627
Curtoses	7.07	7.094	7.604	7.027
Teste Kolmogorov-S.	0.25Ln	0.363Ln	0.169Ln	0.416n

Teste de Kolmogorov-Smirnov à 1% de probabilidade.

Os indicadores ecológicos para os dois períodos de amostragem (Tabela 4) demonstraram uma maior riqueza total na área com cana-de-açúcar em relação à mata dos cocais, com diferença mais acentuada no período chuvoso. Esse fato pode ser justificado pela

maior quantidade de alimento disponível para os indivíduos na área de cana-de-açúcar, por conta do acúmulo de restos vegetais durante o ciclo da cultura.

**Tabela 4** - Parâmetros ecológicos da fauna do solo em cana-de-açúcar e Mata dos Cocais.

	Período chuvoso		Período seco	
	Cana-de-açúcar	Mata dos Cocais	Cana-de-açúcar	Mata dos Cocais
Diversidade de Shannon	0.84	0.90	0.19	0.76
Diversidade de Simpson	0.75	0.84	0.17	0.82
Dominância de Simpson	0.24	0.15	0.82	0.17
Equitabilidade de Pielou	0.63	0.76	0.19	0.85
Riqueza total	21	15	10	8

O Índice de Diversidade de Shannon (Tabela 4) demonstrou que no período chuvoso a cana-de-açúcar possui maior diversidade quando comparado ao período seco. Esses resultados corroboram com Abreu et al. (2014), que quando avaliaram a fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada de cana de açúcar, observaram que no período chuvoso, houve maior número de grupos e valores elevados de diversidade. Quanto à mata nativa, em ambos os períodos de coletas, se obteve melhores índices de diversidade quando comparada a área de cultivo de cana de açúcar, mesmo tendo obtido menor riqueza de indivíduos, resultado semelhante foi observado por Ilze et al. (2013). Resultados análogos são observados para a Diversidade de Simpson, com pequena variação quando comparado ao Índice de Shannon.

Quanto à Dominância de Simpson, observa-se um valor mais elevado para o cultivo de cana-de-açúcar no período seco, indicando uma redução na diversidade da fauna do solo para este período, o que pode ser notado também no Índice de Diversidade de Simpson para o mesmo período. Esses resultados corroboram com aqueles encontrados por Yang et al. (2018) ao avaliarem a diversidade da fauna do solo sob diferentes usos e manejos.

Devido à mata de cocais ser um bioma de transição por apresentar características da Floresta Amazônica, Cerrado e da Caatinga, proporciona serapilheira com diversos substratos de qualidade nutricional e orgânica bastante distintas. Essas condições resultam no advento de um maior número de nichos ecológicos e uma complexa teia alimentar contribuindo para menor competição entre as espécies favorecendo, portanto, maior equilíbrio entre elas.

O Índice de Pielou apresenta o mesmo comportamento, corroborando com o descrito anteriormente sobre o equilíbrio presente no ambiente natural. Para Pasqualin et al. (2012), o índice de Pielou pode variar entre 0 e 1, e os valores são diretamente relacionados à dominância de grupos, ou seja, quanto menor o valor obtido, maior será a dominância por poucos grupos. O menor valor de diversidade e equitabilidade da cana-de-açúcar no período seco resultaram da maior incidência do grupo Formicidae. Benazzi et al. (2013), também observaram valores baixos do índice de Pielou (entre 0,15 e 0,38) ao avaliarem o impacto dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo no período seco.

## **5 CONCLUSÕES**

Os índices de diversidade demonstraram que a Mata de Cocais apresentou valores mais estáveis que o cultivo de cana-de-açúcar, sendo esta área a mais diversa nos dois períodos de coleta. No período seco há uma redução da diversidade de indivíduos no cultivo com cana-de-açúcar. O maior número de indivíduos capturados na área de cana de açúcar não pode ser usado como um índice de qualidade ambiental. Houve diferença na densidade e diversidade de indivíduos nos diferentes períodos de coleta. O índice de diversidade que melhor respondeu à distribuição de indivíduos no cultivo de cana de açúcar foi o de Pielou.



## 6 REFERÊNCIAS

- Abreu, R.R.L. De, Lima, S.S. De, Oliveira, C.N.R. De, Leite, F.L.C., 2014. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana de açúcar. *Pesq. Agropec. Trop* 44, 409–416.
- Adami, M., Rudorff, B. F. T., Freitas, R. M., Aguiar, D. A., Sugawara, L. M., & Mello, M. P. (2012). Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. *Sustainability*, 4(4), 574-585.
- Aquino, A.M., 2001. Manual para macrofauna do solo. Embrapa Agrobiologia. 21p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 130).
- Bangita, B., Rao, B.K.R., 2012. Impacts of compaction relief treatments on soil physical properties and performance of sugarcane (*Saccharum spp.*) under zonal tillage system. *Geoderma* 189-190, 351–356. doi:10.1016/j.geoderma.2012.07.002.
- Baretta, D., Luise, M., Bartz, C., Fachini, I., Anselmi, R., Duarte, R., Baretta, M., 2014. Fauna edáfica e sua relação com variáveis ambientais em sistemas de manejo do solo 5, 871–879.
- Cardozo, E. G., Muchavisoy, H. M., Silva, H. R., Zelarayán, M. L. C., Leite, M. F. A., Rousseau, G. X., & Gehring, C. 2015. Species richness increases income in agroforestry systems of eastern Amazonia. *Agroforestry Systems*, 89:901-916.
- Celentano, D., Rousseau, G. X., Engel, V. L., Zelarayán, M., Oliveira, E. C., Araujo, A. C. M., & Moura, E. G. (2016). Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in eastern amazon of brazil. *Land Degradation & Development*. doi: 10.1002/ldr.2547.
- CONAB. ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA V. 3 - SAFRA 2016/17 N. 2 - Segundo levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Conab (2016).Disponível:<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_08\\_18\\_12\\_03\\_30\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_2o\\_lev\\_-\\_16-17.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_18_12_03_30_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_16-17.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2017.

CONAB. SAFRA 2006/2007 Terceiro Levantamento Novembro/2006. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Conab (2006). Disponível: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/7126d0d2db65a18f1eeb403636c5124f.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

Correia, m. E. F.; oliveira, I. C. M. 2000 Fauna do solo: Aspectos Gerais e Metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 46p.

FAOSTAT, FAO. FAO statistical databases. Rome, 2016. Disponível: <[http://faostat.fao.org/beta/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://faostat.fao.org/beta/en/#rankings/countries_by_commodity)>. Acesso em: 16 nov. 2016.

Franco, A.L.C., Bartz, M.L.C., Cherubin, M.R., Baretta, D., Cerri, C.E.P., Feigl, B.J., Wall, D.H., Davies, C.A., Cerri, C.C., 2016. Loss of soil (macro)fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment* 563, 160–168.

Ghobadi, M., Mahdavi, M., Agosti, D. 2016. Changes in Soil Properties by Harvester Ant's Activity (*Messor spp.*) in Roodshoor Steppe Rangeland of Saveh, Iran, *Journal of Rangeland Science*, 6-3.

Gkisakisa, V., Volakakisa, N., Kollarosc, D., Bàrberi, P. Kabourakisa, E.M. 2016. Soil arthropod community in the olive agroecosystem: Determined by environment and farming practices in different management systems and agroecological zones. *Agriculture, Ecosystems e Environment*, 218, 15:178–189.

Ilze, D., Silva, B., Moura, L., Sérgio, A., Araújo, F., Alfredo, L., Leal, P., Oliveira, M.E., Francisco, R., Carneiro, V., 2013. Qualidade Superficial De Um Solo Sob Sistemas De Manejo Utilizados Para Produção De Forragens No Estado Do Piauí Superficial Soil Quality Under Management Systems for Pasture in the State of Piaui , Brazil 867–875.

Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J.-P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol.* 42, S3–S15. doi:10.1016/j.ejsobi.2006.10.002.

Moura, N. A., de Lemos, R. N., de Sousa, J. T. R., de Ramos, A. E. S., do Amaral, E., de Moura, E., & Mesquita, M. L. Soil fauna dynamics affected by decomposition of different

legume combinations in alley cropping systems in So Lus, Maranhão, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 36, p. 3404-3411, 2016.

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H., Wall, D.H. (Eds.), 2016, *Global Soil Biodiversity Atlas*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 176 pp.

Pasqualin, L.A., Dionísio, J.A., Aparecida, M., Zawadneak, C., Marçal, C.T., n.d. Edaphic macrofauna in sugar cane crops and forest in northwestern Paraná – Brazil Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná – Brasil, 2012. 7–18. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n1p7.

Portilho, I.I.R., Borges, C.D., Costa, A.R., Salton, C., Mercante, F.M., 2011. Resíduos da cultura da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a fauna invertebrada epigéica. *Semin. Ciências Agrárias* 32, 959–970. doi:10.5433/1679-0359.2011v32n3p959.

Rodrigues, W. C., 2015. DivEs – Diversidade de Espécies v3.0. Software e guia do usuário, disponível em: <<http://dives.ebras.bio.br>>

Rousseau, L., Fonte, S.J., Téllez, O., Van Der Hoek, R., Lavelle, P., 2013. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecol. Indic.* 27, 71–82. doi:10.1016/j.ecolind.2012.11.020.

Rudorff, B. F. T., Aguiar, D. A., Silva, W. F., Sugawara, L. M., Adami, M., & Moreira, M. A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data. *Remote sensing*, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

Santorufu, L., Van Gestel, C. a M., Maisto, G., 2014. Sampling season affects conclusions on soil arthropod community structure responses to metal pollution in Mediterranean urban soils. *Geoderma* 226-227, 47–53. doi:10.1016/j.geoderma.2014.02.001.

Santos, G. A. A.; Siqueira, G. M.; COSTA, M. K. L. Diversidade da macrofauna do solo cultivado com cana-de-açúcar na fronteira Amazônica (2016). In: Glécio Machado Siqueira, Raimunda Alves Silva, Mayanna Karlla Lima Costa. (Org.). Geotecnologias, Agricultura De Precisão E Manejo Dos Recursos Naturais. 2ed.São Luis: EDUFMA, v. I, p. 14-18.

Silva Junior, C. A., Carvalho, L. A., Centurion, J.F., Oliveira, E.C. a., 2013. Comportamento da cana-de-açúcar em duas safras e atributos físicos do solo sob diferentes tipos de preparo. Biosci. J. 29, 1489–1500.

Silva RA, Siqueira GM, Costa MKL, Guedes Filho O, Silva EFF. Spatial variability of soil fauna under different land use and managements. Rev. Bras. Cienc Solo. 2018; 42:e0170121.

Siqueira, G. M., Silva, E. F F., Moreira, M. M., Santos, G. A. A., & Silva, R. A. (2016). Diversity of soil macrofauna under sugarcane monoculture and two different natural vegetation types. African Journal of Agricultural Research, 11(30), 2669-2677.

Siqueira, G.M., Silva, E.F.F., Paz-Ferreiro, J., 2014. Land Use Intensification Effects in Soil Arthropod Community of an Entisol in Pernambuco State, Brazil. Sci. World J. 2014, 1–7. doi:10.1155/2014/625856.

Surfer version 11.0.642 (64-bit) – Jul 5 2012. Surface Mapping System. Copyright 1993-2012, Golden Software, Inc.

Velásquez, E., Fonte, S. J., Barot, S., Grimaldi, M., Desjardins, T., Lavelle, P. 2012. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. *Applied Soil Ecology*, 56:43-50, 2012.

Veresoglou, S. D., Halley, J. M., & Rillig, M. C. (2015). Extinction risk of soil biota. *Nature communications*, V. 6.

Warrick, A.W., Nielsen, D.R.. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed.). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. Cap.2, p.319-344

Wu, T., Ayres, E., Bardgett, R.D., Wall, D.H., Garey, J.R., 2011. Molecular study of worldwide distribution and diversity of soil animals. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108, 17720–17725. doi:10.1073/pnas.1103824108.

Yang, B., Zhang, W., Xu, H. et al. Effects of soil fauna on leaf litter decomposition under different land uses in eastern coast of China. *Journal of Forestry Research.* (2018) 29: 973. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0521-5>