



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RAFAEL ALVIM GONZAGA DE OLIVEIRA

**MACROFAUNA INVERTEBRADA DO SOLO EM CANA-DE-
AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO**

BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2016

RAFAEL ALVIM GONZAGA DE OLIVEIRA

**MACROFAUNA INVERTEBRADA DO SOLO EM CANA-DE-
AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Jael Simões Santos Rando

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2016**

Oliveira, Rafael Alvim Gonzaga de
O51m Macrofauna invertebrada do solo em cana-de-açúcar
sob cultivo orgânico / Rafael Alvim Gonzaga de Oliveira.
– Bandeirantes, 2016.
59 f. ilustr.

Orientador: Prof^a. Dr. Jael Simões Santos Rando.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do
Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, 2016.

Banca: Dr. Jael Simões Santos Rando, Dr^a. Laila
Herta Mihsfeldt, Dr^a. Marie Luise Carolina Bartz.
Suplentes: Dr. Rogério Barbosa Macedo, Dr^a. Débora
Cristina Santiago.

RAFAEL ALVIM GONZAGA DE OLIVEIRA

**MACROFAUNA INVERTEBRADA DO SOLO EM CANA-DE-
AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

Aprovada em 14/03/2016

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof ^a . Dr ^a . Jael Simões Santos Rando	UENP
Prof ^a . Dr ^a . Laila Herta Mihsfeldt	UENP
Prof ^a . Dr ^a . Marie Luise Carolina Bartz	UNIV. POSITIVO
Prof. Dr. Rogério Barbosa Macedo	UENP
Prof ^a . Dr ^a . Débora Cristina Santiago	UEL

Prof^a. Dr^a. Jael Simões Santos Rando
Orientadora
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Mengehel

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo amor, e compreensão.

À minha orientadora Profa. Dra. Jael Simões Santos Rando, pela confiança, pela orientação, paciência e valiosas sugestões durante todo o desenvolvimento do trabalho.

À minha namorada que sempre esteve do meu lado me ajudando nas dificuldades.

Ao Núcleo de Estudos de Agroecologia e Territórios – NEAT, por todo apoio prestado ao desenvolvimento experimental deste trabalho.

Aos companheiros de trabalho Prof. Dr. Rogério Barbosa Macedo, Diego Contiero, Jean Guerino da Silva, Antônio Castanheira.

A equipe da PROEC, da gestão a qual participei, em especial a Profª Drª Cristiane Yanase (in memoriam), pelo seu incentivo.

Aos “Gênios”, pelo companheirismo e momentos de descontração tão necessários e bem-vindos no decorrer desta jornada.

À Cooperativa Agropecuária de Produtos Orgânicos Da Terra, em especial ao Sr. Ricardo de Moraes por ceder sua propriedade para realização deste estudo e ao Sr. Kleber Bubna Siqueira por sua atenção e colaboração.

À Profª Drª Marie Luise Carolina Bartz por sua colaboração na execução desta dissertação.

À Universidade Estadual do Norte do Paraná pela oportunidade de realização deste Mestrado.

Aos professores da UENP - *Campus* Luiz Meneghel - Bandeirantes, responsáveis por minha formação profissional e ética; tanto na graduação como na pós-graduação.

Ao Ministério das Comunicações e a Fundação Araucária pela concessão da bolsa de estudo.

MUITO OBRIGADO!

OLIVEIRA, R. A. G. **MACROFAUNA INVERTEBRADA DO SOLO EM CANA-DE-AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO**: 2016. 59f. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2016.

RESUMO

Em um sistema de produção orgânico, o meio ambiente é preservado. Sendo assim, produtos que afetam direta ou indiretamente a ecologia local tem seu uso proibido, favorecendo a biota presente. A macrofauna edáfica de invertebrados, organismos com no mínimo 10 mm de comprimento e largura acima de 2 mm, são essenciais para a plena função do ecossistema terrestre, sendo conhecidos como engenheiros do solo. O presente trabalho teve como objetivo a análise da biodiversidade de macrofauna de invertebrados em um sistema de cultivo orgânico de cana-de-açúcar. As coletas foram realizadas no município de Jaboti, PR no verão e inverno dos anos de 2014 e 2015. Em cada análise, foram definidos, de forma aleatória, 10 pontos amostrais, equidistantes no mínimo em 10 metros. Em cada ponto foi retirada uma porção de terra, nas medidas de 25 x 25 x 30 cm, e dividida em três estratos, quais sejam, 0–10, 10–20, 20–30cm, sendo que cada estrato era acondicionado em um saco plástico lacrado. Em conjunto, foram instaladas três armadilhas de coleta do tipo pitfall, sendo que essas permaneciam no local durante 48 horas. As amostras foram transportadas até o laboratório, triadas em observação direta com auxílio de pinças e catalogados. Foram encontrados 5.760 ind/m², para fauna edáfica e 1.223 indivíduos para macrofauna epigéica. Foram identificados 3 espécies de minhocas, sendo a espécie *Pontoscolex corethrurus* a mais abundante e entre os artrópodes, a ordem dominante foi Hymenoptera, representados em sua maioria pela família Formicidae. O local de estudo, uma monocultura sob um sistema orgânico de produção, apresenta características de um ambiente antropizado, mas fornece condições para presença de insetos benéficos ao sistema agroecológico.

Palavras-chave: produção orgânica, biodiversidade, artrópodes, oligochaetas.

OLIVEIRA, R. A. G. Invertebrate **macrofauna of soil in a sugarcane organic farming system**. 2016. 59f. Dissertation for Master's degree in Agronomy - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, Bandeirantes, 2016.

ABSTRACT

In an organic production system, the environment is preserved. Therefore, products that, directly or indirectly, affect the local ecology has its use unauthorized, favoring the present biota. The soil macrofauna of invertebrate, organisms with at least 10 mm in length and greater than 2 mm in width, are essentials for the full function of the soil ecosystem, they are known as soil engineers. This study aimed to analyze the invertebrates macrofauna biodiversity in a cane sugar organic farming system. Samples were collected in Jaboti, PR in summer and winter of 2014 and 2015. In each analysis, 10 sampling points were defined in an random order, equidistant at least 10 meters. In each point, a portion of land was collected (the measures 25 x 25 x 30 cm), and divided into three strata, namely, 0-10, 10-20, 20-30cm. Each stratum was packed in a sealed plastic bag. Three pitfall traps were placed together, and these remained in place for 48 hours. The samples were transported to the laboratory to be sorted and cataloged in direct observation with the help of forceps. 5.760 ind/m² were found, to the edaphic fauna and 1.223 individuals to the epigeic fauna. Three species of earthworms were identified, and *Pontoscolex corethrurus* was the most abundant of them. As for arthropods, the most dominant order Hymenoptera was represented mostly by the family Formicidae. The study site, a monoculture in a organic system, indicative of disturbance to the environment, but supplies conditions to the presence of benefic insects in the agroecologic system.

Keywords: organic production, biodiversity, arthropods, oligochaetas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Cana-de-açúcar	11
2.2	Cultivo Orgânico	12
2.3	Macrofauna Edáfica	15
2.3.1	Importância da diversidade da macrofauna edáfica	16
2.3.2	Transformadores da Liteira	17
2.3.3	Engenheiros do Solo	18
2.3.4	Principais Agentes da Macrofauda Edáfica	18
3	ARTIGO A: MACROFAUNA EDÁFICA EM CULTIVO ORGÂNICO DE CANA-DE-AÇÚCAR	23
3.1	Resumo	23
3.2	Abstract.....	23
3.3	Introdução.....	23
3.4	Material e Métodos	25
3.4.1	Área de Estudo	25
3.4.2	Amostragem da Macrofauna.....	26
3.4.3	Análise de dados	29
3.5	Resultados e Discussão	29
3.6	Conclusão.....	33
4	ARTIGO B: MACROFAUNA EPIGÉICA EM CANA-DE-AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO	34
4.1	Resumo	34
4.2	Abstract.....	34
4.3	Introdução.....	35
4.4	Material e Métodos	36
4.4.1	Área de Estudo	36
4.4.2	Amostragem da Macrofauna.....	37
4.4.3	Análise de dados	38
4.5	Resultados e Discussão	38
4.6	Conclusão.....	42
5	CONCLUSÕES GERAIS	43
6	REFERÊNCIAS:	44



1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem sido utilizada como forragem, fonte de açúcar, melado e para obtenção de álcool combustível, o que além de contribuir com a matriz energética nacional, gera aproveitamento de seu bagaço para a co-geração de energia (Neves, 2003).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2014), o estado do Paraná é um dos principais produtores de cana-de-açúcar do Brasil, possuindo uma área de 642.980 hectares, correspondente a 7,07% da área nacional. Segundo Libardi e Cardoso (2007), as áreas aptas ao cultivo de cana-de-açúcar no Estado do Paraná estão na porção norte, que inclui as mesorregiões Norte Pioneiro, Norte Central e Noroeste, sendo que praticamente 100 % da cana é produzida nessas regiões.

Conforme Ribeiro e Endlich (2010), a cultura de cana-de-açúcar tornou-se significativa na mesorregião norte pioneira paranaense após a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). Assim, a partir da década de 1940, ocorreram as instalações das usinas nos municípios de Bandeirantes, Porecatu e Jacarezinho.

Numa perspectiva de desenvolvimento regional é necessário entender a importância que os derivados da cana-de-açúcar tendem a assumir como alternativa energética mundial e, sobretudo, todo o processo envolvido na produção da cultura.

Sabe-se que o desempenho industrial está diretamente ligado à qualidade da matéria-prima, sendo que os fatores ambientais, pragas, doenças bem como o planejamento agrícola, são fundamentais na obtenção de rendimentos satisfatórios e qualidade do produto final (Dojas et al., 2009).

A importância de conhecer os canaviais que servem de abrigo a inúmeros insetos (pragas ou não pragas), é fundamental para o planejamento de toda a cadeia produtiva.

Na parte aérea da planta são reconhecidas como pragas as brocas do colmo, que são diferentes espécies do gênero *Diatraea* (Macedo e Araújo, 2000), a broca gigante *Castnia licus* (Gallo et al., 2002).



Entre as pragas de raízes destacam-se os cupins, com 12 espécies identificadas, sendo *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) a mais comum (Almeida Filho, 1995), e o besouro *Migdolus frianus* (Westwood, 1863), cujas larvas destroem o sistema radicular (Machado et al., 2006).

As cigarrinhas da raiz, *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) e das folhas *M. posticata* (Stal, 1855), tem grande importância econômica no cultivo da cana-de-açúcar. A utilização da colheita mecanizada, sem a queima prévia da palha, possibilitou que a cigarrinha das raízes, se tornasse um dos principais problemas fitossanitários nas plantações de cana-de-açúcar, causando severas perdas de produtividade (Ravaneli et al., 2011).

É notório que os insetos causam grandes problemas nos sistemas agrícolas, quando consideradas apenas as pragas, pois acarretam perdas qualitativas e quantitativas para toda a cadeia produtiva e para o consumidor. Entretanto, não se deve desprezar o papel fundamental que cada grupo de inseto exerce no agroecossistema, levando ao equilíbrio ecológico.

Segundo Odum (1989), os invertebrados ocupam todos os níveis tróficos na cadeia alimentar do solo e afetam a produção primária de maneira direta e indireta, com fundamental importância no funcionamento do ecossistema.

Muitas espécies de animais da macrofauna edáfica exercem um importante papel nos ecossistemas como engenheiros do solo (minhocas, formigas, cupins e larvas de besouros), influenciando significativamente nas propriedades físicas e químicas do solo onde habitam, especialmente na criação de macroporos e pela transformação e redistribuição da matéria orgânica (Moreira et al., 2010).

Diversos estudos demonstram que as práticas de manejo orgânico favorecem a manutenção da diversidade, e as diferentes respostas entre grupos de organismos (Bengtsson et al., 2005; Hole et al., 2005; Fuller et al., 2005).

Na agricultura orgânica, onde a utilização de fertilizantes sintéticos e tratamentos com pesticidas não ocorre, pode-se presenciar o aumento dos grupos relevantes para serviços ecossistêmicos, como polinização e predadores (Krauss et al., 2011).



Segundo Birkhofer et al. (2008), a agricultura orgânica em longo prazo melhora a qualidade do solo, com aumento crescente da biomassa microbiana e promovem o ressurgimento de engenheiros do ecossistema e os inimigos naturais.

Ao reunir uma biodiversidade funcional é possível promover sinergias que subsidiam os processos agrícolas por meio de serviços ecológicos, tais como a ativação da biologia do solo, reciclagens dos nutrientes, potencialização dos artrópodes e antagonistas benéficos, entre outros, sendo todos importantes para determinar a sustentabilidade dos agroecossistemas (Altieri, 2012).

Poucos estudos realizados sobre a macrofauna edáfica em áreas de cana-de-açúcar no Brasil restringem-se às regiões tropicais, sendo que a atual expansão canavieira para regiões subtropicais merece atenção (Pasqualin et al., 2012).



2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma gramínea originária do sudeste asiático e introduzida no Brasil, pelos portugueses, no início do século XVI, sendo hoje muito cultivada em regiões tropicais e subtropicais do país (Rosillo-Calle et al., 2005).

No Estado do Paraná, o vínculo com a cana-de-açúcar começa nos séculos XVI e XVII, quando esta área ainda estava ligada à Província de São Paulo e fornecia força de trabalho indígena para a monocultura da cana-de-açúcar nordestina. Naquele momento, pelo menos de forma direta, o Paraná pouco acrescentou ao ciclo da economia açucareira, que vigorou nos primeiros séculos de colonização do Brasil (Ribeiro e Endlich, 2010).

Atualmente, a cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes da agricultura brasileira, ocupando a terceira posição em área plantada no país, ficando atrás apenas da soja e do milho. A estimativa da produção nacional para a safra 2014/15 é de 642 milhões de toneladas, ocupando uma área aproximada de 9 milhões hectares. O Paraná possui uma área cultivada de aproximadamente 635 mil hectares, tendo uma produção de 45 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

A cana-de-açúcar é umas das culturas que fisiologicamente são favorecidas pelas estações climáticas definidas (Miocque, 1999). Em uma estação quente e úmida aliada a altas temperaturas e luminosidade, em um período de seis meses, que promove condições ideais para crescimento e desenvolvimento vegetativo, e outra estação seca e fria, favorecendo a maturação fisiológica da cana-de-açúcar. De acordo com Silva et al. (2008), o regime de deficiência hídrica de 200 mm anual seria considerado ideal para o cultivo de cana-de-açúcar.

A cana-de-açúcar é composta por partes subterrâneas e aéreas. As raízes e rizomas compõem a parte subterrânea da planta, enquanto que o colmo, as folhas e as flores se encontram na parte aérea (Triana et al., 1990).

Sua reprodução se faz assexuadamente, ou seja, através de colmos sementes que, pela brotação de suas gemas, dão origem aos colmos primários, dos



quais surgirão os secundários, depois os terciários, até a formação de uma touceira (Schlittler, 2006).

Pode atingir de 2 a 5 metros de altura e apresentar diferentes tonalidades de cor. É composta principalmente por água e açúcares, que se concentram nos colmos, sendo a sacarose o carboidrato predominante. Os colmos são caracterizados por nós bem marcados e entrenós distintos, quase sempre fistulosos e espessos, e apresentam, assim, um alto teor de fibras (Schlittler, 2006).

Em relação ao tipo de cultivo, a cana-de-açúcar vem sofrendo uma mudança, por questões ambientais e legais. Sua colheita, de forma crua (sem queima), traz uma mudança no sistema de produção, trazendo novos benefícios e malefícios a partir da grande quantidade de palha cobrindo o solo.

Alguns dos benefícios agrônômicos são a diminuição de processos erosivos, melhor conservação da umidade do solo, melhor reciclagem de nutrientes, aumento da matéria orgânica e da atividade microbiana do solo, melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, diminuição da infestação de plantas daninhas, além da redução das perdas de açúcares via exsudação dos colmos durante e/ou logo após a queima (Velini e Negrisoni, 2000).

No entanto, podem ser citados alguns fatores desfavoráveis da adoção dessa tecnologia, como a dificuldade na brotação da maioria das variedades de cana-de-açúcar sob a palhada, o aumento de pragas de solo que atacam a cultura, acréscimos nas doses dos fertilizantes nitrogenados, danos ao crescimento da cana em locais frios, manutenção de excesso de umidade em áreas mais baixas e limitação da aplicação de herbicidas para o período diurno, quando a presença das plantas daninhas é facilmente detectada (com exceção da implantação da "agricultura de precisão") (Correia e Rezende, 2002).

2.2 Cultivo Orgânico

Segundo Monteiro e Santos (2004), o sistema orgânico de produção é aquele onde o cultivo é realizado com base em princípios e práticas que encorajam e realçam ciclos biológicos, dentro do sistema de agricultura, para manter e aumentar a fertilidade do solo, minimizar formas de poluição, evitar o uso de



fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, manter a diversidade genética do sistema de produção e produzir alimentos de boa qualidade em quantidade suficiente.

A agricultura orgânica se fortaleceu no Brasil em contraposição à revolução verde, tendo como princípio a manutenção do equilíbrio ecológico e não aplicar algo para corrigir o sistema (Tivelli, 2013).

O mercado brasileiro de orgânicos cresce cerca de 10% ao ano, existindo produção orgânica em praticamente todos os estados, principalmente em São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Distrito Federal. No entanto, juntos, São Paulo e Paraná são responsáveis por cerca de 80% da produção nacional desses produtos (Valle et al., 2007).

O crescente interesse é consequência de uma grande exigência, por parte dos consumidores, por alimentos mais saudáveis, produzidos em um sistema que respeite o meio ambiente e seja socialmente justo (Henz et al., 2007).

A qualidade do alimento e a satisfação e segurança do consumidor é fator imprescindível para sua aceitação. Os alimentos convencionais apresentam, normalmente, resíduos de insumos químicos que podem causar danos à saúde do consumidor, quando usados indiscriminadamente. Assim a agricultura orgânica é uma opção para a produção de um alimento seguro, embora a quantidade produzida mundialmente ainda não seja suficiente para suprir a população (Santos e Monteiro, 2004).

Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica, ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possíveis métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).



Atualmente, no Brasil, existem três mecanismos para garantir a qualidade do produto orgânico: o controle social na venda direta, o sistema participativo de garantia (SPG) e a certificação por auditoria (Andrade e Bertoldi, 2012).

Segundo Mazzoleni e Oliveira (2010), a “certificação de produtos orgânicos” significa a emissão escrita da garantia – o certificado – por uma empresa externa e independente denominada certificadora, que realiza a auditoria no sistema de administração e verificação da empresa que deseja o certificado.

O certificado fornece ao consumidor a garantia de um produto isento de contaminação química e segurança dos alimentos, de proteção ao homem e ao ambiente, sendo, segundo MAPA (2015), os selos encontrados no mercado nacional conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Entidades certificadoras de produtos orgânicos cadastradas no Ministério da Agricultura.

INSTITUIÇÕES CERTIFICADORAS	
SISTEMA DE PARTICIPAÇÃO	SISTEMA DE AUDITÓRIA
Associação de Agricultura Natural de Campinas E Região – ANC	Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Associação Ecovida de Certificação Participativa – Rede Ecovida	ECOCERT Brasil Certificadora Ltda
Associação Dos Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro – ABIO	IBD Certificações Ltda
Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica- ABD	IMO Control do Brasil Ltda
Sindicato dos Produtores Orgânicos do DF – Sindiorgânicos - OPAC CERRADO	Agricontrol Ltda (Oia)
Associação de Produtores Orgânicos do Mato Grosso do Sul – APOMS	Instituto Nacional de Tecnologia (INT)
Associação dos Produtores Agroecológicos do Semiárido Piauiense – APASPI	Instituto Chão Vivo de Avaliação da Conformidade
Associação de Certificação Participativa Agroecológica – Acepa	Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA
Associação Agroecológica de Certificação Participativa dos Inhamuns/Crateús – ACEPI	
Associação dos Agricultores e Agricultoras Agroecológicos do Araripe – ECOARARIPE	
Central de Associações de Produtores Orgânicos Sul de Minas	
Opac Litoral Norte	
Associação Agroecológica do Pajeú – ASAP	

Fonte: BRASIL, Ministério da Agricultura (2015)

2.3 Macrofauna Edáfica

Fauna edáfica é caracterizada pela presença de pequenos animais e pode ser dividido em microfauna, mesofauna e macrofauna (Figura 1). Os componentes da macrofauna têm o corpo em tamanho suficiente para romper as estruturas dos horizontes minerais e orgânicos do solo ao se alimentar, movimentar e construir galerias no solo, quebrar matéria orgânica morta em pedaços menores e facilitar a decomposição por bactérias e fungos do solo, alterando as características deste (Anderson, 1988).

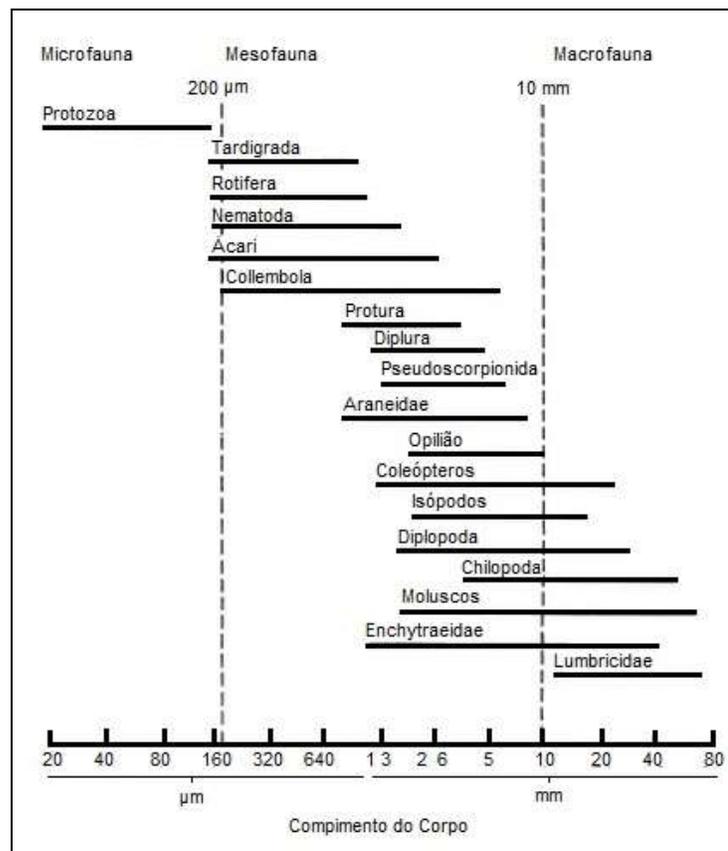


Figura 1- Classificação por comprimento do corpo da fauna edáfica de climas temperados (adaptado de Wallwork 1970).

A macrofauna inclui organismos com no mínimo 10 mm de comprimento e largura acima de 2 mm (Swift et al., 1979; Bignell et al., 2010). São exemplos desses invertebrados as formigas (Hymenoptera), cupins (Isoptera), tatuzinhos (Isopoda), besouros (Coleoptera), minhocas (Oligochaeta), aranhas



(Araneae), piolhos-de-cobra (Diplopoda), grilos (Orthoptera), baratas (Blattodea), centopéias (Chilopoda), larvas de dípteros (Diptera), percevejos (Heteroptera), entre outros (Lavelle et al., 1994).

Segundo Brown et al. (2009), esses indivíduos exercem múltiplas funções nos ecossistemas terrestres, variando entre os organismos geófagos, que ingerem solo (geralmente escolhendo partes com maior teor de matéria orgânica humificada e/ou raízes mortas), os detritívoros, que são decompositores ou desintegradores, que se alimentam de material vegetal ou animal em decomposição (carniceiros ou necrófagos), os rizófagos e fitófagos, que se alimentam de plantas vivas (raízes ou partes aéreas), os predadores, que se alimentam de outros organismos, os onívoros, que comem todo tipo de alimento, tanto de origem vegetal como animal e os parasitas, que vivem à custa de outros.

2.3.1 Importância da diversidade da macrofauna edáfica

A composição das comunidades da macrofauna em diferentes agrossistemas é um importante componente na potencialidade do solo e na produtividade vegetal.

A escavação, ingestão, transporte de material mineral e orgânico do solo, assim como as estruturas construídas pelas atividades dos invertebrados, incluindo galerias, bolotas fecais, montículos e ninhos, modificam o ambiente físico e químico do solo, e sua exclusão reduz a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes da serrapilheira (Lavelle, 1997).

A diversidade do solo tem um papel importante na manutenção da estrutura e do funcionamento do ecossistema. Nos ecossistemas naturais a maior diversidade permite maior resistência à perturbação e à interferência, tendendo a se recuperar mais rapidamente da perturbação e restaurar o equilíbrio seus processos de ciclagem de materiais e fluxo de energia. Em ecossistemas com diversidade mais baixa, a perturbação pode provocar modificações permanentes no funcionamento, resultando na perda de recursos do ecossistema e em alterações na constituição de suas espécies (Aquino e Correia, 2005).

De acordo com a função que desempenham nos ecossistemas terrestres, os macroinvertebrados edáficos podem ser divididos em: detritívoros, que



fragmentam o material vegetal ou animal na serrapilheira e podem regular a ação de micro-organismos, sendo representados por milípeias, tatuzinhos e minhocas anécicas e endogeicas, entre outros; geófagos, aqueles que se alimentam de quantidades de húmus e de solo mineral, como é o caso de cupins húmívoros, e minhocas endogeicas, entre outros grupos como colêmbolos e enquitreídeos, pertencentes à mesofauna do solo; predadores, aqueles que se alimentam de indivíduos vivos (presas) e mantêm o equilíbrio biológico, sendo os mais comuns as aranhas, os escorpiões, os pseudo-escorpiões e as centopeias. Finalmente os onívoros, que se alimentam de fonte variada de alimento, representados por grilos, larvas de insetos, formigas, cupins, besouros e cigarrinhas, todos muito importantes em processos ecológicos do solo (Correia e Oliveira, 2000; Lavelle e Spain, 2001; Brown et al., 2009).

Devido ao seu importante papel nos processos do ecossistema e sua sensibilidade às condições ambientais, grupos da macrofauna são usados como indicadores da qualidade do solo e dos efeitos das mudanças no uso da terra e das práticas de manejo (Bignell et al., 2010). Esses invertebrados ocupam todos os níveis tróficos na cadeia alimentar do solo e afetam a produção primária de maneira direta e indireta, com fundamental importância no funcionamento do ecossistema (Odum, 1989).

2.3.2 Transformadores da Littera

Os transformadores da littera são os organismos da mesofauna e macrofauna que vivem na serapilheira e no solo, dentro das fendas ou nos estratos mais soltos do horizonte A. Mas, no entanto, têm uma capacidade limitada para cavar o solo e criar galerias ou agregados (Lavelle, 1997).

Esses organismos se alimentam da biomassa microbiana ou decompõem o material orgânico da serapilheira através do mutualismo com microrganismos, já que não possuem celulase apropriada.

Durante o trânsito intestinal o material orgânico é fragmentado, umedecido e digerido pela microflora, tornando os compostos orgânicos assimiláveis para artrópodes, que os ingerem em suas fezes. Este tipo específico de mutualismo



é chamado de “digestão no rúmen externo” (Swift et al., 1979; Hassal e Rushton, 1982).

2.3.3 Engenheiros do Solo

Os engenheiros do ecossistema compreendem a macrofauna que são grandes o suficiente para desenvolver relações mutualistas com microflora adequada dentro do seu intestino. Estas interações podem ser obrigatória ou facultativa (Barois et al., 1987; Breznak, 1984).

Estes organismos geralmente ingerem uma mistura de elementos minerais e orgânicos, ocorrendo à incubação da matéria orgânica e argila na presença de alta atividade microbiana. Sua digestão é eficiente para os compostos orgânicos, celulose, lignina e tanino tendo os compostos assimilados com eficácia (Butler e Buckerfield, 1979; Breznak, 1984; Toutain, 1987; Rouland et al., 1990)

Estes organismos também constroem grandes estruturas, como montes e redes de galerias e câmaras, que têm impactos significativos sobre a evolução dos solos em escalas de tempo médio (Lavelle, 1997).

2.3.4 Principais Agentes da Macrofauna Edáfica

Térmitas:

Os cupins, insetos sociais da ordem Isoptera, contém cerca de 2.750 espécies conhecidas no mundo, e cerca de 280 espécies no Brasil (Constantino, 2005). São importantes elementos da fauna do solo e desempenham um papel importante como decompositores (Calderon e Constantino, 2007).

A importância ecológica dos isópteros nos ecossistemas é significativa, principalmente quando consideradas as modificações que podem causar no ambiente, como as alterações da topografia, pela construção de seus ninhos formando murundus (Holt e Lepage, 2000).

Também agem ao longo do perfil do solo, por misturarem e deslocarem o material mineral e orgânico da superfície e do subsolo (Pillans et al., 2002; Silva e Mendonça, 2007), e ainda pela ciclagem de nutrientes por meio da trituração, decomposição, humificação e mineralização de recursos celulósicos (Costa-Leonardo, 2002; Anderson, 2005).



Ao desempenhar sua função ecológica sevem de alimento para uma grande variedade de animais, tais como formigas, aranhas, pássaros e mamíferos, contribuindo para a formação da base da cadeia alimentar (Costa-Leonardo, 2002).

Mesmo tendo esses benefícios físicos, químicos e biológicos proporcionados por esses organismos no ecossistema, os cupins são mais conhecidos como pragas de pastagens e de madeira e por proporcionarem redução da área de plantio pela presença de seus ninhos sobre a superfície do solo, dificultando também as práticas de manejo (Gallo et al., 2002).

Os ninhos de cupins, chamados de termiteiros, são classificados de acordo com sua posição em relação ao solo, quais sejam, ninhos arborícolas, construídos sobre ou dentro de árvores, ninhos hipógeos, construídos sob o solo e ninhos epígeos, que possuem uma pequena parte subterrânea e a maior parte acima da superfície do solo (Ferreira et al., 2011).

Em um ninho existem indivíduos morfofisiologicamente diferentes, que compreendem as diferentes castas, responsáveis por diferentes tarefas. A casta estéril é representada pelos operários e soldados, sendo os primeiros os responsáveis pela busca e consumo imediato do alimento. Já os soldados atuam na defesa, enquanto a casta fértil, representada pelo casal real (rei e rainha), está envolvida nas atividades reprodutivas (Krishna, 1969; Zorzenon e Potenza, 2006).

Formigas:

As formigas constituem o maior grupo de insetos sociais da Ordem Hymenoptera, onde se destacam por possuírem todas as espécies verdadeiramente sociais, contrastando com abelhas e vespas que apresentam apenas algumas espécies com esse comportamento e outras com algum grau de sociabilidade (Fernández, 2003).

As formigas são componentes importantes do solo. Em conjunto com as atividades que realizam na engenharia de seus ninhos, elas são responsáveis por uma parcela significativa da reciclagem de nutrientes, aeração das camadas superficiais e distribuição do banco de sementes (Bolico et al., 2012; Crepaldi, 2014).



Os gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, conhecidos como saúvas e quenquéns, respectivamente, chamam atenção por serem as que mais causam danos à agricultura, em consequência ao corte de folhas novas e brotos frescos para o cultivo de seu alimento (Brandão e Mayhé-Nunes, 2001).

No entanto, a maioria das espécies de formigas é extremamente generalista em seu hábito alimentar, consumindo, principalmente, artrópodos, vivos ou mortos, e dieta líquida fornecida por outros insetos e plantas (Carroll e Janzen, 1973). Mesmo sendo o grupo de invertebrados mais bem conhecidos (Lewinsohn et al., 2005), o papel desses organismos nos agroecossistemas ainda permanece pouco compreendido e estudado (Philpott e Armbrrecht, 2006), o que contribui para que sejam vistas muito mais como organismos indesejáveis, e os possíveis serviços ambientais advindos de sua presença, ignorados.

Besouros:

A ordem Coleoptera constitui a mais rica e variada ordem com mais de 350.000 espécies descritas, correspondendo a 40% do total de insetos e 30% de todos os animais (Lawrence e Briton, 1991; Vanin e Ide, 2002).

Muitas famílias de Coleoptera são altamente especializadas no nicho ecológico que ocupam e sua relação com o habitat indicam a estabilidade ou estresse dos ecossistemas, sendo reconhecidas pelo alto potencial para serem utilizadas como indicadores biológicos (Brown 1991, 1997).

As famílias Silphidae, Coccinellidae, Staphylinidae e Carabidae possuem natureza predatória, consomem larvas e outros animais que vivem em matéria orgânica, com potencial para reduzir populações de pragas agrícolas. Algumas espécies são necrófagas, saprófagas, fungívoras e outras fitófagas que, nesse caso, provocam perdas econômicas significativas em diversas culturas (Marinoni et al., 2001; Ferraz e Carvalho, 2001; Pfiffner e Luka, 2000; Oliveira et. al., 2004; Mise et al., 2007; Triplehorn e Jonnson, 2011).

Os besouros da família Scarabaeidae são detritívoros, promovendo a remoção e reingresso da matéria orgânica no ciclo de nutrientes, aumentando a aeração do solo e prolongando a sua capacidade produtiva (Milhomem et al., 2003), mas a família inclui, além das coprófagas, espécies que utilizam carcaças



(necrófagas), frutos em decomposição (saprófagas) e fungos (micetófagas) como alimento (Halffter e Matthews, 1966).

Os coleópteros são vulneráveis às mudanças ambientais, sendo negativamente afetados pelas mudanças antrópicas, controle mecanizado de ervas daninhas, fertilizantes, pesticidas, fogo e pela urbanização e fragmentação florestal (Ruzicka e Bohac, 1994; Kimberling et al., 2001; Wilk et. al., 2005).

Minhocas:

As minhocas são importantes organismos do solo, da qual destacam-se as famílias terrícolas como Glossocolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae, com grande número de gêneros e espécies (Assad, 1997). No mundo, são conhecidas em torno de 8.800 espécies de minhocas, embora seja estimada uma diversidade superior (Reynolds e Wetzel, 2009).

Pelo tamanho que apresentam, em relação aos outros organismos do solo, e a diversidade de funções que desempenham, as minhocas são consideradas organismos chave na conservação da estrutura e dinâmica dos nutrientes em que vivem (Hernández-Castellanos, 2000). Elas são consideradas como símbolo de boa qualidade do solo, pois, para sobreviver, precisam de alto grau de umidade e teor de matéria orgânica (Meinicke, 1983).

As minhocas desempenham papel predominante na formação e manutenção da estrutura do solo. Em sua atividade, modificam os atributos do solo através da abertura de canais, fragmentação da fitomassa e mistura com os constituintes minerais, ingerindo os resíduos orgânicos em decomposição e produzindo estruturas biogênicas, denominados coprólitos (Brown, 1995; Lavelle, 1996; Lavelle, 1997; Kiehl 1985).

Os coprólitos possuem secreções contendo humato de cálcio, produzidas no intestino das mesmas, bem como o cálcio liberado pelas glândulas calcíferas, que servem de cimento para as partículas do solo (Edwards e Bohlen, 1996).

A classificação baseada nos hábitos alimentares divide as minhocas em dois grupos: detritívoras e geófagas. As primeiras alimentam-se na superfície do solo, ou próximo a esta. As geófagas alimentam-se mais profundamente e têm sua



nutrição a partir da matéria orgânica ingerida junto com grande quantidade de solo (Lee, 1985).

Segundo Edward e Bohel (1996), a atividade e a profundidade de algumas espécies de minhocas estão relacionadas à temperatura e umidade do solo, elas podem migrar para regiões–profundas em busca de um ambiente mais apropriado, em épocas não favoráveis.

De acordo com Brown e Domínguez (2010), a comunidade de minhocas em um local é determinada pelas funções e condições edáficas (tipo de solo, mineralogia, teor de matéria orgânica, textura, estrutura, temperatura, umidade e valor de pH), da vegetação (espécie e cobertura), da topografia (inclinação), do clima (precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, vento), das interações com outros organismos edáficos, além das condições históricas que originaram o solo e o local (história humana e geológica).

A comunidade de minhocas presente no solo indica a integridade do ecossistema e sua capacidade de resiliência a perturbações, sendo úteis na determinação de áreas prioritárias para atividades de conservação (Brown e James, 2007).

A redução do número de minhocas em áreas agrícolas pode ser ocasionada diretamente pela morte dos organismos, devido a lesões, destruição no ambiente pelos implementos agrícolas no preparo do solo ou ainda pela redução das fontes de alimento, alteração da temperatura, umidade e aeração do solo (Curry et al., 2002).

Outro fator limitante para a sobrevivência de minhocas no solo é a acidez. É importante observar que apesar de algumas espécies conseguirem viver em solos mais ácidos ou alcalinos, elas têm seu pH ótimo entre 5,5 – 6,5 o que coincide com o pH ideal da maioria das plantas cultivadas (Meinicke, 1983).



3 ARTIGO A: MACROFAUNA EDÁFICA EM CULTIVO ORGÂNICO DE CANA-DE-AÇÚCAR

3.1 Resumo

Os engenheiros do solo desempenham um papel predominante na formação e manutenção da estrutura do solo, e suas habilidades integram os processos físicos, químicos e biológicos do ecossistema edáfico. Mas em seu processo de escavar, ingerir, revolver o solo eles podem entrar em contato com contaminantes, correndo o risco de intoxicação. Em um sistema de produção orgânica, o meio ambiente é preservado, não utilizando produtos que afetam a ecologia local. O objetivo foi analisar a comunidade da macrofauna edáfica em um sistema de cultivo orgânico de cana-de-açúcar. As coletas foram realizadas no verão e no inverno de 2014 e 2015. Em cada análise foram definidos dez pontos amostrais e, em cada um, era retirada uma porção de terra, 25 x 25 x 30 cm, sendo está dividida em três estratos (0–10, 10–20, 20–30) cm, que foram acondicionados em um saco plástico lacrado. Os sacos foram transportados até o laboratório para que seus conteúdos fossem manualmente triados e conservadas em frasco contendo álcool 90% para posterior identificação. Os valores obtidos para a biomassa e densidade populacional foram expressos em g / m² e os espécimes m² e analisados pelo teste de médias Fisher LSD (p< 0,05) e por ACP (Análise de Componente Principais) para os atributos biológicos. No total foram encontrados 5.760 ind/m², principalmente nos estratos superiores no período do verão, devido a maior concentração de matéria orgânica, umidade e presença de pH favorável. Também observou-se a presença da minhoca *P. corethrus*, sugerindo que o solo apresenta perturbações.

Palavras-chave: Invertebrados do solo, engenheiros do solo, produção orgânica.

ARTICLE A: EDAPHIC MACROFAUNA IN SUGAR CANE ORGANIC SYSTEM

3.2 Abstract

Soil engineers play a major role in the formation and maintenance of soil structure, and their abilities are part of the physical, chemical and biological processes of the edaphic ecosystem. In the process of digging and ingesting soil, they can come in contact with contaminants, at risk of poisoning. In an organic production system, the environment is preserved by not using products that affect the local ecology. The aim was to analyze the edaphic macrofauna community in a sugar cane organic farming system. Samples were collected in the summer and winter of 2014 and 2015. In each analysis, ten sampling points were defined, and from each one a portion of land was removed (25 x 25 x 30 cm), which were divided into three strata (0 -10, 10-20, 20-30) cm and placed in a sealed plastic bag. The bags were transported to the laboratory so that their contents were sorted and preserved in a bottle containing 90% alcohol for later identification. The values obtained for biomass and population density were expressed in g / m² and m² specimens and analyzed using Fisher test LSD (p<0,05) and PCA (Principal Component Analysis) to the biological attributes. In total, 5.760 ind/m² were found in the higher strata in summer time, because the concentration of organic matter, humidity and favorable pH. Also it was observed presence of *P. corethrus*, suggesting the soil shows disturbances.

Keywords: Soil invertebrates, ecosystem engineers , organic production.



3.3 Introdução

A qualidade do solo é definida como a sua capacidade em atuar dentro do ecossistema e o limite de seu uso, que permite sustentabilidade biológica, assim como contribui para a manutenção e o crescimento de plantas, animais e homem (Baretta et al, 2011; Bone et al., 2010)

A macrofauna edáfica tem uma influência reconhecida na formação do solo, como nas propriedades hidráulicas do solo, ciclagem de nutrientes, produção primária através da estimulação da planta e na dinâmica do carbono de forma diretas e indiretas (Brussaard et al, 2007; Lavelle, 2002; Lavelle, 1997; Righi, 1997; Lavelle et al., 2006).

Estes organismos da fauna edáfica são capazes, ainda, de modificar as características físicas, químicas e biológicas do solo, constituindo-se em componentes importantes para a avaliação da organização e funcionamento do mesmo (Steffen et al., 2013).

Segundo Araújo e Ribeiro (2005), a fauna edáfica pode ser dividida em superficial e subterrânea e, conforme os hábitos alimentares, a subterrânea permanece no horizonte A, indo poucas vezes à superfície, sendo representada principalmente pelas ordens Coleoptera (besouros), Isoptera (cupins) e Oligochaeta (minhocas); os de superfície vivem na camada orgânica, o horizonte O, dependem dos resíduos orgânicos ali depositados para sua sobrevivência, e são decompositores de resíduos orgânicos, sofrendo alterações pelo uso da solo e ataque de predadores.

Apesar de ser reconhecida a importância da macrofauna para o equilíbrio e funcionamento dos ecossistemas, os poucos estudos realizados sobre a macrofauna edáfica em áreas de cana-de-açúcar no Brasil, restringem-se às regiões tropicais, sendo que a atual expansão canavieira para regiões subtropicais merece atenção (Pasqualin, 2012).

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento das macrofauna edáfica subterrânea em um sistema de produção orgânico de cana-de-açúcar.

3.4 Material e Métodos

3.4.1 Área de Estudo

As amostragens foram realizadas no Sítio Dois Irmãos, no município de Jaboti, PR, localizado na região norte pioneiro paranaense, nas coordenadas 23° 42' 11" S e 50° 07' 28"W, a 520 metros. O clima na região é subtropical Cfa (classificação de Koeppen), característico pela ocorrência de típicos verões quentes e úmidos, ocorrência de precipitação em todos os meses do ano e com temperaturas médias anuais nunca superiores a 20 °C e em que a temperatura mínima do mês mais frio nunca é menor que 0 °C (Figura 2). O solo local é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Bhering e Santos, 2008) (Figura 3).

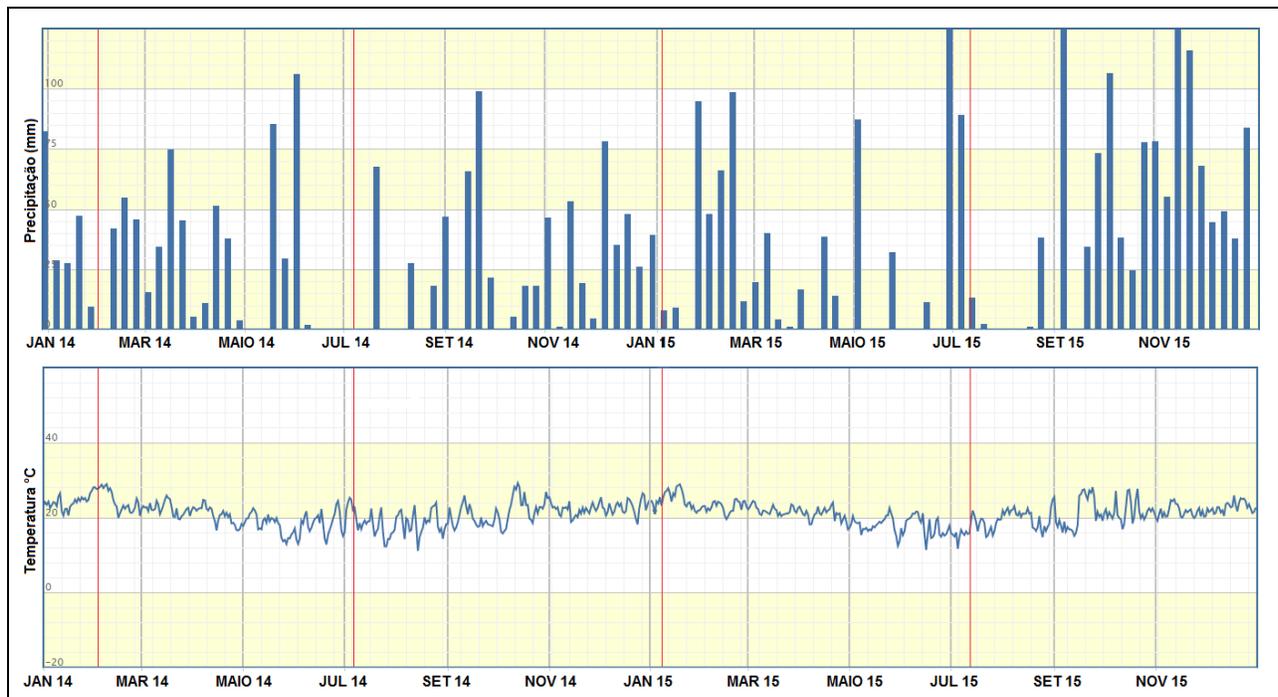


Figura 2 - Precipitação e temperatura do ano de 2014 e 2015 (dados da Estação Automática de Ibaiti/PR – INMET), demarcado em vermelho as datas das coletas.

A propriedade é caracterizada por ser de agricultura familiar, sendo sua principal atividade o cultivo orgânico de cana-de-açúcar, onde é utilizado os cultivares SP81-3250 e SP80-3280, em uma área de 15,6 hectares certificada pelo IBD Certificações.

A colheita da cana-de-açúcar ocorre de forma manual in natura, sem a utilização de queimada, sendo que a única alteração antrópica ocorrida no solo foi a realização da gradagem em fevereiro de 2014.

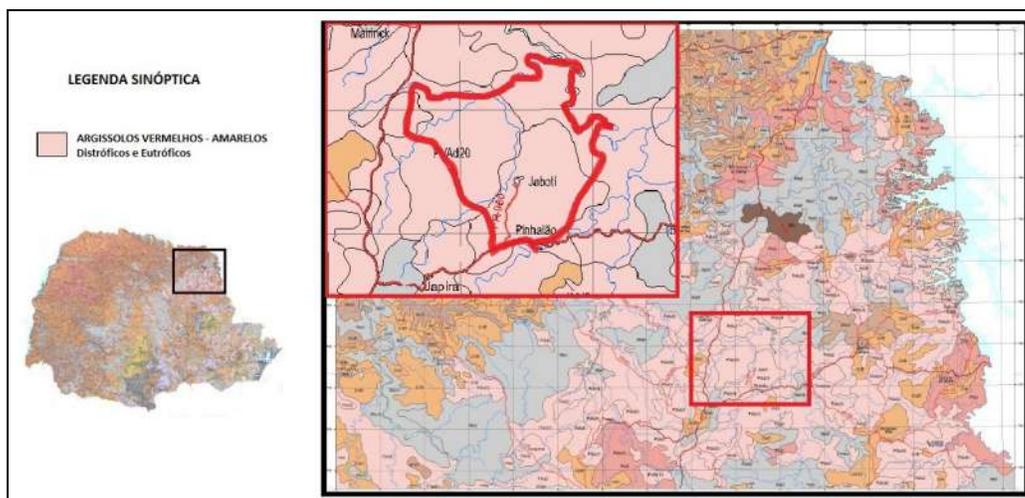


Figura 3 - Mapa geológico do Norte Pioneiro Paranaense, modificado de Bhering e Santos (2008).

Para obter as propriedades físicas e químicas do solo, foi feita uma análise composta de oito pontos em três profundidades, quais sejam 0–10, 10–20, 20–30 cm (Tabela 2).

Tabela 2 - Caracterização química de solo e umidade média, em três profundidades, Jaboti, PR.

Estrato	M.O. g/kg	pH CaCl ₂	P mg/dm ³	K -----	Ca cmol _c /dc ³	Mg -----	Al -----	Média da Umidade			
								Jan2014	Jul2014	Jan2015	Jul2015
00-10	22,8	5,3	24,3	0,39	7,9	2,3	0	18,39	14,00	21,07	19,56
10-20	9,4	5,9	7,6	0,21	6,2	1,8	0	17,27	13,15	20,00	18,73
20-30	8,1	5,7	11,6	0,23	5,7	2,2	0	16,11	12,64	19,98	17,44

3.4.2 Amostragem da Macrofauna

A análise biológica seguiu-se a metodologia proposta por Anderson e Ingram (1993) e foram realizadas em quatro ocasiões, nos meses de fevereiro de 2014/15 (verão) e nos meses de julho de 2014/15 (inverno).

Em cada época de coleta foram amostrados 10 pontos de forma aleatória, equidistantes no mínimo em 10 metros, em três profundidades: 0–10, 10–20, 20–30 cm, totalizando 30 amostras na área. Em cada ponto foi retirada uma porção de terra, 25 x 25 x 30 cm, com um monólito metálico, este foi cravado no solo, com auxílio de marretas, até sua parte superior se nivelar ao solo. Em seguida foi escavada uma trincheira ao lado do monólito, com auxílio de um enxadão, para sua retirada (Figura 4).

O solo contido no interior do monólito metálico foi dividido em três camadas, 0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm. Sendo que cada camada foi acondicionado em sacos plásticos, identificados, lacrados e transportados para o laboratório para posterior contagem, identificação e pesagem dos indivíduos.



Figura 4 – Coleta da amostra com a utilização do gabarito metálico, metodologia modificada de Tropical Soil Biology and Fertility – TSBF (Anderson & Ingram, 1993)

De cada amostra do TSBF foram amostrados a umidade, que se faz pela diferença de peso entre uma amostra antes e após secagem na estufa, à 105°C, por 24 horas (Frighetto e Valarini, 2000).



Figura 5 – Triagem sob observação direta, do material coletado em três estratos, 00-10cm, 10-20cm e 20-30cm, metodologia modificada de Tropical Soil Biology and Fertility – TSBF (Anderson & Ingram, 1993).

O solo de cada amostra passou por uma triagem manual, com auxílio de pinças metálicas (Figura 5). Os indivíduos coletados eram conservados em frascos devidamente etiquetados, contendo álcool 90%, para posterior identificação (Figura 6).

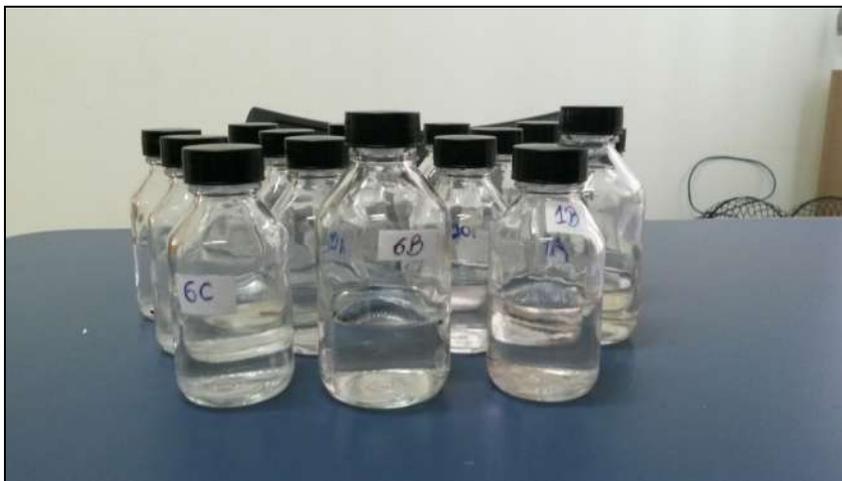


Figura 6 – Armazenamento dos Indivíduos coletados em frascos contendo álcool 92%.

A classificação taxonômica foi feita a níveis de família, gênero e espécie, a partir de Righi (1990) e Blakemore (2002). Os valores obtidos para a

biomassa e densidade populacional foram expressos em gramas por metro quadrado (g/m^2) e indivíduos por metro quadrado (ind/m^2).

3.4.3 Análise de dados

Todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk. Os dados de abundância total e riqueza, nas diferentes épocas de coleta, foram transformados em $\log(x+1)$ e submetidos aos teste de médias Fisher LSD ($p < 0,05$) utilizando o programa Statistica v7.0. A análise de componentes principais (ACP) também foi realizada para os grupos das macrofauna encontrados, abundância total e riqueza em relação às épocas de coleta utilizando o programa CANOCO versão 4.5.

3.5 Resultados e Discussão

No total coletou-se $5.760 \text{ ind}/\text{m}^2$, destes, $4.272 \text{ ind}/\text{m}^2$ foram encontrados nos períodos de verão (2014/15) e outros $1.488 \text{ ind}/\text{m}^2$ nos invernos. Quando analisamos a distribuição vertical dos indivíduos, de uma forma geral, observa-se a maior ocorrência da macrofauna na porção superior do solo, condição esta similar a encontrada por Freitas e Dionisio (2014).

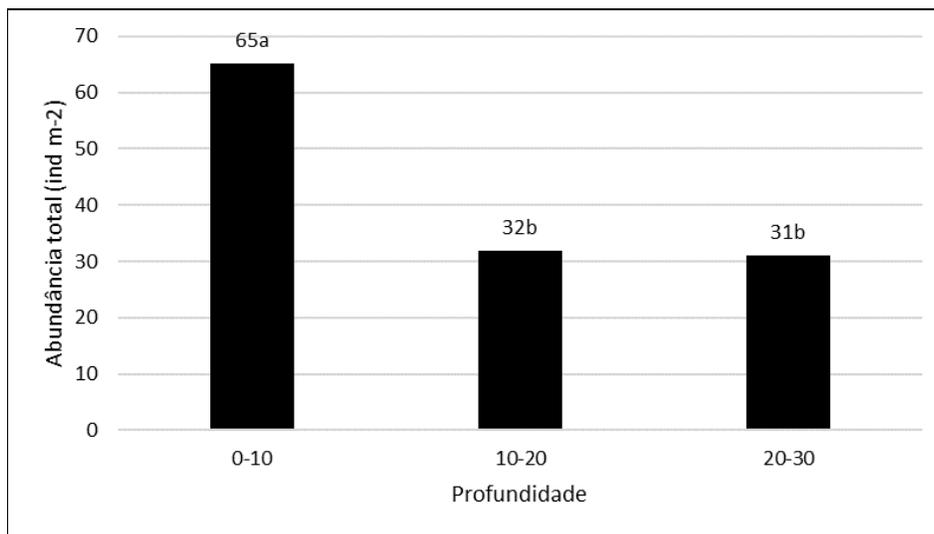


Figura 7 - Dados de abundância total nas diferentes profundidades transformadas em $\log(x+1)$ e submetidas aos testes de médias Fisher LSD ($p < 0,05$).

A presença de cobertura no solo contribui para o aumento da disponibilidade de energia associada à existência de novos habitats favoráveis à colonização dos organismos invertebrados (Silva, 2007).

A maior abundância desses animais na camada superficial do solo, é devido ao uso da cobertura vegetal com a palhada da cultura da cana-de-açúcar, que influencia positivamente na qualidade do solo (Portilho et al., 2011),

Nas porções superiores, pode-se observar a existência de pH favorável e maior teor de matéria orgânica e umidade (Tabela 2). Isso ocorre pela decomposição dos resíduos vegetais, que permitem o estabelecimento de populações de invertebrados (Shinitzer, 1991; Lopez, 2005).

Em relação a distribuição entre as estações do ano, se destaca a primeira coleta, ocorrida no verão de 2014, onde houve uma maior presença da macrofauna de forma geral (Figura 8), diferentes fatores podem provocar essas alterações como a qualidade e quantidade da matéria orgânica na cobertura, que podem ter origem em mudanças climáticas alterando o meio físico e/ ou por ações antrópicas (Khorramdel et.al., 2013)

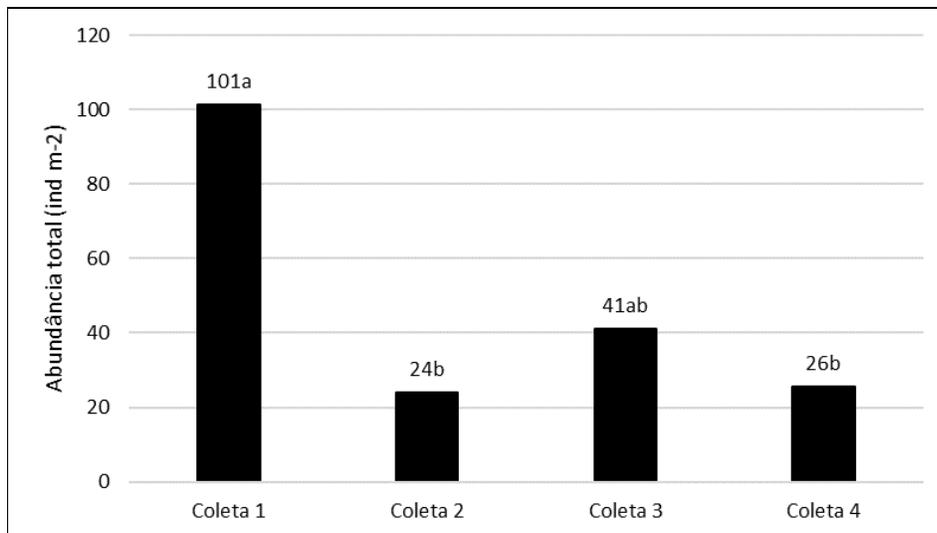


Figura 8 - Dados de abundância total nas diferentes épocas de coleta transformados em $\log(x+1)$ e submetidos aos teste de médias Fisher LSD ($p < 0,05$).

A perturbação ocorrida no solo, onde o proprietário gradeou a área de cultivo para controle das plantas espontâneas, ocorrida após a primeira coleta, pode ter influenciado na população local de artrópodes, reduzindo o número de indivíduos nas coletas posteriores.

Sautter et al., (2007), relatam que em sistemas de plantio convencionais, onde ocorre perturbação física do solo, ocorre a redução das populações de invertebrados nos agrossistemas. Isso acontece devido à movimentação provocada pelos implementos agrícolas, que além de reduzir o carbono disponível para alimentação, as expõem à predação, e provocam altas taxas de mortalidade pela mecanização. (Paoletti, 1999).

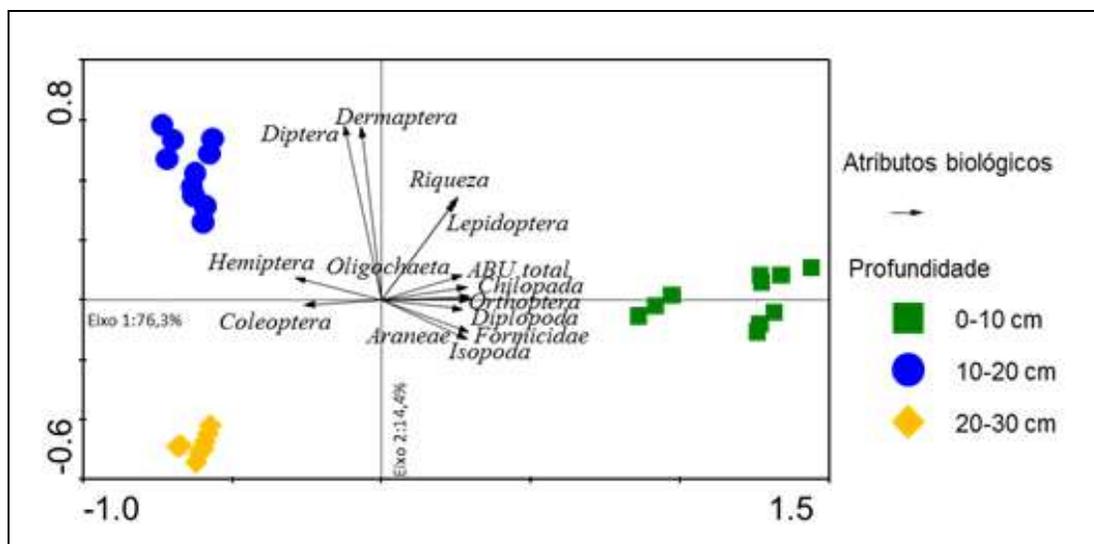


Figura 9 - Análise de Componentes Principais dos grupos das macrofauna encontrados, abundância total e riqueza em relação às diferentes profundidades amostradas.

A análise de componentes principais (ACP) dos grupos das macrofauna encontrados, abundância total e riqueza em relação às épocas de coleta, demonstrada através da relação entre o Eixo 1 com 25,9% e o Eixo 2 com 14,02% de variabilidade total, uma correlação entre os grupos Chilopoda, Orthoptera, Diplopoda, Formicidae, Isopoda, Araneae e também abundância total com as coletas nas profundidades superiores. Os grupos Dermoptera, Diptera e Hemiptera se correlacionam com as coletas nas profundidades intermediárias (Figura 9).

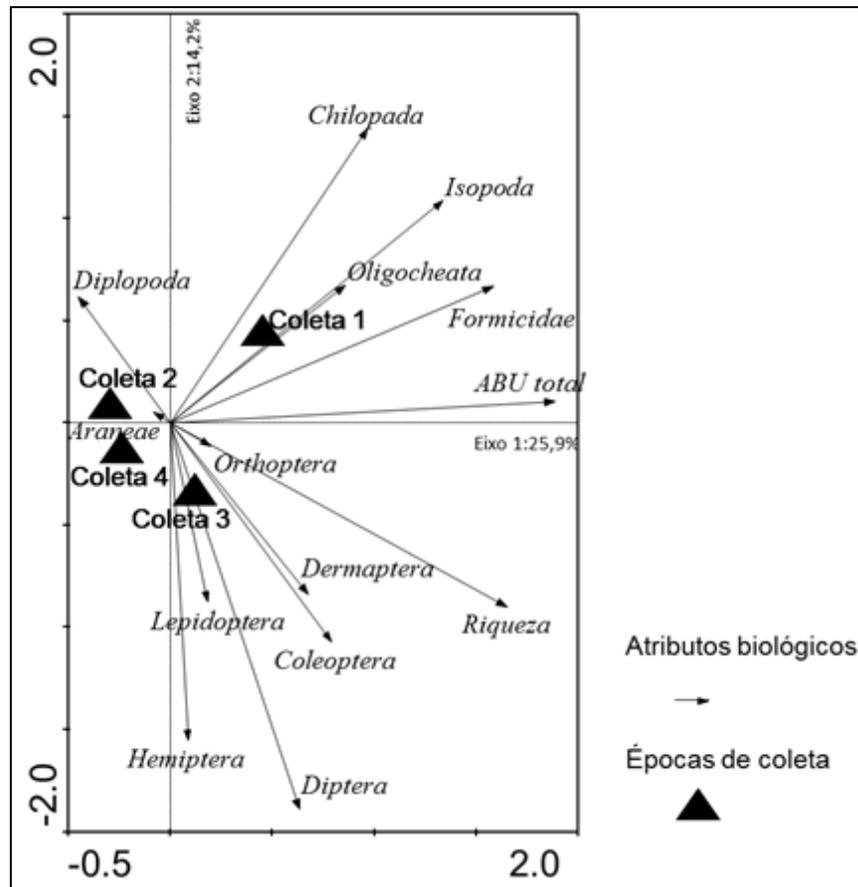


Figura 10 - Análise de Componentes Principais dos grupos das macrofauna encontrados, abundância total e riqueza em relação às épocas de coleta

A ACP dos grupos das macrofauna encontrados, abundância total e riqueza em relação às diferentes profundidades amostradas, sendo que o eixo 1 explica 76,3% da variabilidade total e o eixo 2 14,4% (Figura 10), se observa uma correlação entre o Eixo 1 com a primeira coleta, os grupos Formicidae, Oligocheatas, Isopoda e Chilopoda e a abundancia total. Todos se apresentando autovetores positivos.

Dentre os individuos da macro fauna coletados se destaca, por sua importância de bioindicador de perturbação ambiental, a minhocas *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857).

A *P. corethrurus*, conhecida popularmente como minhoca-mansa, é uma espécie nativa da região neotropical da América do Sul, mas amplamente



distribuída no Brasil, devendo ser considerada como exótica no Paraná (Brown et al., 2006; Sautter et al., 2007).

Ela pode ser encontrada em diversas condições de umidade e temperatura, e tipos de solo, por ser tolerante a alterações nas propriedades físico-químicas do solo (Vannucci, 1953). É uma espécie endógena e invasora, que geralmente coloniza solos tropicais perturbados competindo com espécies nativas, onde a população é reduzida (Lavelle et al., 1987; Gonzalez et al., 2006).

De acordo com Fragoso et al. (1999), as espécies nativas apenas persistem onde a influência antrópica não é significativa e a vegetação nativa não foi substituída. As espécies nativas de minhocas são raramente encontradas em locais transformados ou intensivamente manejados (Bartz, 2009).

3.6 Conclusão

Entre as estações onde as coletas foram realizadas a primeira coleta, realizada no verão de 2014, apresentou maior densidade populacional da macrofauna edáfica, sendo que no segundo ano as coletas apresentaram uma redução desses valores no local de estudo, devido a fatores climáticos, mas principalmente de manejo do solo.

Entre os estratos analisados a camadas superficiais do solo apresentou maior abundância de indivíduos, devido a maior concentração de matéria orgânica, umidade e presença de pH favorável.

Entre os indivíduos coletados, se destaca a minhoca *P. corethrurus*, espécie perigrina por sua alta adaptabilidade a ambientes antropizados, sugerindo que o solo no local de estudo apresenta perturbações.



4 ARTIGO B: MACROFAUNA EPIGÉICA EM CANA-DE-AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO

4.1 Resumo

A cultura da cana-de-açúcar é um agroecossistema que corresponde ao nicho de diversas espécies de artrópodes. Os artrópodes edáficos são capazes de modificar as características físicas, químicas e biológicas do solo. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento populacional da fauna epigéica em um sistema de produção orgânico de cana-de-açúcar. As coletas foram realizadas nas estações de verão e inverno dos anos de 2014 e 2015. Em cada análise foram definidos dez pontos amostrais e, sendo que em cada um, foram instaladas três armadilhas de coleta do tipo pitfall. Os insetos foram triados e catalogados, em observação direta. Os valores obtidos de abundância foram expressos em valores totais. As estações de verão apresentaram uma maior abundância e riqueza média de insetos coletados. A ordem dominante foi a Hymenoptera representada em sua maioria pela família Formicidae.

Palavras-chave: produção orgânica, macrofauna epigéica, biodiversidade do solo.

ARTICLE B: EPIGEIC MACROFAUNA IN ORGANIC SUGAR CANE SYSTEM

4.2 Abstract

The cultivation of sugar cane is an agro-ecosystem that matches the niche of several species of arthropods. Edaphic arthropods are also able to modify the physical, chemical and biological characteristics of the soil. The objective of this study was to survey of the epigeic fauna in an organic production system of sugarcane. Samples were collected in the summer and winter seasons of 2014 and 2015. In each analysis, ten sampling points were defined and three pitfall traps was installed in each point. Insects were sorted and cataloged in direct observation. Values obtained of abundance were expressed in total values. Summer times show higher abundance and medium of collected insects. The most dominant order was Hymenoptera, which was mostly represented by the family Formicidae.

Keywords: organic production, macrofauna epigeic, soil biodiversity.



4.3 Introdução

Em agroecossistemas, os reguladores biológicos podem ser divididos em três subsistemas: plantas, herbívoros e decompositores, agrupados em biota produtiva, biota destrutiva e biota recurso (Swift e Anderson, 1993).

A cultura da cana-de-açúcar, corresponde a biota produtiva, pela produção de alimento, fibra ou outros produtos para consumo. Esse sistema de monocultura abriga diversas espécies de artrópodes que dependendo de sua natureza, biota recurso ou biota destrutiva, podem exercer funções importantes para sistema ou ocasionar sérios prejuízos econômicos (Santos, 2013; Aquino 2005).

Os insetos benéficos, membros da biota recurso, contribuem positivamente para a produtividade do sistema, seja aumentando as taxas de decomposição e mineralização ou também o controle da população de insetos pragas (Parra et al., 2002; Brown et al., 2009). Já os insetos pragas fazem parte da biota destrutiva, se alimentam de partes da planta, tanto acima quanto abaixo do solo, durante uma determinada fase do seu ciclo de vida, levando a uma diminuição potencialmente importante na produção de plantas (Aquino 2005.)

O reconhecimento desses insetos consiste um importante indicador das alterações ecológicas nos agroecossistemas, por serem sensíveis as mudanças induzidas por atividades antrópicas e naturais ao solo e à sua cobertura vegetal.

Tais distúrbios podem alterar a distribuição da fauna do solo à medida que alteram a disponibilidade de recurso alimentar e habitat, assim modificando as interações ecológicas intra e interespecíficas. Já as práticas conservacionistas, como o uso de adubos verdes, plantio direto e sistemas orgânico podem afetar positivamente as populações da fauna do solo. (Brown et al. 2009).

Uma produção de monocultura em sistema de produção orgânico apresenta distintas condições, fornece um único substrato orgânico, podem provocar perdas de diversidade biológica do solo, mas o não uso de produtos químicos contribui para melhor qualidade do solo e aumento da biomassa microbiana e artrópode, assim, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da macrofauna epigéica em um sistema orgânico de cana-de-açúcar.

4.4 Material e Métodos

4.4.1 Área de Estudo

As amostragens foram realizadas no Sítio Dois Irmãos, no município de Jaboti, localizado na região norte pioneira paranaense, nas coordenadas 23° 42' 11" S e 50° 07' 28" W, a 520 metros. O clima na região é subtropical Cfa (classificação de Koeppen), característico pela ocorrência de típicos verões quentes e úmidos, ocorrência de precipitação em todos os meses do ano e com temperaturas médias anuais nunca superiores a 20 °C e em que a temperatura mínima do mês mais frio nunca é menor que 0 °C (Figura 11). O solo local é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Bhering e Santos, 2008) (Figura 12).

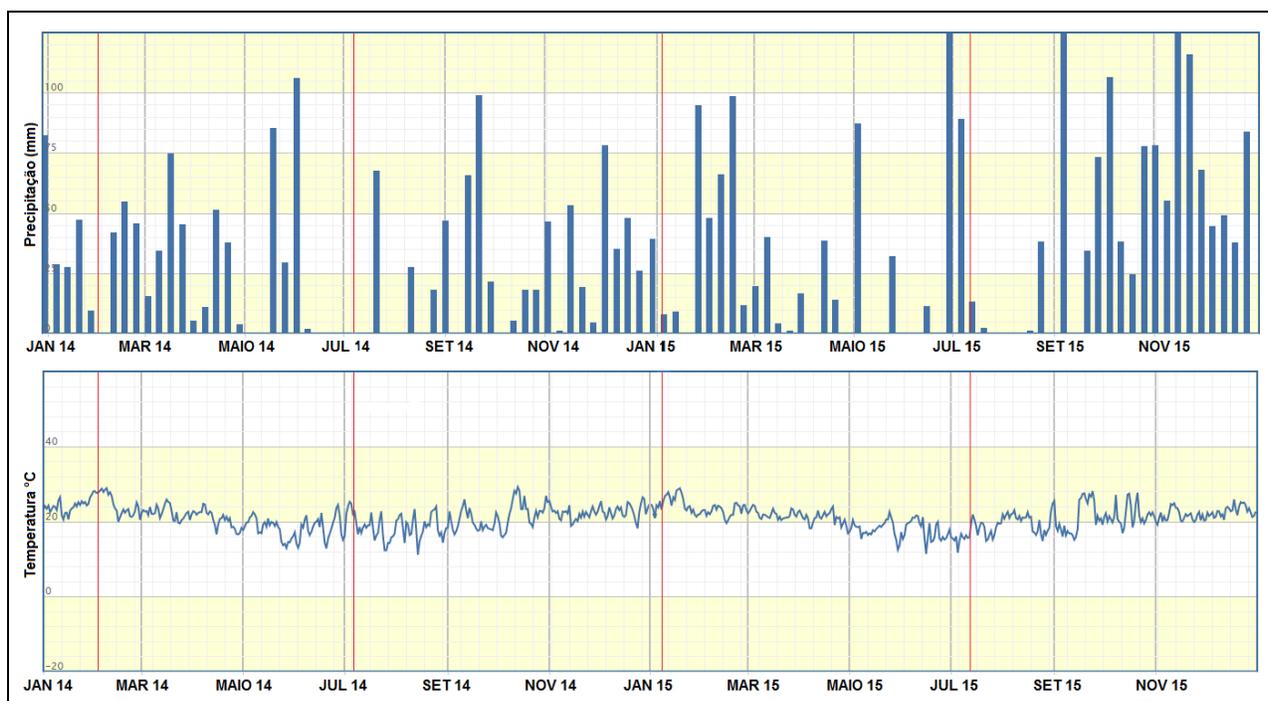


Figura 11 - Precipitação e temperatura do ano de 2014 e 2015 (dados da Estação Automática de Ibaiti/PR – INMET), demarcado em vermelho as datas das coletas.

A propriedade é caracterizada por ser de agricultura familiar, sendo sua principal atividade o cultivo orgânico de cana-de-açúcar, onde é utilizado os cultivares SP81-3250 e SP80-3280, em uma área de 15,6 hectares certificada pelo IBD Certificações.

A colheita da cana-de-açúcar ocorre de forma manual in natura, sem a utilização de queimada, sendo que a única alteração antrópica ocorrida no solo foi a realização da gradagem em fevereiro de 2014.

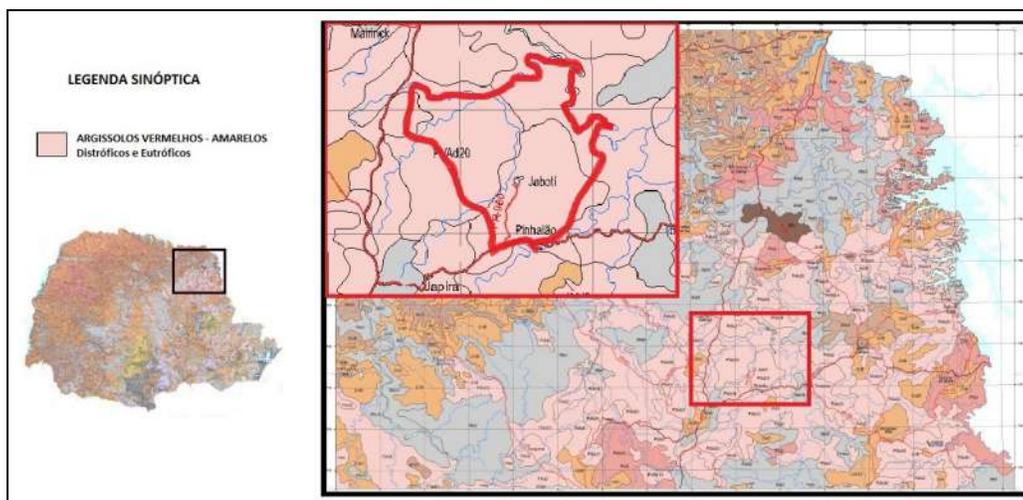


Figura 12 - Mapa geológico do Norte Pioneiro Paranaense, modificado de Bhering e Santos (2008).

Para obter as propriedades físicas e químicas do solo, foi feita uma análise composta de oito pontos em três profundidades, quais sejam 0–10, 10–20, 20–30 cm (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização química de solo e umidade média, em três profundidades, Jaboti, PR.

Estrato	M.O. g/kg	pH CaCl ₂	P mg/dm ³	K -----	Ca cmol _c /dc ³	Mg -----	Al -----	Média da Umidade			
								Jan2014	Jul2014	Jan2015	Jul2015
00-10	22,8	5,3	24,3	0,39	7,9	2,3	0	18,39	14,00	21,07	19,56
10-20	9,4	5,9	7,6	0,21	6,2	1,8	0	17,27	13,15	20,00	18,73
20-30	8,1	5,7	11,6	0,23	5,7	2,2	0	16,11	12,64	19,98	17,44

4.4.2 Amostragem da Macrofauna

As análises biológicas foram realizadas em quatro ocasiões, nos meses de fevereiro de 2014/15 (verão) e nos meses de julho de 2014/15 (inverno). Em cada época de coleta foram amostrados 10 pontos de forma aleatória, equidistantes no mínimo em 10 metros e instaladas três armadilhas tipo Pitfall (Figura 13), a uma distância mínima de cinco metros entre si, estas após

permaneceram no local por 48 horas, foram recolhidas e os artrópodes capturados foram armazenados em álcool 90 % para posterior identificação em nível de ordem.



Figura 13 - Armadilha do tipo Pitfall instalada em um sistema orgânico de cana-de-açúcar em Jaboti, PR.

4.4.3 Análise de dados

Os valores obtidos foram analisados em seus totais. Uma análise de componentes principais (ACP) foi realizada para os grupos da macrofauna epigeica, abundância total e riqueza em relação às épocas de coleta para armadilhas Pitfall, sendo que o eixo 1 explica 28,8% da variabilidade total e o eixo 2 18,2%, utilizando o programa CANOCO versão 4.5.

4.5 Resultados e Discussão

Firam coletados um total de 1.223 indivíduos (Figura 14), tendo a riqueza máxima de sete táxons (Tabela 15), sendo coletados os seguintes grupos em ordem decrescente: Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Araneae, Diptera, Orthoptera, Dermaptera, Lepidoptera.

Dentre as estações, os períodos de verão apresentaram maior número de indivíduos coletados em relação às estações de inverno, por ser uma ambiente mais favorável para proliferação desses organismos (Figura 14). A riqueza média apresentou um maior valor nas estações de verão, tendo com valor máximo alcançado no verão de 2015 (Figura 15).

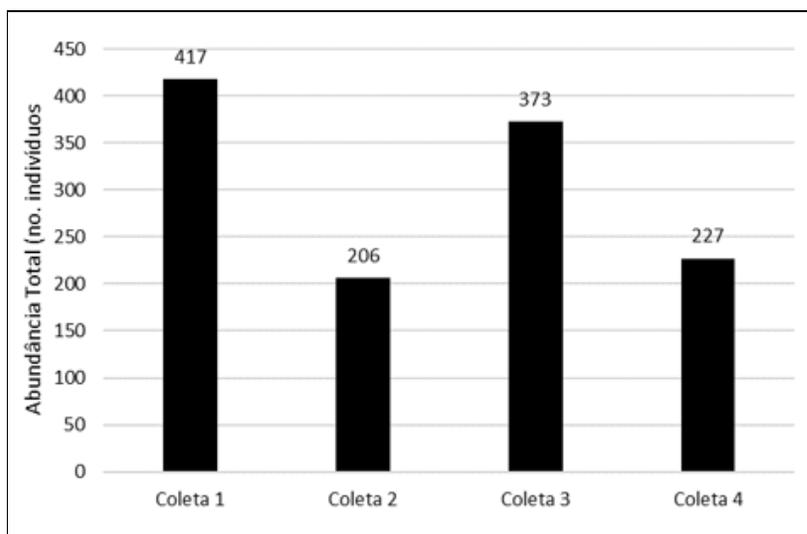


Figura 14 - Abundância total em cada época de coleta em um sistema orgânico de cana-de-açúcar, Jaboti, PR. (coleta 1 fevereiro de 2014, coleta 2 julho de 2014, coleta 3 fevereiro de 2015 e coleta 4 julho de 2015).

Os padrões da abundância e riqueza de insetos são sincronizados com o clima e com a disponibilidade de recursos alimentares, podendo variar sazonalmente. A entomofauna, de forma geral, se desenvolve melhor em temperaturas elevadas (Silveira Neto et al. 1976), pois a temperatura tem uma relação positiva com abundância de diferentes grupos de insetos, aumento na qualidade e quantidade da matéria orgânica e na cobertura (Antonini et al., 2005; Bernardi et al., 2010; Costa et al., 2010).

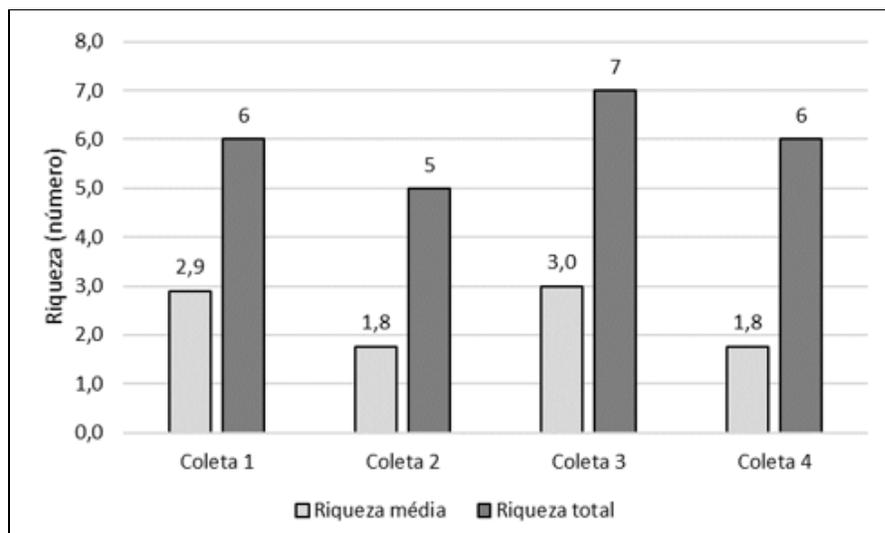


Figura 15 - Riqueza média e total da macrofauna edáfica em sistema de cultivo orgânico de cana-de-açúcar, Jaboti, PR.

A ACP dos grupos das macrofauna encontrados, abundância total e riqueza em relação às épocas de coleta para armadilhas Pitfall estão ilustradas na Figura 16, sendo que o eixo 1 explica 28,8% da variabilidade total e o eixo 2 18,2%. Observa-se uma correlação entre a Coleta 3 com os grupos Araneae, Coleoptera, Orthoptera e Hemiptera, além da riqueza total. A coleta 1, verão de 2014, se relaciona com os grupos Dermaptera e Formicidae além da abundância total.

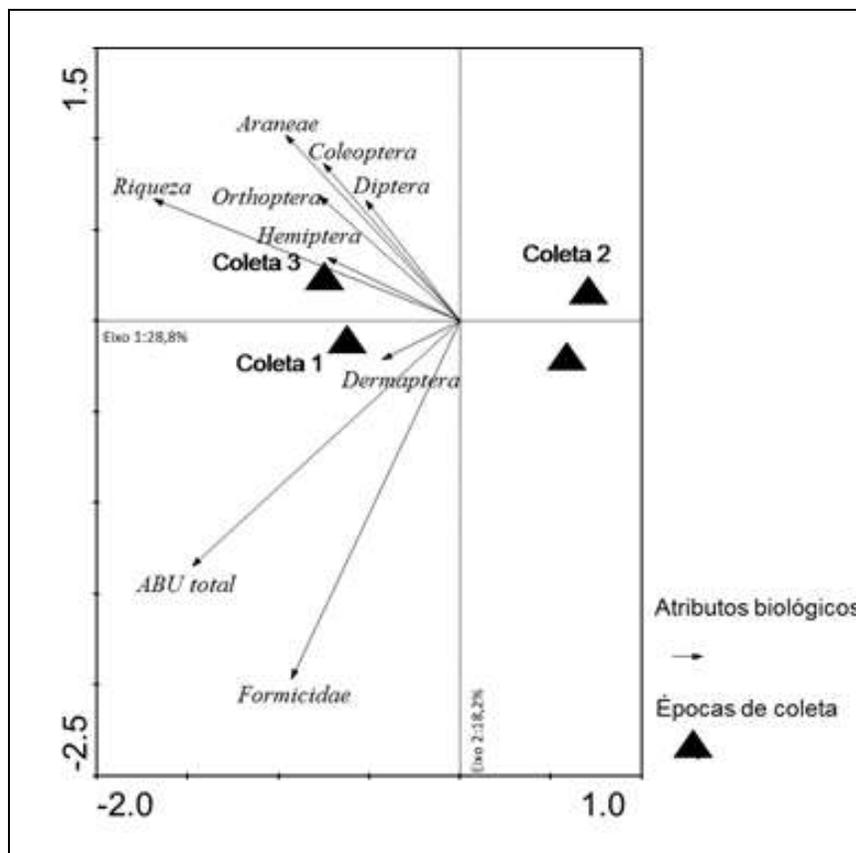


Figura 16 - Análise de Componentes Principais dos grupos das macrofauna encontrados, abundância total e riqueza em relação às épocas de coleta para armadilhas Pitfall em um sistema de cultivo orgânico de cana-de-açúcar, Jaboti PR.

Em relação à frequência dos taxa e sua distribuição nas diferentes épocas de coleta, observa-se a dominância da Família Formicidae (Figura 17), resultado que corrobora ao encontrado por Lima et al., (2010) e Vargas et. al., (2013). Essa família frequentemente predomina nas amostras em ambientes

terrestres e é caracterizada por sua natureza comportamental, bem como a estrutura de suas comunidades (Hölldobler e Wilson, 1990; Correia et al., 2003; Pereira et al., 2007).

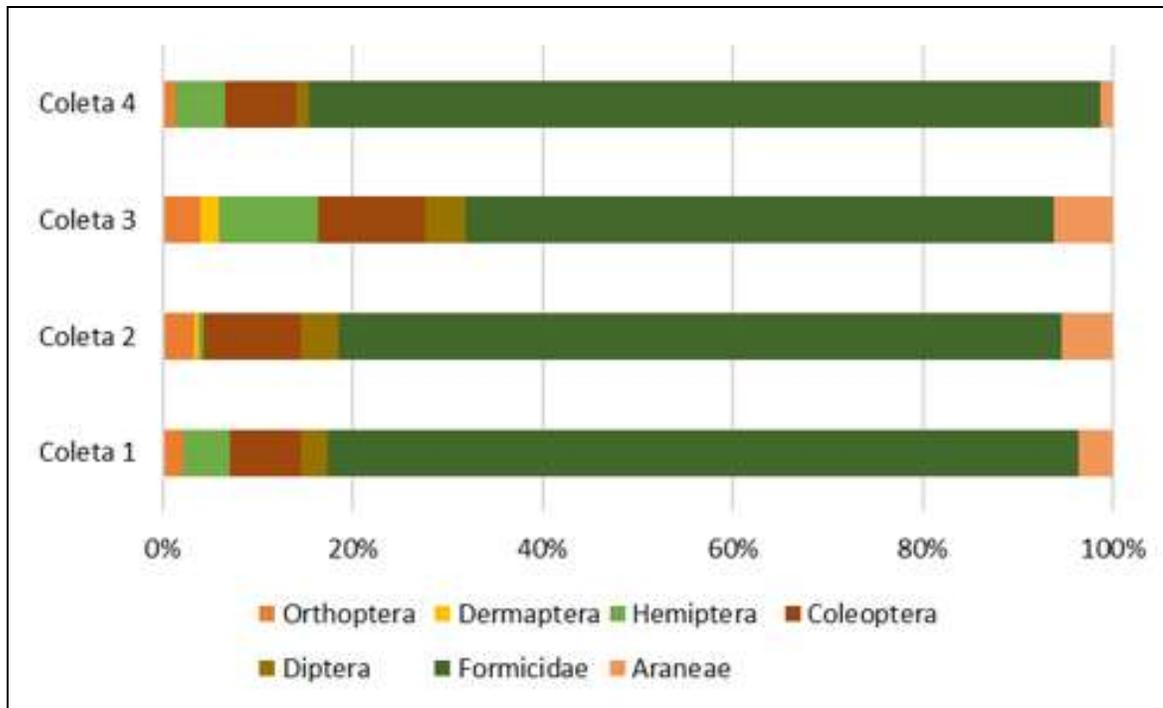


Figura 17 - Frequência dos taxa nas quatro estações utilizando armadilha tipo pitfall, Jaboti, PR.

Dentre as formigas obtidas se destacam os gêneros, *Solenopsis*, *Paratrechina*, *Hypoponera* e *Camponotus* pelo seu habito predador, e na função de seu papel ecológico tem o potencial em reduzir o tamanho das populações de insetos nocivos.

As formigas predadoras formam um importante grupo de inimigos naturais de pragas de canaviais, o gênero *Solenopsis* é considerado um importante agente de controle biológico de estágios larvais iniciais e ovos de *Diatraea saccharalis* (fabr., 1794) praga chave na cultura da cana-de-açúcar (Carvalho e Souza, 2002; Pinto 2009; Guzzo e Negrisoni Jr., 2012).

Os gêneros *Paratrechina* e *Camponotus* são predadores de ninfas e adultos da cigarrinha *Mahanarva fimbriolata* (Stal., 1854) que é uma importante praga da raiz da cana crua (Mendonça e Mendonça, 2005).



Já o gênero *Hypoponera* é identificado como um predador generalista que ocupa distintas funções nas relações tróficas da fauna edáfica, sendo que sua presença pode contribuir para o controle natural de insetos nocivos aos cultivos (Silva et al., 2006; Crepaldi et al., 2014).

Além da atividade predatória a presença desses organismos é responsável pela quebra de agregados e deposição de pequenos grânulos na superfície do solo, tendo assim um efeito descompactante e devido a essas atividades, facilitando a movimentação da água e a trocas gasosas por aumentarem a porosidade do solo (Lavelle et al., 1997; Queiroz et al. 2006).

4.6 Conclusão

O sistema de cultivo orgânico de cana-de-açúcar apresentou uma maior interação da abundância e riqueza de artrópodes nas estações de verão.

Entre os elementos da macrofauna epigéicos a família Formicidae foi a mais frequente, tendo com destaque os gêneros *Solenopsis*, *Paratrechina*, *Ponerinae* e *Camponotus*.



5 CONCLUSÕES GERAIS

Com o primeiro estudo foi possível constatar maior quantidade de indivíduos no período do verão de 2014, com uma menor presença dos engenheiros do solo após o manejo do solo ocorrido nas coletas subsequentes, dando destaque à minhoca *P. corethrurus*, espécie peregrina com alta adaptabilidade á ambientes antropizados.

O Segundo estudo foi possível constatar a manutenção dos organismos superficiais após o manejo do solo no local de estudo, sendo que a frequência observada pelas coletas foi família Formicidae, com destaque as formigas predadoras benéficas ao sistema de produção.

O local de estudo, uma monocultura sob um sistema orgânico de produção, apresenta características de um ambiente antropizado, mas fornece condições para presença de insetos benéficos ao sistema agroecológico.



6 REFERÊNCIAS:

ALMEIDA FILHO, A. J. de. **Impacto ambiental da queima da cana-de-açúcar sobre a entomofauna**. 1995. 90f. (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” -Piracicaba/ USP, 1995.

ALMEIDA, L. M., RIBEIRO-COSTA, C. S. R., MARINONI, L., **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 88p.

ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. In AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (eds.), **Ants: Standard Methods For Measuring And Monitoring Biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000, p. 1-8.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3 ed. Rio de Janeiro: AS/PTA, 2012.

ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport process in soils. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 25, p. 5-14, 1988.

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 221p.1993.

ANDERSON, M. **Australian termites and nutrient recycling**. Iowa: BIOL, 2005. 394p.

ANDRADE, L. M. S.; BERTOLDI, M. C. B. Atitudes e motivações em relação ao consumo de alimentos orgânicos em Belo Horizonte – MG. **Food Technology**, p. 31-40. 2012.

ANTONINI, Y.; SOUZA, H.G.; JACOBI, C.M.; MURY, F.B. 2005. Diversidade e Comportamento dos Insetos Visitantes Florais de *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae), em uma Área de Campo Ferruginoso, Ouro Preto, MG. **Neotropical Entomology**, 34 (4): 555- 564.

AQUINO, A. M., CORREIA, M. E. F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 52 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 201).

AQUINO, A. M. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologi, 2001. 21 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 130).

AQUINO, A. M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**.



Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005.

ARAÚJO E. A.; RIBEIRO G. A.. Impactos do fogo sobre a entomofauna do solo em ecossistemas florestais. **Natureza & Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 75-85, 2005

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: Vargas, M. A. T.; HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina:EMBRAPA-CPAC, 1997. P.363-443

BARETTA D., SANTOS J. C. P., MAFRA, Á. L., WILDNER L. P., MIQUELLUTI D. J., Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, Lages, v.2, n.2, p.97-106, 2003.

BARETTA, D. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L. (Org.). In: **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011, v. 7, p. 119-170.

BAROIS, I. **Interactions entre les Vers de Terre (Oligochœta) tropicaux géophages et la microflore pour l'exploitation de la matière organique du sol**. PhD thesis, University of Paris VI. 301 pp. 1987.

BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian No-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, v. 69, n. 7, 39-48, 2013.

BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M.; SANTOS, A. S.; MACHADO, L. A.; ALVES, S. B. Eficiência de isolamento de *Metarhizium anisopliae* no controle de cigarrinhada-raiz da cana-de-açúcar (*Mahanarva fimbriolata*) (Hom. Cercopidae). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 309-314, 2003.

BENGTSSON, J. *et al.* The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta analysis. **Journal of Applied Ecology**, n.42. p. 261-269. 2005.

BERTI FLHO, E., Cupins em florestas. In: BERTI FILHO, E., FONTES, L.R. (Ed.) **alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. P. 127-140.

BESTELMEYER, B. T., AGOSTI, D., ALONSO, L. E., BRANDÃO C. R. F., BROWN Jr, W. L., DELABIE, J. H. C., SILVESTRE, R. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation,. In AGOSTI D, MAJER J. D., ALONSO L., SCHULTZ T. R. Eds, **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity Washington, Smithsonian Institution press**, 280p, 2000. p. 122-144

BESUCHET, C., BURCKHARDT, D.H., LOBI, I., The 'Winkler / Moczarski' elector as an efficient extractor for fungus and litter coleoptera. **Coleopt.** Bull. 41, 392-4. 1987.



BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (Ed.). **Mapa de Solos do Estado do Paraná: Legenda Atualizada**. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial, 2008. 74 p.

BIGNELL, D., CONSTANTINO, R., CSUZDI, C. KARYANTO. A., KONATÉ, S., LOUZADA, J. N. C., SUSILO, F. X., TONDOH, J. E., ZANETTI, R., Macrofauna. In: MOREIRA, Fatima M. S. et al. **Manual de Biologia dos Solos Tropicais: Amostragens e Caracterização da Biodiversidade**. Lavras: Ufla, 2010. p. 79-128.

BIRKHOFFER, K.; BEZEMER, T.M.; BLOEM, J.; BONKOWSKI, M.; CHRISTENSEN, S.; DUBOIS, D.; EKELUND, F.; FLIESSBACH, A.; GUNST, L.; HEDLUND, K.; MÄDER, P.; MIKOLA, J.; ROBIN, C.; SETÄLÄ, H.; TATIN-FROUX, F.; VAN DER PUTTEN, W.H.; SCHEU, S. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: implications for soil quality, biological control and productivity. **Soil Biology & Biochemistry**, v.40, p.2297-2308, 2008.

BLAKEMORE, R.J. **Cosmopolitan earthworms - an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world**. Kippax: VermEcology, 2002. 426p. CD-ROM.

BOLICO C. F., CARRASCO D. S., D'INCAO F., Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de duas marismas do estuário da Lagoa dos Patos, RS: diversidade, flutuação de abundância e similaridade como indicadores de conservação. **EntomoBrasilis** 5 (1): 11-20 2012.

BONE, J., HEAD, M., Barraclough, D., Archer, M. Scheib, C., Flight, D., Voulvoulis, N., Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. **Environment International**, v. 36, n. 6, p. 609-622, 2010.

BRANDÃO, C. R. F., MAYHÉ-NUNES A. J., A new fungus-growing ant genus, *Mycetagroicus* gen.n., with the description of three new species and comments on the monophyly of the Attini (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology** 38: 639–664. 2001.

BRANDÃO, C.R.F., Família Formicidae, p. 213-223. In: Joly, C.A. & C.E.M. Bicudo (Eds.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**, Vol. 5: Invertebrados Terrestres / Brandão C. R. F., CANCELLO E. M. – São Paulo: FAPESP. 1999.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dez. 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 de dez. 2003, Seção 1, p. 8.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MAPA. (Org.). **Cadastro Nacional de Organismos de Certificação**. 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos/cadastro-nacional/>>. Acesso em: 01 abr. 2015.



BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MAPA. Normativa nº 46 revisada pela Instrução Normativa nº 17. 18 de junho de 2014.

BREZNAK, J.A. Biochemical aspects of symbiosis between termites and their intestinal microbiota, In: **Invertebrate-microbial interactions** (Ed by J.M. Anderson, A.D.M. Rayner and D.W.H. Walton), pp. 173-24. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1984.

BROWN Jr., K. S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. in: Martos, H. L. & N. B. Maia (eds). **Indicadores ambientais**. Sorocaba: PUCC/Shell Brasil. 1997. p. 143-155.

BROWN Jr., K. S. Conservation of neotropical environments: Insects as Indicators. in: Collins, N. M. & J. A. Thomas (eds.). **The conservation of insects and their habitats**. Academic Press, London. 1991 Pp. 349-404.

BROWN, G.G., DOMÍNGUEZ, J. - Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. **Acta Zoológica Mexicana**, 26, Número especial 2: 1-18. 2010.

BROWN, G.G., JAMES, S.W. - Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: Brown, G.G. e Fragoso, C. (Ed.) - **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia**. Londrina, Embrapa Soja, p. 297-381. 2007.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENTO, N.P.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: Diversity, distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v.42, p.339-358, 2006.

BROWN, G. G., JAMES, S. W., Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C., **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia**. Londrina: Embrapa, 2007. p. 299-396.

BROWN, G.G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? **Plant Soil**, 170:209-231, 1995.

BROWN G. G., MASCHIO W, FROFE L. C. M., **Macrofauna do Solo em Sistemas Agroflorestais e Mata Atlântica em Regeneração nos Municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR**. Colombo, PR. Embrapa Florestas. 2009. (Embrapa Florestas *Documentos 184*)

BROWN, G.G., MORENO A. G., BOROIS, I. FRAGOSO, C., ROJAS, P. HERNÁNDEZ, B. PATRÓN, J. C. Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures, **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 103p. 2004.



- BRUSSAARD, L., PULLEMAN, M.M., OUÉDRAOGO, E., MANDO, A., & Six, J. Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. **Pedobiologia**, 50: 447–62. 2007.
- BURGER, J. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. **Environmental Bioindicators**, v.1, p.22-39, 2006.
- BUTLER, J.H.A.; BUCKERFIELD, J.C. Digestion of lignin by termites. **Soil Biol. Biochem.** 11,507-513. 1979.
- CALDAS, C. Formigas e plantas: troca de favores e benefícios mútuos. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v.59, n.4, p.12-13, 2007.
- CALDERON, R. A.; CONSTANTINO, R. A Survey of the Termite Fauna (Isoptera) of an Eucalypt Plantation in Central Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 3, p.391-395, 2007.
- CARROL C. R., JANZEN D.H. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 4: 231-257. 1973
- CARVALHO, C. F., SOUZA, B., Potencial de insetos Predadores no Controle Biológico Aplicado. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002.
- CASTELLANOS, L. R. & J. C. A. Hernandez. Earthworm biomarkers of pesticide contamination: Current status and perspectives. **Journal of Pesticide Science**. 32: 360-371. 2007
- CLAPPERTON, M.J.; MILLER, J.J.; LARNEY, F.J.. LINDWALL, C.W. Earthworm populations as affected by long-term tillage practices in southern Alberta, Canada. **Soil Biology & Biochemistry**, 29, 3-4: 631-633. 1997.
- CONAB, **Acomp. safra Bras. cana-de-açúcar, Safra 2014/15**: Segundo Levantamento, Brasília, p. 1-20, ago. 2014.
- CONSTANTINO, R. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma Cerrado. In: SCARLOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: Ecologia, Diversidade e Conservação**. Brasília: 2005. p. 319-333.
- CONSTANTINO, R., DINIZ, I. R. MOTTA, P. C., **textos de entomologia: versão 3**. Brasília, DF: UNB, 2002. 69p.
- CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. **Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p. 46, fev. 2000.



CORREIA, M. E. F.; REIS, L. L.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Populações da macrofauna do solo em agricultura itinerante na região da Mata Atlântica, RJ. In: WORKSHOP O USO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA AGRICULTURA DO SÉCULO XXI, 2003, Londrina. **A importância dos engenheiros do solo: anais.** Londrina: Embrapa Soja: Instituto de Ecologia, 2003. 236 p.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja.** Lavras: UFLA, 2002. 55 p. (Boletim Agropecuário, 51)

CORTET, J.; VAUFLERY, A.G.; BALAGUER, N. P.; GOMOT, L.; TEXIER, C.; CLUZEAU, D. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. **Journal Soil Biology**, v.35, n.3, p.115-134, 1999.

COSTA-LEONARDO, A.M. Cupins-praga: morfologia, biologia e controle. Rio Claro-SP: **Divisa**, Pp. 143-155, 2002.

COSTA, R.I.F.; SOUZA, B.; FREITAS, S. Dinâmica Espaço-Temporal de Taxocenoses de Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em Ecossistemas Naturais. **Neotropical Entomology**, 39 (4): 470-475. 2010.

CREPALDI, R. A., PORTILHO, I. I. R., SILVESTRE, R., MERCADANTE, F. M., Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavourapeçuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.781-787, mai, 2014

CHRISTOFFERSEN, M. L., A catalogue of the Ocneroдрilidae (Annelida, Oligochaeta) from South America. **Italian Journal of Zoology**. March 2008; 75(1): 97–107

CURRY, J.P.; BYRNE, D. e SCHMIDT, O., Intensive cultivation can drastically reduce earthworm populations in arable land. **European Journal of Soil Biology**, 38, 2: 127-130. 2002.

DELLALUCIA, M. T. C.. Hormigas de importancia econômica en la región Neotropical. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.). **Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical.** Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2003. 398 p.

DIDHAM, R.K., HAMMOND, P.M., LAWTON, J.H., EGGLETON, P., STORK, N.E. Beetle responses to tropical forest fragmentation. **Ecological Monogr.** 68, 295–323. 1998.

DOJAS, F., BATISTA, V., MARQUES, M. O., a qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de açúcar, **Nucleus**, Edição Especial. 2009.



EDWARDS, C.A.; BOHLEN, P.J. **Biology and ecology of earthworms**. 3° ed. London, Chapman & Hall, 1996.

EDWARDS, C.A.; FLETCHER, K.E., Assesment in terrestrial invertebrate populations. In: PHILLIPSON, J. ed. **Methods of study in soil ecology**. Paris: UNESCO, 1970. p. 57-66.

EDWARDS, C.A.; LOFTY, J.R. **Biology of earthworms**. New York: John Wiley, 1977.

FERNÁNDEZ, F. Breve introduccion a la biologia social de las hormigas. In: FERNÁNDEZ F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2003. p. 89 – 96

FERRAZ, F. C., CARVALHO, A. G. Ocorrência e danos por *Pygiopachymerus lineola* (Chevrolat, 1871) (Coleoptera: Bruchidae) em frutos de *Cassia fistula* no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Revista Biotemas**, 14 (1): 137- 140, 2001.

FERREIRA, E. V. O. MARTINS, V. JUNIOR, A. V. I., NASCIMENTO, E. G. P. C., Ação dos térmitas no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p.804-801, maio 2011.

FISHER, B.L. Ant diversity patterns along an altitudinal gradient in the Reserve Naturelle Int egrele d’Andringitra, Madagascar. **Fieldiana Zool**. 85, 93–108. 1996.

FISHER, B.L. Improving inventory efficiency: a case study of leaf-litter ant diversity in Madagascar. **Ecological Monogr**. 9, 714–31. 1999.

FISHER, R.F. BINKLEY, D. **Ecology and management of forest soils**. 3ªEd. London: John Wiley, 2000. 489p.

FREITAS, M. P., DIONÍSIO, J. A. Oligoquetos edáficos em sistemas de cultivo orgânico e convencional, **Estud Biol**. 36(86):92-102. 2014

FRIGUETTO RTS; VALARINI PJ. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 198p. 2000. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21)

FULLER, R.J. NORTON, L.R., FEBER, R.E., JOHNSON, P.J., CHAMBERLAIN, D.E., JOYS, A.C., MATHEWS, F., STUART, R.C., TOWNSEND, M.C., MANLEY, W.J., WOLFE, M.S., MACDONALD, D.W., FIRBANK, L.G.. Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. **Biological Letters**. 1(4): 431–434. 2005.

GALLO, D., NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.;



VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C.; **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, v. 10, 2002, 920p.

GARAY, I. **Relations entre l'hétérogénéité des litières et l'organisation des peuplements d'arthropodes édaphiques**. Paris: École Normale Supérieure, 1989. 192p.

GUZZO, E. C., NEGRISOLI JR., **Diagnóstico dos Processos Tecnológicos Utilizados no Manejo Integrado de Pragas da Cana-de-açúcar em El Salvador** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012 (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 174).

HALFFTER, G., MATTHEWS E. G., The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Folia entomologia mexicana** (12- 14):1-312. 1966.

HASSAL, M.; RUSHTON, S.P. **The role of coprophagy in the feeding strategies of terrestrial isopods**. *Oecologia* 53, 374-381. 1982.

HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A.; RESENDE, F. V. **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 308p.

HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, B. **Modificaciones químicas de cuatro suelos de diferentes localidades de Veracruz, por dos especies de lombrices (Pontoscolex corethrurus y Glossoscolecidae sp.)** Tese. Universidad Veracruzana, Xalapa de Enríquez, Veracruz, México. 67p, 2000.

HÖFER H, HANAGARTH W, GARCIA W, MARTIUS C, FRANKLIN E, RÖMBKE J, BECK L., Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **Eur J Soil Biol** 37: 229-235. 2001.

HOLE, D.G.et al. Does organic farming benefit biodiversity? **Biological Conservation**, n.122. p.113–130. 2005.

HÖLLDOBLER B., WILSON, E.O. **The ants**. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 1990. 733p.

HOLT, J.A.; LEPAGE, M. Termites and soil properties. *In*: ABE, T. et al. (Eds.). Termites, evolution, sociality, symbiosis, ecology. **Dordrecht: Kluwer Academic**, p.389-407. 2000.

JAMES, S. - Earthworms (Annelida: Oligochaeta) of the Columbia River basin assessment area. General Technical Report PNW-GTR-491. Portland, Oregon, United States Department of Agriculture, 13p. 2000.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with



different management systems. **Soil & Tillage Research**, v.133, p.25-31, 2013.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica "Ceres", 1985. 492 p.

KIMBERLING, D.N.; KARR, J.R.; FORE, L.S. Measuring human disturbance using terrestrial invertebrates in the shrub-steppe of eastern Washington (USA). *Ecological Indicators*, v.1, n.2, p. 63-81, 2001.

KRAUSS J, GALLENBERGER I, STEFFAN-DEWENTER I Decreased Functional Diversity and Biological Pest Control in Conventional Compared to Organic Crop Fields. *PLoS ONE*, May 2011 | Volume 6 | Issue 5. 2011.

KRISHNA, K.. Introduction. In: **Biology of termites** (K. Krishna & F.M. Weesner, eds.). Academic Press, New York, v.1, 1969. p.1-17.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v. 9, n. 33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. **Advanced in Ecological Research**, New York, v. 27, p. 93-132, 1997.

LAVELLE, P. **Functional domains in soils**. *Ecological Research*, v.17, p.441-450, 2002.

LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A., SPAIN, A.V.; MARTIN, S. **Impact of Soil Fauna on the Properties of Soils in the Humid Tropics**. Madison: SSSA, 1992.

LAVELLE, P., M. DANGERFIELD, C. FRAGOSO, V. ESCHENBRENNER, D. Lopez-Hernandez, B. Pashanasi, and L. Bmssaard. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In **The Biological Management of Tropical Soil** (eds. M.J. Swift and P. Woomer), John Wiley-Sayce, New York, pp. 1994. 137-169.

LAVELLE, P.; BAROIS, I.; CRUZ, I.; FRAGOSO, C.; HERNANDEZ, A.; PINEDA, A.; RANGEL, P. Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolicidae, Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. **Biology and Fertility of Soils**, v.5, p.188-194, 1987.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, p.159-193, 1997



LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.3-15, 2006.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Amsterdam: Kluwer Scientific, 2001. 678p

LAWRENCE, J. F., BRITTON E. B. Coleoptera. in: CSIRO (eds.). **The insects of australia**, Vol.2. Cornell University Press, New York. 1991. Pp. 547-683.

LEE, K.E. **Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use**. Sydney, Academic Press, 1985. 411p

LEWINSOHN T. M., FREITAS, A. V. L., PRADO, P.I., Conservation of terrestrial invertebrates and their habitats in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, p. 640-645. 2005.

LIBARDI, D.; CARDOSO, N. A. Cana-de-açúcar: a salvação da lavoura ou do planeta? **Análise Conjuntural**, Curitiba, v. 29, n. 05-06, p.24-26, maio/jun. 2007.

LIMA, S. S. AQUINO, A. M., LEITE, L. F. C., VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo, em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 322-331. 2010.

LOPES ASSAD, M. L., Fauna do solo. In: Vargas, M.A.T., HUNGRIA, M. (ed.) **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1997. Cap.7, p. 363-444.

LOPES, J.; CONCHON, I.; YUZAWA, S.K., KÜHNLEIN, R.R.C.. Entomofauna do Parque estadual Mata do Godoy: II. Scarabaeidae (Coleoptera) coletados em armadilhas de solo. **Semina Ci. Biol./ Saúde**, 15: 121-127. 1994.

LÓPEZ, A. N. et al. Densidad estacional y distribución vertical de los enchytraeidae (annelida: Oligochaeta) en diferentes sistemas de producción. **Ciencia del Suelo (Argentina)**, v. 23 (2), p.115-121, 2005.

MACEDO, N., ARAÚJO, E. J. R. Efeitos da queima do canavial sobre insetos predadores. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 1, p. 71-77, 2000.

MACHADO, L. A.; HABIB, M.; LEITE, L. G.; MENDES, J. M. Estudos ecológicos e comportamentais de *Migdolus Fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: Vesperidae), in: **Cultura de cana-de-açúcar, em quatro municípios do Estado de São Paulo**. Arquivo do Instituto Biológico, v. 73, n. 2. 2006. p. 227-233.

MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M., **Microbiologia de Brock**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 1160p.



MARICHAL R., MARTINEZ A.F., PRAXEDES C., RUIZ D., CARVAJAL A.F., OSZWALD J., HURTADO M.DeL.P., BROWN G.G., GRIMALDI M., DESJARDINS T., SARRAZIN M., DECAENS T., VELASQUEZ E., LAVELLE P. Invasion of *Pontosclex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazonian deforestation arc. **Applied Soil Ecology**, 46: 443–449. 2010.

MARINONI, R. C.; GANHO N. G.; MONNÉ M. L.; MERMUDES J. R. M. **Hábitos alimentares em coleoptera (insecta)**. Holos, Editora, Ribeirão Preto. 2001.

MAZZOLENI, E. M.; OLIVEIRA, L. G.. Inovação Tecnológica na Agricultura Orgânica:: estudo de caso da certificação do processamento pós-colheita. **Resr**, Piracicaba, v. 48, n. 03, p.567-586, jul-set. 2010.

MEDRI, I.M., LOPES, J. Coleoptero fauna em floresta e pastagem no norte do Paraná, Brasil, coletada em armadilha de solo. **Revta bras. Zool.**, 18(Supl. 1): 125-133 2001A.

MEDRI, I.M., LOPES, J. Scarabaeidae (Coleoptera) do Parque Estadual Mata dos Godoy e de área de pastagem, no norte do Paraná, Brasil. **Revta bras. Zool.**, 18(Supl. 1): 135-141. 2001B.

MEINICKE, A. C. **As minhocas**. Ponta Grossa: Coopersul, 1983.

MENDONÇA, A.F.; MENDONÇA, I.C.B.R. Cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). In: MENDONÇA A.F. (ed.) **Cigarrinhas da cana-de-açúcar, Controle biológico**. p. 95-140, 2005.

MILHOMEM, M.S.; MELLO, F.Z.V. de; DINIZ, I.R. Técnicas de coleta de besouros copronecrófagos no Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.38, n.11, p.1249-1256, 2003.

MIOCQUE, J. Evaluation of growth and yield of green matter of sugarcane from Araraquara, SP region. **STAB - Sugar, ethanol and byproducts** 17: 45-47. 1999.

MISE K.M.; ALMEIDA L.M.; MOURA M.O. Levantamento da fauna de Coleoptera que habita a carcaça de *Sus scrofa* L., em Curitiba, Paraná. **Rev. Bras. Entomol.** 51, 358-368, 2007.

MOLDENKE, A. R. Arthropods. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: SSSA, 1994. Part 2. p. 517-542.

MONTEIRO, M.; SANTOS, G. C., Sistema Orgânico de produção de Alimentos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.15, n.1, p.73-86, 2004.



MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Ed.). **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: UFLA, 2010.

NADKARNI, N.M., LONGINO, J.T. Invertebrates in canopy and ground organic matter in a Neotropical montane forest, Costa Rica. **Biotropica** 22, 286–9. 1990.

NAIR, K.V.; MANAZHY, J.; MANAZHY, A.; REYNOLDS, J.W. Biology of cocoons of five species of earthworms (Annelida: Oligochaeta) from Kerala, India. **Megadrilogica**, v.13, p.1-8, 2009.

NATH S.; CHAUDHURI, P.S., Human-induced biological invasions in rubber (*Hevea brasiliensis*) plantations of Tripura (India) - *Pontoscolex corethrurus* as a case study. **Asian Journal of Experimental Biological Science**, 2010. 360–369.

NEVES, J. L. M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. 213p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

NUNES, D. H., PASINI, A., BENITO, N P., BROWN G. G., Earthworm Diversity in Four Land Use Systems in the Region of Jaguapitã, Paraná State, Brazil. **Caribbean Journal of Science**, Vol. 42, No. 3, 331-338, 2006

ODUM, H.T., Ecological engineering and self organization. Chap. 6 in **Ecological Engineering, an Introduction to Ecotechnology**, S.E. Jorgensen and W.J. Mitsch, eds. John Wiley, NY. 1989. pp. 79-101.

OLIVEIRA N. C.; WILCKEN C. F.; MATOS C. A. O. Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinelídeos (Coleoptera, Coccinellidae) sobre o pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlântica* (Wilson) (Hemiptera, Aphididae). **Rev. Bras. entomol.** vol.48 no.4 São Paulo Dec. 2004.

OLSON, D.M. A comparison of the efficacy of litter shifting and pitfall traps for sampling leaf litter ants (Hymenoptera, Formicidae) in a tropical wet forest. **Biotropica** 23, 166–72. 1991.

ORTIZ, A. CABRIALES, J. J. P. RAGOSO, C. BROWN, G. G., Mycorrhizal colonization and nitrogen uptake by maize: combined effect of tropical earthworms and velvetbean mulch, **Biol Fertil Soils**. 2007.

OSBORN, F., GOITIA, W., CABRERA, M., JAFFÉ K., Ants, plants and butterflies as diversity indicators: Comparisons between at six forest sites in Venezuela. **Studies of Neotropical Fauna and Environment**, 34: 59-64. 1999.

PAGNOCCA, F. C., BACCI M. Jr., FUNGARO M. H., BUENO O. C., HEBLING M. J., SANT'ANNA A., CAPELARI M., RAPD analysis of the sexual state and sterile



mycelium of the fungus cultivated by the leaf-cutting ant *Acromyrmex hispidus fallax*. **Mycology Research**, v.105, n.2, p.173-176, fev. 2001.

PARR, C. L., CHOWN, S. L. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and winkler methods with ants in a South African savanna. **Journal of Insect Conservation**, v. 5, p. 27-36, 2001.

PARRA, J.R.P., BOTELHO, P.S.M., CORRÊA-FERREIRA, B.S., BENTO, J.M.S., Controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.125-142

PASQUALIN, L. A., DIONÍSIO J. A., ZAWADNEAK M. A. C., MAÇAL C. T., Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 7-18, 2012.

PIFFNER, L.; LUKA, H. Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. **Agriculture, Ecosystem & Environment**, v.78, p.215-222, 2000.

PHILPOTT, S.M., ARMBRECHT, I. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. **Ecological Entomology**, v. 31, p. 369-377. 2006.

PILLANS, B. SPOONER, B. CHAPPELL. J., The dynamics of soils in north Queensland: rates of mixing by termites determined by single grain luminescence dating. In: ROACH, I.C. (Ed.). **Regolith and Landscapes in Eastern Australia**. Canberra: CRC LEME, 2002. p.100-101.

PINTO, A. S.; BOTELHO, P.S.M.; OLIVEIRA, H.N. de. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos da cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2009. 160p.

PORTILHO, I. I. R., BORGES, C. D., COSTA A. R., SALTON, J. C., MERCANTE, F. M.. Resíduos da cultura da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a fauna invertebrada epigeica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 959-970, jul/set. 2011.

PRICE, J. F., SHEPARD, M., Sampling ground predators in soybean fields. In: KOGAN, M., HERZOG, D. C. **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Spriner-Verlag, 1980. p. 532-543.

QUEIROZ J. M., ALMEIDA F. S., PEREIRA M. P. S., Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e Ambiente**. V.13, n.2, p. 37 - 45, 2006.

RAVANELI, G.C.; MUTTON, M.J.R.; GARCIA, D.B.; MADALENO, L.L.; STUPIELLO, J.P.; MUTTON, M.A. Danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes sobre a



qualidade tecnológica da cana. **Ciência & Tecnologia**: FATEC-JB, 3 (1): 16- 27, 2011.

REYNOLDS, J. W., WETZEL, M. J. **Nomeclatura Oligochaetologica, supplementum quartum**. Champaign: Illinois Natural History Survey Special Publication, 2009.

RIBEIRO, V. H.; ENDLICH, A. M., O Avanço da agroindústria canvieira na mesorregião Noroeste Paranaense. **Revista Percorso. Maringá**, v. 2, n.1, p. 73-92, 2010.

RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e Rondônia**. Brasília: CNPq, (Relatório de Pesquisa, 12). Programa Polonoroeste. 1990.

RIGHI, G., **Minhocas da América Latina**: diversidade, função e valor. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. SBCS, Rio de Janeiro. CD-ROM. 28 pp. 1997.

RIGHI, G. Oligochaetas. In MACHADO, A. B. M., FONSECA, G. A. B., MACHADO, R. B., AGUIAR, L. M. S., LINS, L. V., **Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Biodiversitas. 1999.

ROMERO, H. & K. JAFFÉ. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera: Formicidae) in savannas. **Biotropica** 21: 348-352. 1989.

ROSILLO-CALLE, F., BAJAY, S. V., ROTHMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2005.

ROULAND, C., BRAUMAN, A., KELEKE, S., LABAT, M., MORA, P.; RENOUX, J. Endosymbiosis and exosymbiosis in the fungus-growing termites. In: **Microbiology in Poecilotherms** (Ed. by R. Lksel), pp. 79-82. Elsevier Science Publishers, B.V. (Biomedical Division), Amsterdam, The Netherlands. 1990.

RUPPERT, E. E., FOX, R. S., BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. 7ª ed. São Paulo: Roca, 2005. 1145p.

RUZICKA, V., J. BOHAC. The utilization of epigeic invertebrate communities as bioindicators of terrestrial environmental quality. Pp.79-86 in: SALANKI, J.; D. JEFFREY & G. M. HUGHES, (eds.). **Biological monitoring of the environment: a manual of methods**, CAB International, Wallingford. 1994.

SANTOS, G. C.; MONTEIRO, M.. Sistema Orgânico de Produção de Alimentos. **Alimento e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 1, p.73-86, 2004.

SANTOS, G.O; HERNANDEZ, F.B.T.; ROSSETTI, J.C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do



estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.4, nº. 3, p.142–149, 2010.

SANTOS, L. A. O., FREITAS, R. A., RISSO, N. M. S., MIHSFELDT, L. H., Impacto da queimada da palha de cana-de-açúcar sobre populações de artrópodes edáficos. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.10, p. 27-35, 2013

SAUTTER, Klaus D. et al. Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In: BROWN, George G.; FRAGOSO, Carlos. **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia**. Londrina: Embrapa, 2007. Cap. 21. p. 383-396.

SCHLITTLER, L.A.F.S. **Engenharia de um Bioprocesso para Produção de Etanol de Bagaço de Cana-de-Açúcar**. 174 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.

SHINITZER, M. Soil organic matter: the next 75 years. **Soil Science**, Baltimore, v. 151, n. 1, p. 41-58, jan. 1991.

SHUSTER, W. D., SUBLER, S.; MCCOY, E. L., The influence of earthworm community structure on the distribution and movement of solutes in a chisel-tilled soil. **Applied Soil Ecology**. 21: 159–167. 2002.

SILVA, I.R; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.275-374.

SILVA, M. S. C., **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty**. Dissertação – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ 2006. 54p.

SILVA, M.A.; SOARES, R.A.B.; LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P. Agronomic performance os sugarcane families in response to water stress. **Bragantia**, v.67, p.655-661, 2008.

SILVA. R. F., AQUINO, A. M., MERCANTE, F. M., GUIMARÃES, M. F., Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4 p.697-704, 2006.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. 1976. **Manual de Ecologia dos Insetos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres.

SILVESTRE, R., SILVA R. R., Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luis Antônio – SP – sugestões para aplicação de guildas como bio-indicadores ambientais. **Biotemas**, 14: 37-69. 2001.



SOCARRÁS A., Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. **Pastos y Forrajes** vol.36 no.1 Matanzas ene. 2013.

SPADOTTO, C. A., M. A. F. GOMES, L. C. LUCHINI, M. M. ANDRÉA.. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Embrapa Meio Ambiente, Documentos No. 42. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna. 2004.

STEFFEN, G. P. K., ANTONIOLLI Z. I., STEFFEN R. B., JACQUES R. J. S., Importância ecológica e ambiental das minhocas. **Revista de Ciências Agrárias**, 36(2): 137-147. 2013.

SWIFT, M. J.; ANDERSON, J. M. Biodiversity and ecosystem function. **Agricultural Systems**, Barking, v. 99, p. 15-41, 1993.

SWIFT, M.J., HEAL O.W, ANDERSON, J.M., **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Vol. 5, University of California Press, Berkeley, pp: 167-219. 1979.

TIVELLI, Sebastião Wilson. Como controlar pragas e doenças no cultivo orgânico? **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 10, n. 1, jan-jun. 2013.

TOUTAIN, F. Activité biologique des sols, modalités et lithodépendance. **Biol. Fertil. Soil** 3, 31-38. 1987.

TRIANA, A. O., LEONARD, M. SAAVEDRA, F., **Atlas: Del bagazo de la caña de azucar**. México, GEPLACEA, 143p. 1990.

TRIPLEHORN C. A.; JONNISON N. F.. **Estudo dos Insetos**. 7ª ed. Cengage Learning, Brasil, 367-482, 2011.

VALLE, J. C. V.; CARNEIRO, R. G.; HENZ, G. P. Mercado e comercialização. In: **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Editores: HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A.; RESENDE, F. V. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 227-236. 2007.

VANIN, S.A., S. IDE. Classificação comentada de Coleoptera.. In: **Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática** PRIBES. 2002. p.193-205.

VANNUCCI, M. Biological Notes. I. On the Glossoscolecid earthworm *Pontoscolex corethrus*. **Dusenía**, v.4, p.287-300, 1953.

VARGAS A. B., CHAVES D. A., VAL G. A., SOUZA C., FARIA R. M., CARDOZO C., MENEZEZ C. E. G.. Diversidade de artrópodes da macrofauna edáfica em diferentes usos da terra em pinheiral, RJ. **AS&T**, V. 1, N. 2, 2013.



VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., Foz de Iguaçu. **Palestras...** Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 148-164.

VIJVER, M. G., J. P. M. Vink, C. J. H. Miermans & C. A. M. van Gestel. Oral sealing using glue: a new method to distinguish between intestinal and dermal uptake of metals in earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**. 35: 125-132. 2003.

VISWANATHAN, R. Earthworms and assessment of ecological impact of soil xenobiotics. *Chemosphere*, v.28, p.413-420, 1994.

WALLWORK, J.A. 1970. **Ecology of soil animals**. McGraw-Hill, London, UK.

WILK C., GUEDES J. V. C., FAGUNDES C. K., ROVEDDER A. P., Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental, **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p. 60-71, 2005

ZHANG, X., M. ROMAN, A. SANFORD, H. ADOLF, C. LASCARA, AND R. BURGETT. Can an optical plankton counter produce reasonable estimates of zooplankton abundance and biovolume in water with high detritus? **J. Plankton Res.** 22: 137–150 2000.

ZORZENON, F. J.; POTENZA, M. R. Cupins: Pragas em áreas urbanas. São Paulo: **Instituto Biológico**, 2006, Boletim Técnico. n. 18, 66 p.