

LUIZ ANGELO PASQUALIN

INFLUÊNCIA DA VINHAÇA E DO MÉTODO DE COLHEITA SOBRE A  
MACROFAUNA EDÁFICA NA CULTURA DA CANA – DE – AÇÚCAR

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Jair Alves Dionísio  
Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

CURITIBA

2009

Pasqualin, Luiz Angelo

Influência da vinhaça e do método de colheita sobre a macrofauna edáfica na cultura da cana-de-açúcar / Luiz Angelo Pasqualin. – Curitiba, 2009.

86 f. : il.

Orientador: Jair Alves Dioniso

Co-orientador: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2009

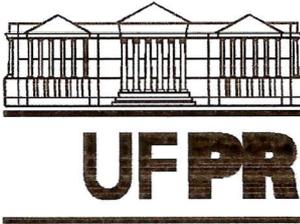
1. Cana-de-açúcar – Cultivo – Paraná. 2. Vinhaça.

I. Dionísio, Jair Alves. II. Zawadneak, Maria Aparecida Cassilha.

III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

CDU 633.61(816.2)



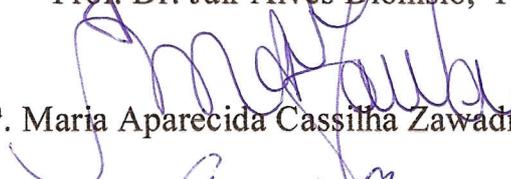
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648  
Página: [www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/](http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/)  
E-mail: [pgcisolo@ufpr.br](mailto:pgcisolo@ufpr.br)

## P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **LUIZ ANGELO PASQUALIN**, sob o título: "**Influência da vinhaça e do método de colheita sobre a macrofauna edáfica na cultura da cana-de-açúcar**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 27 de agosto de 2009.

  
Prof. Dr. Jair Alves Dionísio, Presidente.

  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida Cassilha Zawadneck, I.ª Examinadora.

  
Eng.º Agr.º Dr. George Gardner Brown, II.º Examinador.



Ofereço à minha querida Carol, pela força, compreensão, amizade e amor.

## AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná;

À Usina Alto Alegre e Álcool S. A., Unidade Junqueira, e seus funcionários, em especial a “Chico” Leite, por todo apoio e hospitalidade, sem o qual este trabalho não seria realizado;

Ao meu orientador Dr. Jair Alves Dionísio por toda ajuda no decorrer do curso;

À minha co-orientadora Dr<sup>a</sup>. Maria Aparecida Cassilha Zawadneak pelo constante incentivo, e contribuição neste trabalho;

Ao professor Dr. Edelclaiton Daros pela confiança e oportunidade de efetuar esta dissertação junto à Usina Alto Alegre;

Ao Dr. George Gardner Brown e EMBRAPA, pela oportunidade do estudo das técnicas de análise multivariada;

As funcionárias da UFPR, Dona Elda e Dona Cleusa, por todo auxílio no acesso a materiais e equipamentos;

Aos meus amigos e companheiros de mestrado, turma 2007, pela convivência, amizade e incentivo;

Àqueles que direta ou indiretamente estiveram envolvidos neste trabalho.

## RESUMO

A busca por tecnologias que proporcionem matrizes energéticas renováveis vem ocasionando um novo ciclo de expansão da cultura da cana-de-açúcar. No entanto, alguns pontos da etapa de produção são questionados em termos de sustentabilidade ambiental, como a geração de resíduos e os efeitos ao ambiente, devido à queima da palhada, realizada anteriormente à colheita manual. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de vinhaça e do método de colheita e sobre a macrofauna do solo de novembro de 2007 a setembro de 2008, no município de Colorado – Paraná. Foram avaliados os tratamentos de colheita manual com uso do fogo, colheita mecanizada sem uso do fogo, associados à aplicação ou não de vinhaça em adubação. Para uma melhor compreensão dos efeitos dos tratamentos, uma área de mata nativa foi utilizada para comparação dos dados. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, durante seis épocas amostrais, durante um ciclo da cultura. Cada uma das repetições foi composta por um monólito de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidade, de onde os organismos do solo foram triados e classificados em grupos e/ou Ordem. A caracterização destes com os tratamentos foram realizados pela análise multivariada de componentes principais e sua correlação com atributos da fertilidade, umidade e cobertura através de análise de correspondência canônica. Densidade de organismos, índices ecológicos para diversidade, equitabilidade e riqueza de grupos, bem como dados de cobertura e umidade de solo, foram comparados através do teste Duncan a 5%, ou Kruskal-Wallis 5% quando não satisfeita normalidade de dados. Verificou-se que os grupos taxonômicos que caracterizaram áreas de cana-de-açúcar foram Formicidae, Hemiptera, Araneae, Coleoptera, Oligochaeta. Os grupos taxonômicos que caracterizaram a área de mata foram Oligochaeta, Coleoptera, Outros Invertebrados e principalmente Isoptera. A colheita mecanizada proporcionou benefícios à macrofauna edáfica em áreas de cana-de-açúcar, tendo índices de diversidade, equitabilidade e riqueza de grupos mais elevados do que áreas onde não se manteve a ladeira. A área de mata apresentou maiores índices de diversidade, equitabilidade e riqueza de grupos comparativamente com áreas com cana-de-açúcar. A não aplicação da vinhaça ou manutenção da cobertura do solo acarretou maiores flutuações da diversidade, equitabilidade e riqueza em áreas de cana-de-açúcar ao longo do tempo.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L. Macrofauna edáfica. Palhada. Corte manual. Resíduo.

## ABSTRACT

The search for technologies that provide renewable energy is causing a new round of expansion in sugar cane cultivation. However, some aspects of production are discussed in terms of environmental sustainability, such as the generation of waste, and effects on the environment due to burning of straw, before harvest manual harvesting. Therefore, the present research was undertaken to evaluate the effect of method and application of vinasse on the soil macrofauna over one a one year period in the northwest of Paraná State, in Colorado, country Brazil. The following treatments were assessed: manual harvesting systems, with or writhen use of fire, associated or not with the application of vinasse as fertilizes. An area of native forest was used for comparison. The experiment was mounted in a completely randomized design with five replicates, during six sampling periods, over one crop cycle. Each repetition consisted of a monolith of 25 cm x 25 cm x 30 cm deep, the organisms were removed and the fauna classified into groups and / or order. The characterization of the treatments was performed by Principal Component Analysis and their correlation with attributes fertility, moisture and straw through canonical correspondence analysis. Density of organisms, ecological diversity indices, evenness and richness of groups and data coverage and soil moisture were compared by Duncan test at 5%, or Kruskal-Wallis 5% for not normal data. It was found that the taxonomic groups that characterized areas of cane sugar were Formicidae, Hemiptera, Araneae, Coleoptera, Oligochaeta. The taxonomic groups that characterized the area of forest were Oligochaeta, Coleoptera, and Other Invertebrates mainly Isoptera. Mechanized harvesting provided benefits to macrofauna in areas of cane sugar, with diversity indices, evenness and richness of groups higher than areas where there remained the litter. The area of forest had higher diversity indices, evenness and richness of groups compared with areas with cane sugar. The non-application of stillage or maintenance of soil cover led to greater fluctuations of diversity, evenness and richness in areas of cane sugar over time.

Key words: *Saccharum officinarum* L. Edaphic macrofauna. Straw. Manual cutting. Residue.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTADO DO PARANÁ COM DESTAQUE PARA O MUNICÍPIO DE COLORADO.....	31
FIGURA 2 – TEMPERATURA MÉDIA MENSAL (°C) 2007/2008, MÉDIA PLUVIOMÉTRICA MENSAL (mm) 2007/2008, E SÉRIE HISTÓRICA PLUVIOMÉTRICA (mm) 1975/2007, NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PR.....	32
FIGURA 3 – ALOCAÇÃO DOS TRATAMENTOS “COM PALHA E COM VINHAÇA” E “SEM PALHA E COM VINHAÇA”, NO ESTUDO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM 2007/2008.....	34
FIGURA 4 – ALOCAÇÃO DOS TRATAMENTOS “COM PALHA E SEM VINHAÇA” E “SEM PALHA E SEM VINHAÇA”, NO ESTUDO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM 2007/2008.....	35
FIGURA 5 – ALOCAÇÃO DO TRATAMENTO “MATA NATIVA”, NO ESTUDO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM 2007/2008.....	36
FIGURA 6 – TRIÂNGULO PARA GRUPAMENTO DE CLASSES DE TEXTURA DE SOLOS.....	38
FIGURA 7 – BALANÇA (a) E ESTUFA (b), UTILIZADAS PARA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DOS SOLOS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	39
FIGURA 8 – USO DE GABARITO DE MADEIRA PARA COLETA (a), E SECAGEM (b) EM ESTUFA PARA CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	41
FIGURA 9 – VISTA DA COBERTURA DE SOLO DAS ÁREAS DE CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR COLHIDAS SEM USO DO FOGO; COM (a) E SEM (b) APLICAÇÃO DE VINHAÇA NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM NOVEMBRO 2007.....	43

FIGURA 10 – VISTA DA COBERTURA DE SOLO DAS ÁREAS DE CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR COLHIDAS COM USO DO FOGO; COM (a) E SEM (b) APLICAÇÃO DE VINHAÇA NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM NOVEMBRO 2007 .....	43
FIGURA 11 – VISTA DE FRAGMENTO DE MATA NATIVA EM ASPECTO EXTERNO (a), E EM COBERTURA DO SOLO(b), DENTRO DAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM NOVEMBRO 2007.....	44
FIGURA 12 – CONFECÇÃO DE MONÓLITO E TRIAGEM DOS ORGANISMOS DA FAUNA EDÁFICA COM AUXÍLIO DE GABARITO DE MADEIRA E LONA PLÁSTICA, NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM JANEIRO DE 2008.....	45
FIGURA 13 – CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE VALORES DA COBERTURA DE SOLO E PLUVIOSIDADE MÉDIA EM ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, NO TRATAMENTO COM PALHA E COM VINHAÇA (CPCV) .....	51
FIGURA 14 – CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE VALORES DA COBERTURA DE SOLO E PLUVIOSIDADE MÉDIA EM ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, NO TRATAMENTO COM PALHA E SEM VINHAÇA (CPSV) .....	52
FIGURA 15 – DENSIDADES MÉDIAS ANUAIS (ind. m <sup>-2</sup> ) DISTRIBUÍDAS EM GRUPOS DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	56
FIGURA 16 – DENSIDADES MÉDIAS ANUAIS (ind. m <sup>-2</sup> ) DISTRIBUÍDAS NOS GRUPOS FORMICIDAE E ISOPTERA EM ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	56
FIGURA 17 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM NOVEMBRO DE 2007 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ .....	66
FIGURA 18 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM JANEIRO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ.....	67

FIGURA 19 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM MARÇO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ.....	68
FIGURA 20 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM MAIO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ.....	69
FIGURA 21 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM JULHO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ.....	70
FIGURA 22 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM SETEMBRO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO – PARANÁ.....	71
FIGURA 23 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA MÉDIA ENCONTRADA DE NOVEMBRO DE 2007 À SETEMBRO 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ.....	72
FIGURA 24 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS ANUAL PARA PARÂMETROS DO SOLO DAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ.....	74
FIGURA 25 – ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO E GRUPOS DA FAUNA EDÁFICA DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ.....	76

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ESTUDO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES MANEJOS, NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO, PARANÁ EM 2007-2008.....	33
QUADRO 2 – ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS MÉDIAS DA VINHAÇA APLICADA NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, NO ANO DE 2007 .....	40
QUADRO 3 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANEJO DA CANA NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, NO PERÍODO DE 2004 A 2007.....	42
QUADRO 4 – GRANULOMETRIA (0 - 0,30 m) DOS SOLOS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	48
QUADRO 5 – ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (ACC): MATRIZ DE CORRELAÇÕES PONDERADAS ENTRE OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DE ESPÉCIES E OS EIXOS AMBIENTAIS, E DESTES COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ.....	75

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – UMIDADE DO SOLO AO LONGO DE SEIS ÉPOCAS, ESTRATIFICADA EM TRÊS PROFUNDIDADES, REALIZADA NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO DE 2007 A SETEMBRO DE 2008 .....	49
TABELA 2 – RESULTADOS MÉDIOS DE CINCO REPETIÇÕES PARA COBERTURA DO SOLO (MASSA SECA) NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DE SEIS ÉPOCAS DE COLETA, NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	51
TABELA 3 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA MÉDIA DOS SOLOS (SEIS REPETIÇÕES), NA PROFUNDIDADE DE 0-30 m, REALIZADA NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO DE 2007 A SETEMBRO DE 2008 .....	53
TABELA 4 – DENSIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA (ind.m <sup>2</sup> ) NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	55
TABELA 5 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA (Índice de Shannon) NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	59
TABELA 6 – EQUITABILIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA (Índice de Pielou) NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	60
TABELA 7 – RIQUEZA DA MACROFAUNA EDÁFICA NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	62

TABELA 8 – DENSIDADE MÉDIA (ind.m <sup>2</sup> ) DE ORGANISMOS EDÁFICOS EM TRÊS PROFUNDIDADES NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008.....	64
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR .....	18
2.2 CENÁRIO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ .....	18
2.2.1 Legislação .....	19
2.3 FAUNA EDÁFICA.....	20
2.3.1 Efeito de fatores abióticos sobre a fauna edáfica.....	22
2.4 USO E EFEITOS DA VINHAÇA .....	24
2.5 MÉTODOS DE COLETA DA MACROFAUNA EDÁFICA .....	25
2.6 ÍNDICES ECOLÓGICOS.....	26
2.6.1 Índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) .....	26
2.6.2 Índice de equitabilidade de Pielou ( $e$ ) .....	27
2.6.3 Riqueza .....	28
2.7 ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS .....	28
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	31
3.1.1 Clima .....	31
3.1.2 Solo .....	32
3.2 ESCOLHA DAS PARCELAS .....	33
3.2.1 Setor “A” Lote 01 Talhão 39 .....	33
3.2.2 Setor “C” Lote 30 Talhões 2 e 3 .....	35
3.2.3 Setor “E” Lote 22 Mata .....	36
3.3 COLETA E ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO SOLO .....	37

3.3.1 Caracterização química do solo .....	37
3.3.2 Análise granulométrica do solo .....	38
3.3.3 Umidade do solo .....	39
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA VINHAÇA .....	39
3.5 COBERTURA DO SOLO .....	40
3.6 CONDUÇÃO DO CANAVIAL .....	41
3.7 COLETA E CLASSIFICAÇÃO DA MACROFAUNA EDÁFICA .....	44
3.8 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS .....	46
3.8.1 Análise multivariada de dados .....	46
3.8.2 Análise de variância (ANOVA) .....	47
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
4.1 GRANULOMETRIA DOS SOLOS .....	48
4.2 UMIDADE DOS SOLOS.....	48
4.3 QUANTIFICAÇÃO DA COBERTURA NOS TRATAMENTOS.....	50
4.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS.....	52
4.5 IMPACTOS SOBRE OS ÍNDICES ECOLÓGICOS .....	54
4.5.1 Densidade da macrofauna edáfica.....	54
4.5.2 Diversidade da macrofauna edáfica .....	59
4.5.3 Equitabilidade da macrofauna edáfica.....	60
4.5.4 Riqueza da macrofauna edáfica.....	61
4.6 DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DA MACROFAUNA EDÁFICA.....	63
4.7 ASSOCIAÇÃO ENTRE OS GRUPOS OU CLASSES DE ORGANISMOS TRIADOS AOS AMBIENTES ESTUDADOS .....	65
4.8 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS QUÍMICOS, UMIDADE E COBERTURA DO SOLO .....	73
4.8.1 Separação das áreas com base nos resultados da ACP .....	73

4.8.2 Correlações entre os atributos do solo e organismos edáficos .....	75
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	78
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	79
<b>ANEXOS</b> .....	89

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão da cultura da cana-de-açúcar no Brasil apresenta números cada vez mais expressivos, resultado do aumento da demanda interna pelo álcool, ocasionada pelo advento dos motores bicompostíveis, e sucessivos aumentos de preço dos derivados do petróleo. Porém, as expectativas ultrapassam as fronteiras nacionais, uma vez que a busca por tecnologias energéticas renováveis, e de menores impactos ambientais, são objeto de grande procura internacional. Assim, considerando o resultado da soma de tecnologia, recursos naturais e áreas a serem exploradas colocam o Brasil à frente de muitos países, como principal fornecedor mundial de álcool combustível para os anos futuros.

Para manter a produção de açúcar e álcool competitiva, estudos contínuos se fazem necessários dentro das várias fases da produção sucroalcooleira. Grandes avanços são alcançados com pesquisas voltadas ao melhoramento genético e aspectos nutricionais, porém a pesquisa voltada a fauna edáfica nestes ambientes de produção merecem maior atenção.

Uma das limitações para a sustentabilidade dos solos nos cultivos agrícolas é a manutenção da matéria orgânica que resulta em benefícios diretos e indiretos, tais como em melhoria das características físicas e de fertilidade, e ainda melhoria das condições para a fauna edáfica. No entanto, para que este potencial seja aproveitado torna-se necessário que uma ou mais fontes forneçam material capaz de ser transformado em matéria orgânica.

Com o advento da colheita mecanizada, a palhada que antes era queimada, continua no solo, sendo além de fonte de alimento para a fauna edáfica, cobertura para o solo, protegendo-o contra a erosão.

Outro aspecto ligado à produção das usinas vem a ser a grande quantidade de resíduo no final da fermentação e destilação do álcool. Este resíduo, conhecido como "vinhaça", se descartado nos corpos hídricos pode ocasionar sérios problemas ambientais. No entanto, a vinhaça contém alta quantidade de potássio, além de matéria orgânica e outros nutrientes, e se corretamente aplicada ao solo, pode favorecer tanto a cultura quanto aos organismos do solo.

Dentro deste contexto, poucos estudos sobre a atividade e resposta dos organismos do solo aos métodos de condução dos canaviais foram realizados no Paraná, ou mesmo no Brasil.

Vários trabalhos têm aventado a hipótese de que a diversidade e abundância da macrofauna do solo, assim como a presença de determinados grupos em um sistema, podem ser usadas como indicadores da qualidade dos solos, pois são muito sensíveis à modificação da cobertura vegetal.

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito dos métodos de colheita: mecanizada (sem uso do fogo), manual (com uso do fogo), e ainda a aplicação ou não da vinhaça nos tratamentos mencionados, sobre a macrofauna edáfica, comparativamente a uma área de mata.

Como objetivos específicos se buscaram:

- a) avaliar os efeitos provocados pelos diferentes tratamentos na densidade, equitabilidade, diversidade e riqueza da macrofauna edáfica ao longo de um ano;
- b) reconhecer se os tratamentos e a época do ano exerceram influência na distribuição vertical da macrofauna;
- c) associar os grupos ou classes de organismos encontrados aos ambientes estudados;
- d) estabelecer dentre os atributos da fertilidade (pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, enxofre e micronutrientes cobre, ferro, zinco, manganês e boro), umidade e cobertura do solo, quais exercem influência de maneira mais direta na escolha dos organismos aos tratamentos.

Teve-se por hipótese de que as melhores respostas seriam encontradas no sistema de colheita mecanizada associada à adubação com vinhaça, sendo que esta resposta estaria ligada a manutenção da umidade pela cobertura e melhores aspectos de fertilidade proporcionados pela aplicação da vinhaça e decomposição da palhada.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS GERAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR

Originária do sudeste da Ásia, a exploração canavieira assentou-se, no início, sobre a espécie *Saccharum officinarum*, porém novas variedades foram obtidas pelo cruzamento da *S. officinarum* com as outras quatro espécies do gênero *Saccharum* e, posteriormente, através de recruzamentos com as ascendentes, sendo cultivada numa extensa área territorial, compreendida entre os paralelos 35° de latitude Norte e Sul do Equador. O clima ideal é aquele que apresenta duas estações distintas, uma quente e úmida, para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para promover a maturação e conseqüente acúmulo de sacarose nos colmos. Solos profundos, pesados, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção são os ideais para a cana-de-açúcar que, devido à sua rusticidade, se desenvolve satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os de cerrado. Solos rasos, isto é, com camada impermeável superficial ou mal drenada, não são indicados para a cultura (AGROBYTE, 2007).

A importância da cana-de-açúcar pode ser atribuída à sua múltipla utilização, podendo ser empregada *in natura*, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool (CUENCA; MANDARINO, 2007).

### 2.2 CENÁRIOS NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido por Índia, Tailândia e Austrália (UNICA, 2006), e é responsável por 45% da produção mundial de etanol combustível. A cultura da cana permitiu uma produção nacional de etanol de 14,5 bilhões de litros em 2005, mais de 2 bilhões dos quais destinados a exportação. A área dedicada a esse cultivo abrange 6,2 milhões de hectares, 1,7%

da área agriculturável e 18,3% da área utilizada para culturas anuais (IBGE, 2005). As regiões com a maior extensão de plantios estão localizadas nas zonas subtropicais do Sudeste e nas áreas atlântico-tropicais do Nordeste do Brasil. Os tradicionais grupos produtores do Nordeste têm redirecionado seus investimentos para o Sudeste e Centro-oeste (RODRIGUES; ORTIZ, 2007). Atualmente, a região Sudeste é responsável por 80% da produção de etanol destinada à exportação. A região sudeste, especificamente o Estado de São Paulo, é responsável por um constante acréscimo da produção e responde atualmente por 88% do volume de cana-de-açúcar, 89% do álcool e 90% do açúcar produzido no Brasil (IEL, 2006). Dentre os principais estados produtores destacam-se ainda o Paraná e Alagoas.

Para o Estado do Paraná, a expansão da cultura da cana está estimada em 40% nos próximos três anos. Até 2010, mais seis novas usinas estarão moendo, juntas, 9,1 milhões de toneladas de canas que serão retiradas de 118.600 mil hectares. Outro ponto favorável ao clima de expansão é o terminal público para exportação de álcool no Porto de Paranaguá, pronto desde janeiro de 2007 (MONTANINI, 2007).

### 2.2.1 Legislação

A prática da queima da palhada para a colheita da cana vem sofrendo restrições legais, e há tendência de maiores impedimentos para anos futuros. Vários são os argumentos para a criação destas leis, conforme relata o juiz federal Mauro Spalding (NOTADEZ, 2007):

Este magistrado constata diariamente, na época da safra de cana-de-açúcar, os problemas respiratórios da população jacarezinhense e de toda a região do norte pioneiro do Paraná.

A fuligem proveniente das queimadas que caem como flocos de neve suja, visível contra o céu azul e, principalmente, na eterna sujeira lançada no chão das casas, das calçadas das ruas, das roupas, dos carros, etc. Vê ao longo do horizonte, principalmente nos finais de semana, labaredas de fogo que atingem dezenas de metros de altura, soando um barulho que pode ser ouvido mais de perto como estalos, e lançando na atmosfera uma fumaça escura em grandes proporções capaz de atingir quilômetros de extensão, a perder de vista. Este juiz federal escuta diariamente as reclamações da população local, que não mede palavras quando encontra este magistrado socialmente ou quando o procura em seu gabinete para demonstrar sua insatisfação, indignação e revolta com a forma com que vêm sendo

efetuadas as queimadas: próximas dos centros urbanos e sem um controle ambiental efetivo, parecendo desvairadas. Presença a beira das rodovias da região, de onde se observam as infinitas plantações de cana-de-açúcar, os bóias-frias trabalhando nos canaviais negros, secos e muitas vezes ainda esfumaçados pós-queima, todos com roupas encardidas pela cinza deixada pelo fogo que parece ter cessado há pouco tempo.

O pioneirismo coube ao Estado do Rio de Janeiro, onde desde 22 de dezembro de 1992 a Lei Nº. 2049 dispõe sobre a proibição de queimadas na colheita da cana-de-açúcar. Em São Paulo, a Lei Estadual Nº. 11.241, de 19 de setembro de 2002 dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas (SÃO PAULO, 2002).

No Paraná, surgiu proposta em 2003 do Projeto de Lei Nº. 633, de autoria do deputado João Hermann Neto, tendo como relator o Deputado Fernando Gabeira, para restringir a queima da palha, e caso seja aprovado o projeto de lei do Deputado Reinhold Stephanes Junior, de 2007, a proibição total da queima da palha de cana-de-açúcar será iniciada em 31 de dezembro de 2010 (PRAZERES, 2007).

De maneira geral, todas estas leis primeiramente especificam as áreas passíveis de colheita mecanizada, sendo que determinam um cronograma para a gradual transição no sistema de colheita. Determinam ainda que áreas não mecanizáveis precisam de permissão de órgão ambiental para a realização da queima, sendo esta atribuída atualmente ao IBAMA (BRASIL, 1998).

### 2.3 FAUNA EDÁFICA

O solo é o habitat natural para uma grande variedade de organismos, tanto microrganismos, quanto animais invertebrados. Esse conjunto que vive e é responsável por inúmeras funções do solo é chamado de biota do solo, e apresenta uma grande variedade de tamanhos e metabolismos (CORREIA e OLIVEIRA, 2000), e por este fato, diversas tentativas de classificações e agrupamentos têm sido propostas.

Os microrganismos são seres extremamente diversos com várias centenas de espécies de fungos e uma grande diversidade de tipos de bactérias com

populações que variam de  $10^6$  a  $10^9$  células por centímetro cúbico (SWIFT *et al.*, 1979).

Microfauna do solo são organismos invertebrados, normalmente associados ao filme de água, podendo-se dizer que quase todas as classes ou ordens estão presentes no solo. Seu diâmetro corporal varia de 4  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$  segundo Swift *et al.* (1979). Estes pequenos animais atuam de maneira indireta na ciclagem de nutrientes através da ingestão de bactérias e fungos (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

A mesofauna do solo apresenta diâmetro corporal entre 100  $\mu\text{m}$  e 2 mm e compreende ácaros, colêmbolos, miriápodes, aracnídeos e diversas ordens de insetos, alguns oligoquetos e crustáceos. Este conjunto de organismos, apesar de extremamente dependente da umidade do solo, é caracteristicamente terrestre. As atividades tróficas destes animais incluem tanto o consumo de microrganismos e da microfauna, como também a fragmentação do material vegetal em decomposição (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Os animais da macrofauna do solo são aqueles que possuem mais de 10 mm de comprimento ou com diâmetro corporal entre 2 mm e 20 mm (como minhocas, coleópteros em estado larval e adulto, centopéias, cupins, formigas, piolhos de cobra, tatuzinhos e aracnídeos) (WOLTERS, 2000; LAVELLE e SPAIN, 2001). Podem pertencer a quase todas as ordens encontradas na mesofauna, excetuando-se ácaros, colêmbolos, proturos e dipluros. Acima de 20 mm de diâmetro corporal, os invertebrados do solo passam a pertencer à categoria da megafauna, composta por algumas espécies de oligoquetos, diplópodes, quilópodes e coleópteros. Estas duas categorias têm como principais funções a fragmentação de detritos vegetais e animais e a modificação da estrutura do solo, através da atividade de escavação e produção de coprólitos (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

A classificação acima tem como principal critério o diâmetro corporal, que apresenta alguma relação com o diâmetro do tubo digestivo e do aparelho bucal. Estas medidas por sua vez, determinam que tipo de recurso alimentar e qual o potencial de consumo de um animal da fauna de solo. Sendo assim, não se espera que um integrante da microfauna seja capaz de triturar a serrapilheira, como também não é provável que um animal da macrofauna, tal como um diplópode dependa apenas de microrganismos para a sua dieta. Outras classificações buscam entender a funcionalidade da fauna de solo, utilizando outros critérios. É o caso da

classificação proposta por Hole (1981), que considera a sua ocorrência no ambiente do solo, incluindo horizonte mineral e orgânico (CORREIA e OLIVEIRA, 2000).

### 2.3.1 Efeito de fatores abióticos sobre a fauna edáfica

A comunidade da macrofauna edáfica é um parâmetro sensível do impacto de diferentes tipos de sistemas de produção, o que possibilita o seu uso como instrumento na determinação de opções de manejo sustentável dos sistemas agropecuários (SILVA *et al.*, 2006). Sistemas que contribuem para a manutenção de adequada umidade, temperatura e matéria orgânica do solo, beneficiam a flora e fauna do solo, e induzem maior ocorrência de organismos (CAMPANHOLA, 2002).

Em levantamento da meso e macrofauna do solo em microbacia no Rio Grande do Sul, Giracca *et al.* (2003), relatam que as práticas de manejo podem afetar direta ou indiretamente a fauna do solo, sendo que a presença e qualidade da cobertura do solo atuam diretamente sobre sua população. Barros; Curmini e Chavel (2001) trabalhando com macroinvertebrados em áreas que sofreram desmate, constataram que a ausência de cobertura pode levar à diminuição de diversidades de grupos.

Muitos são os autores a afirmar que a queima prévia ao corte dos canaviais causa uma série de inconvenientes ao meio ambiente e em particular à entomofauna associada à cultura.

Araújo *et al.* (2005) avaliando o efeito da queima controlada da palhada da cana-de-açúcar sobre comunidade de artrópodes, anteriormente e posteriormente ao uso do fogo para a colheita, verificou a redução do número de insetos em cinco espécies dentre as 17 selecionadas para análise. Porém os dados sugerem uma tendência de recuperação da comunidade ao padrão observado antes da queima. Reafirmando esta tendência, Zimmer e Parmenter (1998) afirmam que espécies residentes nas plantas (principalmente herbívoros e predadores) inicialmente sofrem alta mortalidade, mas recolonizam rapidamente esses locais através de populações advindas das áreas vizinhas não queimadas.

Pinheiro (1996), em estudo comparando macroartrópodos edáficos sob cana colhida com e sem a queima da palha, no norte do Estado do Rio de Janeiro,

encontrou resultados que indicam que a colheita da cana crua (sem queima) favorece a ocorrência da fauna, não somente em quantidade, como também em riqueza dos grupos encontrados.

Dlamini e Haynes (2004) em estudo sobre efeitos de diferentes manejos e cultivos sobre minhocas na África tropical encontraram maior número de indivíduos em áreas de mata, seguindo-se da cana crua e por fim área de cana que sofreu queima.

Macedo *et al.* (2002) citam que sem a realização da queima, a cigarrinha das raízes e broca do colmo adquiriram grande importância na cultura da cana-de-açúcar, tornando-se um dos grandes desafios a serem equacionados em áreas de cana crua.

Fernandes *et al.* (2008) avaliando a biomassa e densidade populacional da macrofauna edáfica em Jaguapitã – Paraná, constataram maiores densidades em áreas de mata e menores em áreas de cana-de-açúcar. Ao avaliarem a estratificação dos organismos observaram que em ambos os tratamentos, as populações concentraram-se na camada de 10 a 20 cm de profundidade.

Robertson, Kettle e Simpson (1994) em estudo de cinco anos comparando preparos de solo no noroeste australiano concluíram que solos não preparados geralmente ocasionam maiores densidades de organismos detritívoros e predadores, concluindo que a manutenção da palha aumenta a sustentabilidade ecológica dos organismos dos agossistemas e contribui para a redução dos insetos praga.

O clima e época de coleta também exercem influência nas populações edáficas encontradas. Correia e Pinheiro (1999), em monitoramento de fauna de solo sob diferentes coberturas vegetais em sistema agroecológico encontraram reduções gradativas nas densidades da fauna, independentemente da cobertura em ano de déficit hídrico. Moço *et al.* (2005), caracterizando a distribuição da fauna edáfica nos compartimentos solo e serrapilheira, em duas épocas do ano e em diferentes coberturas vegetais, encontraram maiores densidades de organismos na época de verão.

## 2.4 USO E EFEITOS DA VINHAÇA

O principal efluente das destilarias de álcool é a vinhaça, sendo produzida, em média, na proporção de 13:1 L de vinhaça e álcool, respectivamente (AZANIA *et al.*, 2003).

Devido à vinhaça conter certa proporção de nutrientes, é comum às usinas destinarem este resíduo a adubação. Atualmente, a vinhaça produzida no Estado de São Paulo é destinada à fertirrigação e deve atender à norma técnica CETESB P4.231/2006, que regulamenta sua aplicação, mantendo concentrações de K em limites pré-estipulados em função do tipo de solo e da cana, definindo ainda, que os tanques de armazenagem e os drenos para a vinhaça devem ser impermeabilizados para impedir contaminação de solo e águas (PERES, 2007).

Pesquisas têm sido realizadas no intuito de conhecer os efeitos da vinhaça no solo, nas plantas e na fertilidade. Azania *et al.* (2003), em ensaio no qual a vinhaça foi aplicada sobre vasos em casa de vegetação, onde foram cultivados plantas de guanxuma (*Sida rhombifolia*), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), e cana-de-açúcar (variedade RB72454), constatou que a vinhaça prejudicou a emergência e o desenvolvimento de sementes *B. decumbens*, bem como o de *S. rhombifolia*, mas não o da cana-de-açúcar, provavelmente devido às sementes serem mais sensível aos compostos alcoólicos remanescentes na vinhaça

Avaliando o efeito da queima da palha e adição de vinhaça nas propriedades químicas de um cambissolo, Canellas *et al.* (2003) encontraram respostas que mostram que o tratamento com cana crua e adição de vinhaça aumentaram os teores de macro e micronutrientes, quando comparado ao manejo da cana queimada e sem adição de vinhaça. Além disso, na camada superficial do solo (0 - 0,20 m), o teor de carbono variou de 13,13 g kg<sup>-1</sup>, na cana queimada, a 22,34 g kg<sup>-1</sup>, na cana crua, e de 15,71 g kg<sup>-1</sup>, na cana sem adição de vinhaça, a 18,33 g kg<sup>-1</sup>, na cana que anualmente recebeu vinhaça.

Sanomiya *et al.* (2006), investigando a mineralização da palhada de cana-de-açúcar em solo adicionado com vinhaça, observaram incrementos de até 2,3 vezes na respiração microbiana através da evolução de CO<sub>2</sub>. Estes autores evidenciaram que a maior decomposição da palhada poderá causar maior ciclagem de nutrientes.

## 2.5 MÉTODOS DE COLETA DA MACROFAUNA EDÁFICA

Devido a fauna do solo apresentar inúmeros organismos e de grande diversidade de hábitos e tamanhos, não existe método de coleta universalmente aceito, o que fez com que métodos tenham sido desenvolvidos para a coleta de populações específicas (AQUINO, 2001).

Na maior parte das metodologias de amostragem de fauna, coleta-se uma parcela do ambiente (serrapilheira-solo) de tamanho conhecido, para que então, já em laboratório, os animais sejam retirados (extraídos) dela (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

A extração de fauna de solo pode ocorrer através de dois grupos básicos de métodos, físicos ou seletivos (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Nos métodos ditos físicos ou mecânicos a separação dos animais baseia-se na natureza e densidade do solo, e no tamanho, forma e propriedades específicas do tegumento dos indivíduos (FONSECA; VANNIER, 1969), o que seria representado pela retirada do solo e sua posterior lavagem e centrifugação. Nos métodos seletivos, ou ainda chamados “dinâmicos”, os animais são estimulados a movimentarem-se por estímulos químicos ou termodinâmicos. Este princípio é empregado nos funis de Berlese-Tüllgren, ou ainda na extração de minhocas pelo uso do formol.

Uma metodologia bastante simples e de baixo custo, foi proposta pela “*Tropical Soil Biology and Fertility*” (TSBF), descrito por Anderson e Ingram (1993) e por Aquino (2005), que consiste basicamente em retirar um monólito de dimensão conhecida e efetuar a triagem manual dos animais, transferindo-os para recipientes e fixando-os em álcool 70% para posterior classificação.

Existem outros métodos de coleta e triagem. A técnica do Berlese-Tüllgren, descrito por Correia e Oliveira (2000), vem a ser a coleta do solo por meio de anéis, que posteriormente são submetidos ao calor, sendo que os organismos caem no líquido fixador ao fugirem do gradiente térmico criado na amostra.

A armadilha do tipo “*Pitfall Trapping*” adaptada, vem a ser um frasco contendo solução fixadora, o qual é enterrado ao nível do solo, capturando organismos epígeos que acidentalmente caem na armadilha. Este método mede a atividade dos indivíduos presentes, dependendo basicamente da mobilidade da espécie, que é atraída pelo próprio conservante, frutos, esterco e outros produtos

que podem ser acrescentados à armadilha. Este método revela mais a atividade dos organismos do que as densidades de populações (MOLDENKE, 1994).

## 2.6 ÍNDICES ECOLÓGICOS

Desde muito tempo, os biólogos tentam quantificar a diversidade de formas de vida no planeta. O método mais lógico para isso era uma simples contagem de quantos e quais organismos vivem em uma área. Porém, nas primeiras décadas do século XX, metodologias que envolviam critérios matemáticos começaram a ser desenvolvidas (DIAS, 2004).

Informações sobre a riqueza de espécies ou diversidade são indispensáveis para subsidiar políticas de conservação, apontando “o que salvar, quando, como e qual os custos para efetuar este salvamento” (Coddington *et al.* 1991, Moreno, 2001). Segundo Moreno (2001) uma das principais vantagens no uso de índices, é que eles resumem muita informação em um só valor, que ainda pode ser posteriormente sujeito a comprovações estatísticas, entre diferentes habitats (ou tratamentos) ou ainda dentro do mesmo habitat em diferentes tempos.

Apesar dos índices ecológicos serem calculados baseados nas espécies encontradas nada impede que sejam empregados em outros níveis taxonômicos, essa flexibilidade é bastante útil no estudo de comunidades do solo, reconhecidamente muito diversas (CORREIA *et al.*, 2000).

Por fim, Silva (2008) recomenda a utilização de mais de um índice para a caracterização da diversidade da população, visto que cada um responde mais sensivelmente a determinada característica da população.

### 2.6.1 Índice de diversidade de Shannon (H')

O índice de Shannon-Wiener ou simplesmente índice Shannon (SHANNON; WIENER, 1949), é um dos índices mais utilizados em trabalhos de ecologia, onde se pretende avaliar a diversidade. Assume-se que os indivíduos são coletados

aleatoriamente de uma grande e infinita população e também, que todas as espécies estão representadas na amostra (MAGURRAN, 1988), atribuindo às espécies raras presentes, maiores valores.

O cálculo envolve dois parâmetros: riqueza e abundância relativa (PIANKA, 1994), que são ferramentas básicas no estudo das comunidades (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Riqueza é a quantidade de espécies e abundância relativa é a quantidade de indivíduos de determinada espécie que ocorre em um local ou em uma amostra (PIANKA, 1994; MORENO, 2001).

Embora o resultado do cálculo do índice não apresente uma resposta ecológica geral concreta, os valores obtidos podem ser comparados através das variâncias obtidas, através de teste t de Student, (DIAS, 2004), ou ainda ANOVA (analysis of variance).

O índice de Shannon ( $H'$ ) é calculado através da seguinte fórmula:

$$H' = -\sum p_i \cdot \log \cdot p_i$$

Onde:

$$p_i = n_i / N$$

Sendo  $n_i$  o valor de densidade de cada espécie ou grupo e  $N$  o total dos valores de espécies ou grupos (ODUM, 1983).

### 2.6.2 Índice de equitabilidade de Pielou ( $e$ )

O índice de equitabilidade ou uniformidade de Pielou (PIELOU, 1975) mede a proporção da diversidade observada com relação à máxima diversidade esperada. Seu valor varia de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situações onde todas as espécies são igualmente abundantes. Pela equitabilidade é possível verificar o grau de dominância numérica apresentada por um ou alguns grupos da fauna do solo, pois quanto menor o valor do índice de equitabilidade, maior é a dominância (DIAS *et al.*, 2007).

O índice de equitabilidade de Pielou é calculado através de:

$$e = \frac{H'}{\log S}$$

Em que:

$H'$  = Índice de Shannon;

$S$  = número de espécies ou grupos amostrados = riqueza.

### 2.6.3 Riqueza (S)

O conceito de riqueza (S) é simplesmente o número total de grupos ou espécies em uma unidade amostral. Sendo assim é uma medida que pouco diz a respeito da organização da comunidade, tendo em vista que quanto maior o tamanho da amostra, possivelmente maior o número de organismos triados, aumentando o valor da riqueza mesmo sem alterações do habitat.

## 2.7 ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS

Muitos trabalhos na área de biologia do solo, principalmente envolvendo estudos da fauna edáfica, têm utilizados técnicas de análise multivariada, a fim de buscar maior entendimento das relações existentes entre os componentes da fauna, além de identificar quais atributos biológicos mais contribuem para discriminar sistemas de manejo (BARETTA *et al.*, 2005).

O tratamento multivariado contribui para elucidar aspectos ou sugerir processos que não seriam percebidos por tratamentos descritivos mais conservadores. Análises multivariadas prestam-se, por definição, à exploração de relações estruturais entre conjuntos de dados produzidos, assim, são uma ferramenta essencial para detectar relações que, de outra forma, permaneceriam insuspeitas, sendo o potencial exploratório da análise multivariada, seu ponto mais forte (INACIO *et al.*, 2002).

As razões para se optar pelas técnicas da análise multivariada, em detrimento a testes paramétricos, estão ligadas às características dos dados da fauna edáfica, que em geral apresentam: dados esparsos (muitos zeros); muitas espécies presentes apenas em algumas amostras; o número de fatores que influenciam a composição em espécies é potencialmente amplo; o número de fatores importantes é geralmente restrito e pode existir muita informação redundante (LEPŠ; ŠMILAUER, 2003).

A análise de componentes principais (ACP) é um método multivariado recomendado para se detectar a estrutura subjacente a um conjunto de dados, como por exemplo, a estrutura de uma comunidade (LEPŠ; ŠMILAUER, 2003).

A ACP consiste em transformar um conjunto de  $p$  variáveis originais  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , pertencentes a  $n$  indivíduos ou populações, em um novo conjunto de variáveis,  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  de dimensão equivalente, chamados componentes principais. Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, construído de maneira a explicar o máximo da variabilidade total dessas variáveis originais e não-correlacionados entre si (STRAPASSON; VENCOVSKY; BATISTA, 2000).

Como benefícios proporcionados pela ACP, são citados por Baretta (2007):

- a) eliminação de variáveis pouco relacionadas ao problema em estudo;
- b) reduz a dimensão de espaço onde estão escritos os dados;
- c) proporciona uma matriz de correlação que permite avaliar os graus de correlação entre as variáveis;
- d) ao final tem-se um sistema de eixos, onde cada um explica uma porcentagem da variabilidade do conjunto de dados.

Entre as diversas técnicas de análises multivariadas, a Análise de Correspondência Canônica (ACC) é atualmente a mais indicada quando o objetivo é obter uma relação mais estreita das variáveis ambientais com a abundância de espécies (DIGBY; KEMPTON, 1996), fazendo ordenações com base em regressões múltiplas (CUNHA *et al.*, 2003). Esse método realiza uma análise direta de gradientes, pressupondo respostas unimodais, baseadas na média ponderada dos dados (TER BRAAK, 1986; 1987; MELO; HEPP, 2008). Na ACC, os eixos são definidos em combinação com as variáveis ambientais, produzindo diagramas ("biplots") em que são apresentados conjuntamente espécies e parcelas, como pontos ótimos aproximados no espaço bidimensional, e variáveis ambientais, como

vetores ou flechas, indicando a direção das mudanças destas variáveis no espaço de ordenação (TER BRAAK, 1987; TER BRAAK; PRENTICE, 1988; TER BRAAK; ŠMILAUER, 2000). Esse diagrama possibilita a visualização de um padrão de variação da comunidade bem como das características principais responsáveis pelas distribuições das espécies ao longo das variáveis ambientais (MELO; HEPP, 2008).

Entre as vantagens da ACC, a maior delas é a possibilidade de aplicação do teste de Monte Carlo (HOPE, 1968), que consiste em permutar aleatoriamente as linhas da matriz de variáveis ambientais, com o intuito de testar a significância da correlação entre as duas matrizes, identificando a probabilidade de acerto da relação encontrada entre as matrizes originais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os trabalhos experimentais se iniciaram em novembro de 2007 e foram conduzidos no noroeste do Paraná (FIGURA 1), no distrito de Alto Alegre, município de Colorado, dentro de áreas arrendadas e pertencentes à usina de açúcar e álcool Alto Alegre, localizada a latitude 22°50'15" sul e a longitude 51°58'23" oeste, e altitude de 400 metros.

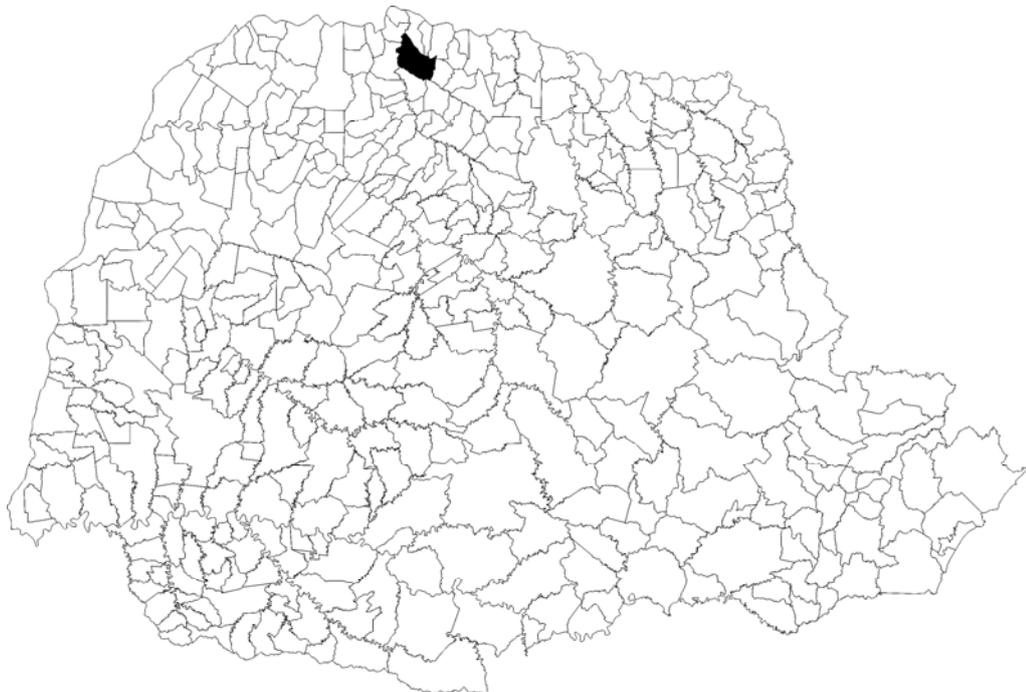
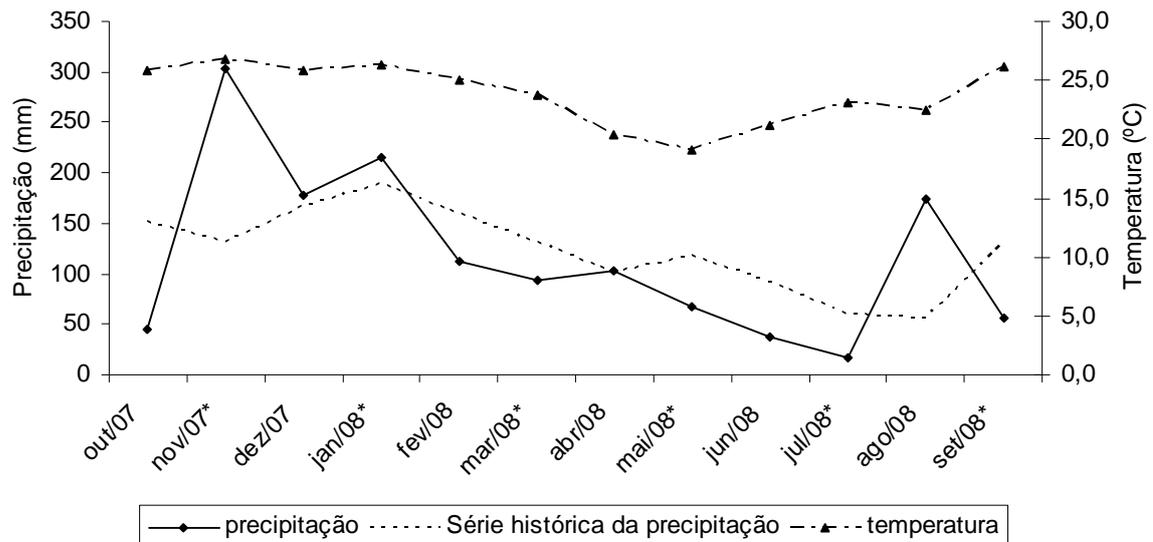


FIGURA 1 – ESTADO DO PARANÁ COM DESTAQUE PARA O MUNICÍPIO DE COLORADO  
FONTE: Adaptado de ITCG (2007)

##### 3.1.1 Clima

O local possui clima Cfa, segundo Köppen, subtropical úmido mesotérmico, apresentando verões quentes (média de temperatura superior a 22°C) com tendência à concentração de chuvas e invernos com poucas geadas (média de

temperatura inferior à 18°C) e sem estação de seca definida, porém com tendência a menores precipitações no inverno. As médias pluviométricas encontram-se entre 1500 mm/ano e 104 mm/mês (SIMEPAR, 2007). Na Figura 2 estão registradas as médias das temperaturas e pluviosidade durante o período do experimento, obtidas através dos dados da estação meteorológica da usina.



\* Épocas amostrais.

FIGURA 2 – TEMPERATURA MÉDIA MENSAL (°C) 2007/2008, MÉDIA PLUVIOMÉTRICA MENSAL (mm) 2007/2008, E SÉRIE HISTÓRICA PLUVIOMÉTRICA (mm) 1975/2007, NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PR.

FONTE: O autor (2009)

### 3.1.2 Solo

A área experimental foi constituída por latossolos vermelhos distróficos com texturas média e textura arenosa (EMBRAPA, 1999), fase floresta subtropical perenifólia. O material de origem corresponde a resíduos intemperizados do Arenito Caiuá da Série São Bento (EMBRAPA, 1984), sendo o relevo de plano a suave ondulado.

### 3.2 ESCOLHA DAS PARCELAS

Na escolha das parcelas buscou-se dentro dos setores e lotes da Usina Alto Alegre, juntamente com técnicos locais, áreas que apresentassem as características de solo e topografia mais semelhantes possíveis e que se enquadrassem nos tratamentos descritos no Quadro 1, com objetivo de se diminuir as interferências nos resultados experimentais. Desta forma três áreas foram selecionadas: Setor “A” Lote 01 Talhão 39; Setor “C” Lote 30 Talhões 2 e 3; e Setor “E” Lote 22 Mata.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, tendo cinco tratamentos, cinco repetições e seis épocas amostrais.

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO	SIGLA
Com palha e vinhaça	Colheita mecanizada, onde a palhada é mantida sobre o solo. Aplica-se vinhaça por canais.	CPCV
Com palha e sem vinhaça	Colheita mecanizada, onde a palhada é mantida sobre o solo. Não se efetua a aplicação de vinhaça.	CPSV
Sem palha e com vinhaça	Colheita manual, utilizando-se o fogo para a eliminação da palha. A vinhaça é aplicada sob o sistema de canais.	SPCV
Sem palha e sem vinhaça	Colheita manual, utilizando-se o fogo para a eliminação da palha. Não se efetua a aplicação de vinhaça.	SPSV
Mata Nativa	Área onde não se realiza nenhuma atividade antrópica.	MN

QUADRO 1 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ESTUDO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES MANEJOS, NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO, PARANÁ EM 2007-2008

FONTE: O autor (2009)

#### 3.2.1 Setor “A” Lote 01 Talhão 39

Neste local estão os tratamentos CPCV e SPCV, tendo as áreas 3,66 e 2,86 ha, respectivamente. Na Figura 3 encontra-se o diagrama do setor e em destaque o local dos tratamentos.

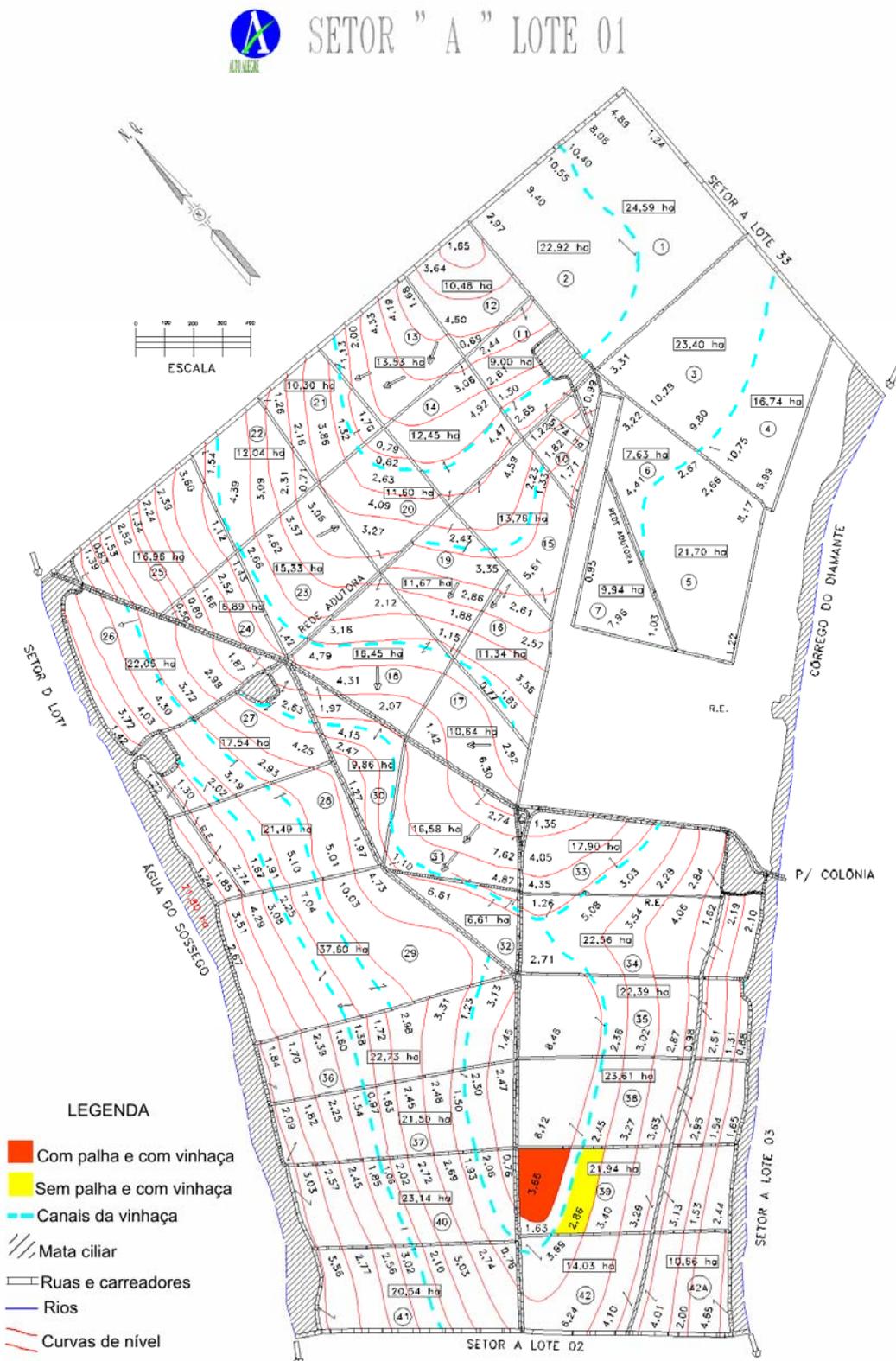


FIGURA 3 – ALOCAÇÃO DOS TRATAMENTOS “COM PALHA E COM VINHAÇA” E “SEM PALHA E COM VINHAÇA”, NO ESTUDO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM 2007/2008

FONTE: Usina Alto Alegre (2008)

3.2.2 Setor "C" Lote 30 Talhões 2 e 3

Neste setor estão os tratamentos CPSV (3,34 ha) e SPSV (3,96 ha). Os tratamentos encontram-se nos talhões 2 e 3 respectivamente (FIGURA 4).

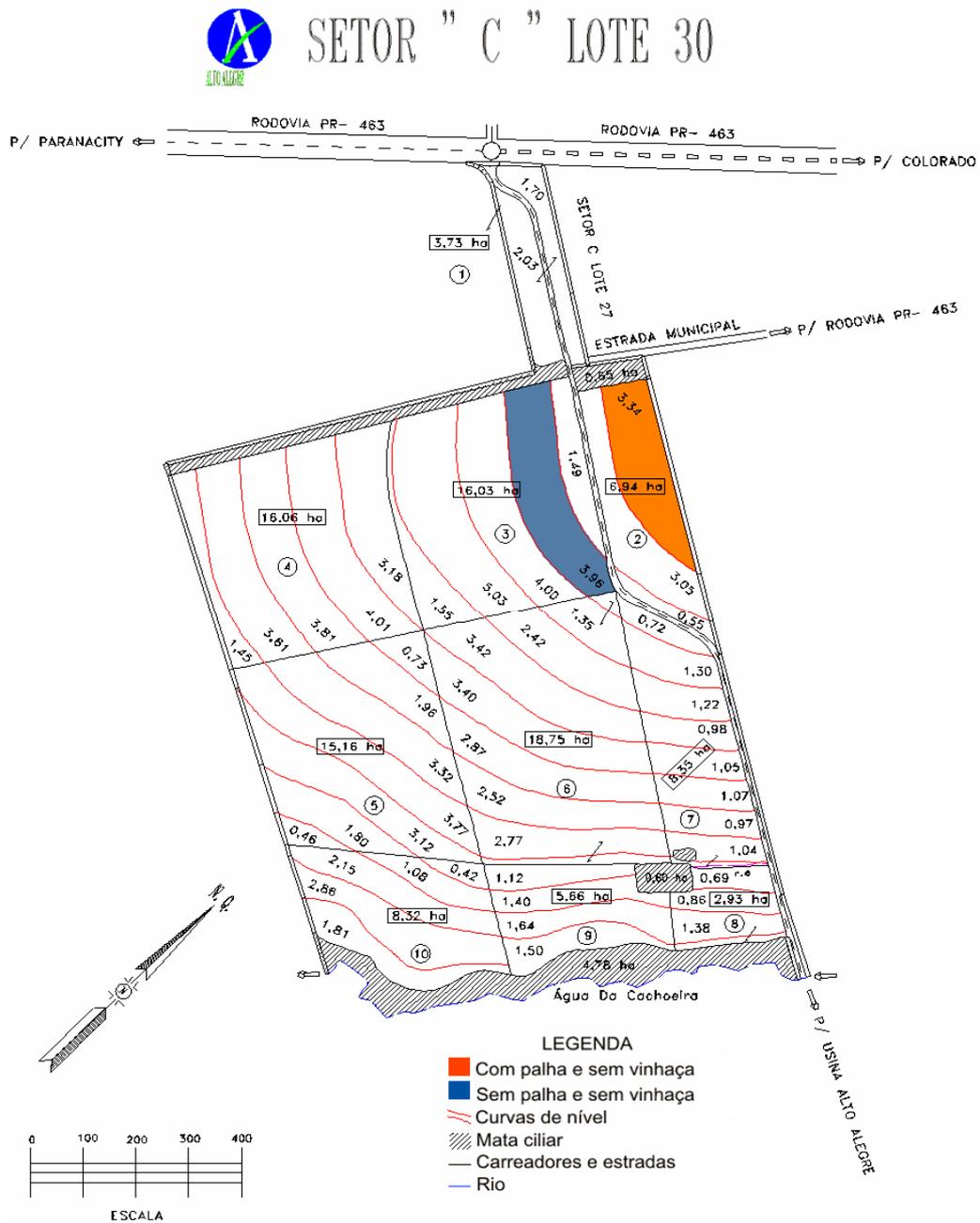


FIGURA 4 – ALOCAÇÃO DOS TRATAMENTOS “COM PALHA E SEM VINHAÇA” E “SEM PALHA E SEM VINHAÇA”, NO ESTUDO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM 2007/2008

FONTE: Usina Alto Alegre (2008)

3.2.3 Setor “E” Lote 22 Mata

Encontra-se neste setor uma área de mata nativa, que não sofre interferência antrópica há mais de 30 anos. Esta mata ocupa uma área de 36,11 ha, sendo representada na Figura 5.

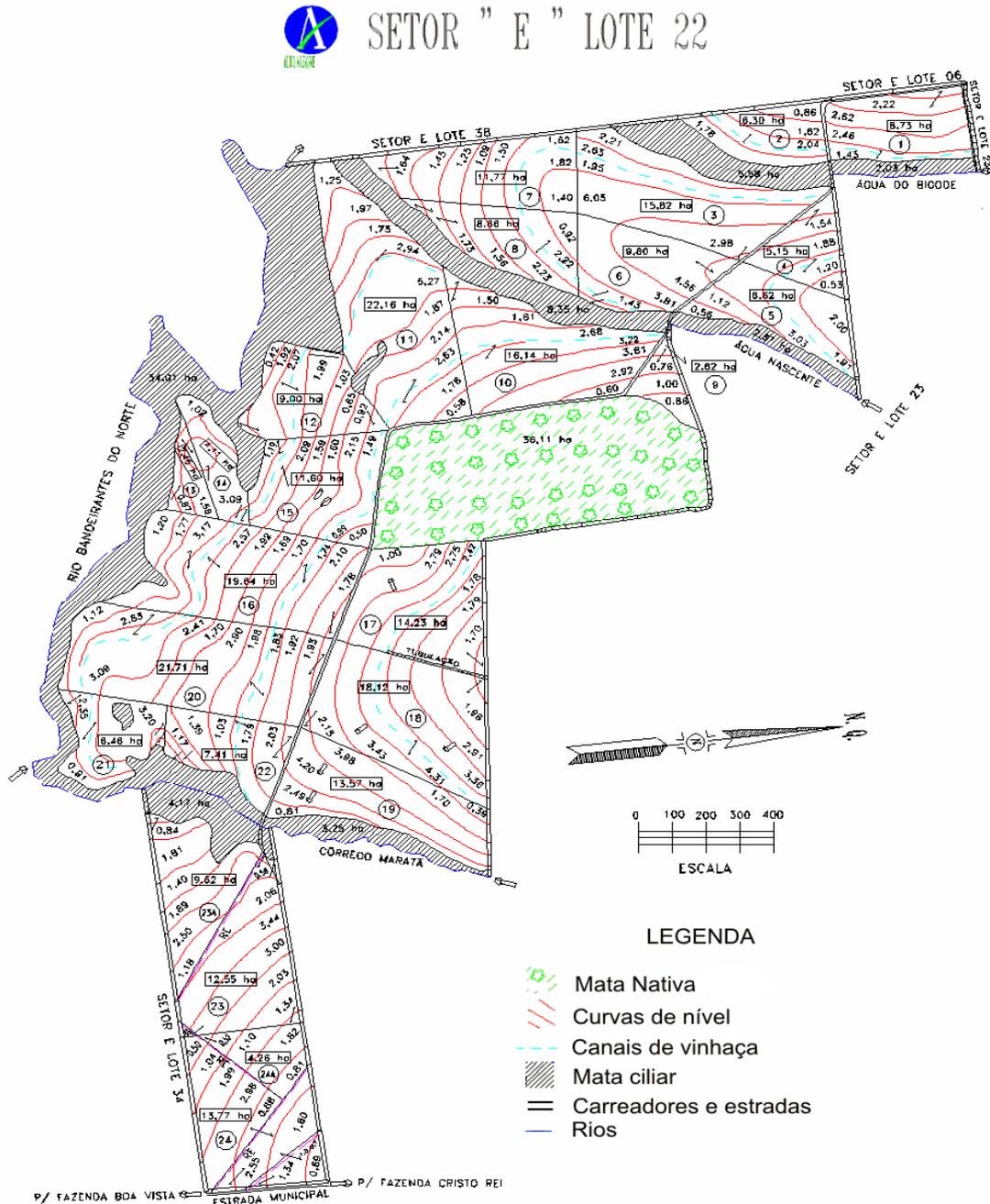


FIGURA 5 – ALOCAÇÃO DO TRATAMENTO “MATA NATIVA”, NO ESTUDO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM 2007/2008  
 FONTE: Usina Alto Alegre (2008)

### 3.3 COLETA E ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO SOLO

#### 3.3.1 Caracterização química do solo

A caracterização química do solo iniciou-se em novembro de 2007, sendo que em cada coleta, com intervalos de 90 dias, retiraram-se amostras de solo em cada um dos tratamentos, para levantamento dos atributos químicos: pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, alumínio, enxofre e os micronutrientes cobre, ferro, zinco, manganês e boro.

Para a coleta de solo foram utilizados trados caladores, baldes e sacos plásticos identificados, amostrando-se a uma profundidade de 0,30 m, conforme Lemos e Santos (1996).

O procedimento de coleta baseou-se na retirada de 10 subamostras, conforme sugere o Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR (1996) para áreas homogêneas menores ou iguais a 10 ha, que posteriormente foram misturadas e homogeneizadas para compor uma amostra. As amostras foram retiradas na entrelinha da cultura da cana-de-açúcar, sendo que a tradagem foi realizada a pelo menos 10 m de distância, entre os pontos.

Após serem acondicionadas em sacos identificados, as amostras foram enviadas ao laboratório de análise Pirasolo Laboratório Agrotécnico Piracicaba S/C Ltda., sendo determinados os parâmetros já mencionados anteriormente.

As metodologias analíticas para cada elemento da fertilidade do solo são descritas em Raij *et al.* (2001), utilizadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

O valor médio anual para os parâmetros avaliados para cada tratamento é ilustrado através na Tabela 3 em resultados e discussões. Os resultados das análises correspondentes a cada coleta são mostrados nos quadros constantes nos anexos.

### 3.3.2 Análise granulométrica do solo

Juntamente com a primeira coleta de solo para a caracterização química, foram coletadas amostras para a caracterização granulométrica dos solos das áreas experimentais.

Cada amostra sofreu os seguintes tratamentos: primeiramente as partículas grosseiras ( $> 2$  mm) foram separadas das frações mais finas ( $< 2$  mm) mediante peneira. A fração menor que 2 mm foi dispersa mediante uso de hidróxido de sódio 1N e agitada mecanicamente. As frações de areia foram separadas por meio de peneiramento (0,053 mm) e silte e argila por sedimentação. A argila foi determinada através da leitura em densímetro e o silte pela diferença, conforme descrito em EMBRAPA (1997).

Os resultados foram utilizados para se determinar a classificação textural dos solos em cada tratamento, através do uso do triângulo textural (FIGURA 6).

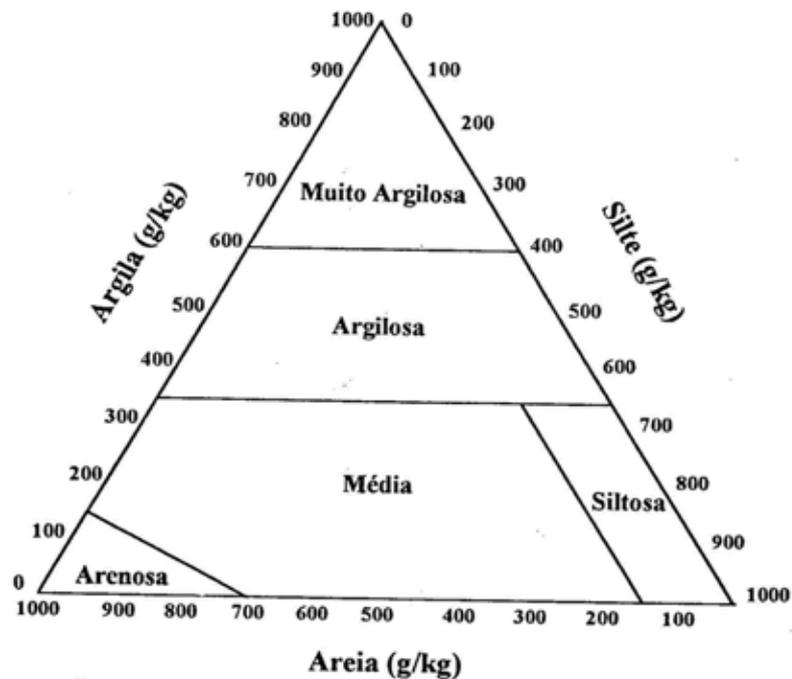


FIGURA 6 – TRIÂNGULO PARA GRUPAMENTO DE CLASSES DE TEXTURA DE SOLOS  
 FONTE: EMBRAPA (1999)

### 3.3.3 Umidade do solo

Para a determinação da umidade do solo foram coletadas em todas as épocas e tratamentos, três amostras (repetições) nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-0,30 m. As amostras foram acondicionadas em saco plástico vedado em caixa de isopor com gelo. O solo foi passado em peneira de 2 mm e cerca de 10 g de solo foi colocado em placa de Petri previamente seca em estufa e com peso determinado em balança de precisão. O material foi pesado (peso do solo úmido) e levado à estufa a temperatura de 105 °C por 24 horas (FIGURA 7). Após este período determinou-se o peso seco do solo, sendo a umidade determinada pela diferença entre peso úmido e peso seco. A descrição desta metodologia encontra-se em EMBRAPA (1997).



FIGURA 7– BALANÇA (a) E ESTUFA (b), UTILIZADAS PARA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DOS SOLOS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

FONTE: O autor (2008)

## 3.4 CARACTERIZAÇÃO DA VINHAÇA

A aplicação da vinhaça nos setores que foram utilizados no estudo se faz há mais de 20 anos, e desde 2005 obedece à norma CETESB (2005), segundo a qual a dose a ser aplicada é calculada em base do teor de potássio presente no solo, o que em média representa  $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , aplicado uma vez ao ano, no mês de novembro.

Para a aplicação, a vinhaça foi bombeada e percorreu através de canais de irrigação, por meio de gravidade, até as entrelinhas do canavial.

As análises foram realizadas no laboratório Pirassolo, seguindo-se as diretrizes para análise de vinhaça estabelecida pela CETESB (2005). Os valores físico-químicos médios da vinhaça aplicada no ano de 2007 são expressos no Quadro 2.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	VALOR
pH	-	4,67
Sólidos suspensos totais	g L <sup>-1</sup>	1,35
Demanda química por oxigênio	mg L <sup>-1</sup>	31.050
Demanda bioquímica por oxigênio	mg L <sup>-1</sup>	15.377
Nitrogênio Total	mg L <sup>-1</sup>	364
Cálcio	mg L <sup>-1</sup>	660
Fósforo	mg L <sup>-1</sup>	91,527
Sulfato	mg L <sup>-1</sup>	2.130
Magnésio	mg L <sup>-1</sup>	549
Potássio	mg L <sup>-1</sup>	3.523

QUADRO 2 – ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS MÉDIAS DA VINHAÇA APLICADA NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, NO ANO DE 2007

FONTE: Usina Alto Alegre (2008)

### 3.5 COBERTURA DO SOLO

A quantificação da cobertura de solo foi realizada por amostragem, mediante uso de gabarito de dimensões de 0,5 x 0,5 m, sendo realizadas cinco repetições em cada tratamento. Este era colocado aleatoriamente sobre a entrelinha do local a ser amostrado, sendo a palhada em seu interior retirada manualmente (FIGURA 8a) e acondicionada em saco de papel Kraft.

As amostras foram levadas à estufa ventilada a 60 °C por 48 horas (FIGURA 8b) para perderem umidade e pesadas em balança de precisão de centésimo de grama. Descontando-se o peso do saco de papel, estimou-se a massa seca da cobertura.

Este procedimento foi realizado ao longo das seis as épocas amostrais, sendo os resultados convertidos em t. ha<sup>-1</sup>.



FIGURA 8 – USO DE GABARITO DE MADEIRA PARA COLETA (a), E SECAGEM EM ESTUFA (b) PARA CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

FONTE: O autor (2009)

### 3.6 CONDUÇÃO DO CANAVIAL

Nos canaviais do local experimental adotaram-se as variedades RB72454 e SP80-3280 com espaçamento 1,40 x 0,40 m. Em todos os tratamentos avaliados encontrava-se “cana-soca”, ou seja, o rebrote de corte anterior (3º corte). Nos casos dos tratamentos em que a colheita é feita de forma mecanizada, a palhada já estava mantida há 36 meses. A reforma do canavial é realizada após seis cortes da cana, e corresponde basicamente aos procedimentos de destruição da soqueira, preparo e conservação de solo e no novo plantio com a incorporação de defensivos no solo.

O Quadro 3 mostra os principais manejos empregados nas áreas, bem como o cronograma de execução.

O aspecto de cobertura de solo nas áreas experimentais com cana-de-açúcar pode ser observado nas Figuras 9 e 10, e a cobertura e panorama da mata nativa na Figura 11.

MANEJO	PRODUTO (UNIDADE)	CPCV		CPSV		SPCV		SPSV	
		dose	data	dose	data	dose	data	dose	data
vinhaça	(l.ha <sup>-1</sup> )	120	nov/07	-	-	120	nov/07	-	-
calcário	PRNT 80 % (t.ha <sup>-1</sup> )	0,4	nov/06	-	-	0,4	nov/06	-	-
	13-00-36 (t.ha <sup>-1</sup> )	-	-	0,45	set/07	-	-	0,45	set/07
adubo	ácido bórico (t.ha <sup>-1</sup> )	1	nov/07	1	set/07	1	nov/07	1	set/07
	sulfato de zinco (l.ha <sup>-1</sup> )	3	nov/07	3	set/07	3	nov/07	3	set/07
	espalhante adesivo (l.ha <sup>-1</sup> )	0,05	nov/07	0,05	set/07	0,05	nov/07	0,05	set/07
herbicida	Diuron + Hexazinona (kg.ha <sup>-1</sup> )	1,08	nov/07	0,6	set/07	1,08	nov/07	0,6	set/07
	Isoxaflutol (g IA.ha <sup>-1</sup> )	-	-	0,09	set/07	-	-	0,09	set/07
	Fipronil (g IA.ha <sup>-1</sup> )	0,16	nov/04	0,16	set/04	0,16	nov/04	0,16	set/04
inseticida	Carbofurano (g IA.ha <sup>-1</sup> )	1,75	nov/04	1,75	set/04	1,75	nov/04	1,75	set/04
	Novaluron (g IA.ha <sup>-1</sup> )	-	-	15	mar/07	-	-	15	mar/07
corte	corte à máquina	-	nov/07	-	set/07	-	-	-	-
	corte manual com uso do fogo	-	-	-	-	-	nov/07	-	set/07

LEGENDA: CPCV – com palha com vinhaça; SPCV – sem palha com vinhaça; CPSV – com palha sem vinhaça; SPSV – sem palha sem vinhaça; MN – mata nativa

QUADRO 3 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANEJO DA CANA NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, NO PERÍODO DE 2004 À 2007

FONTE: Usina Alto Alegre (2009)

NOTA: IA – Ingrediente ativo



FIGURA 9 – VISTA DA COBERTURA DE SOLO DAS ÁREAS DE CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR COLHIDAS SEM USO DO FOGO; COM (a) E SEM (b) APLICAÇÃO DE VINHAÇA NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM NOVEMBRO 2007

FONTE: O autor (2007)

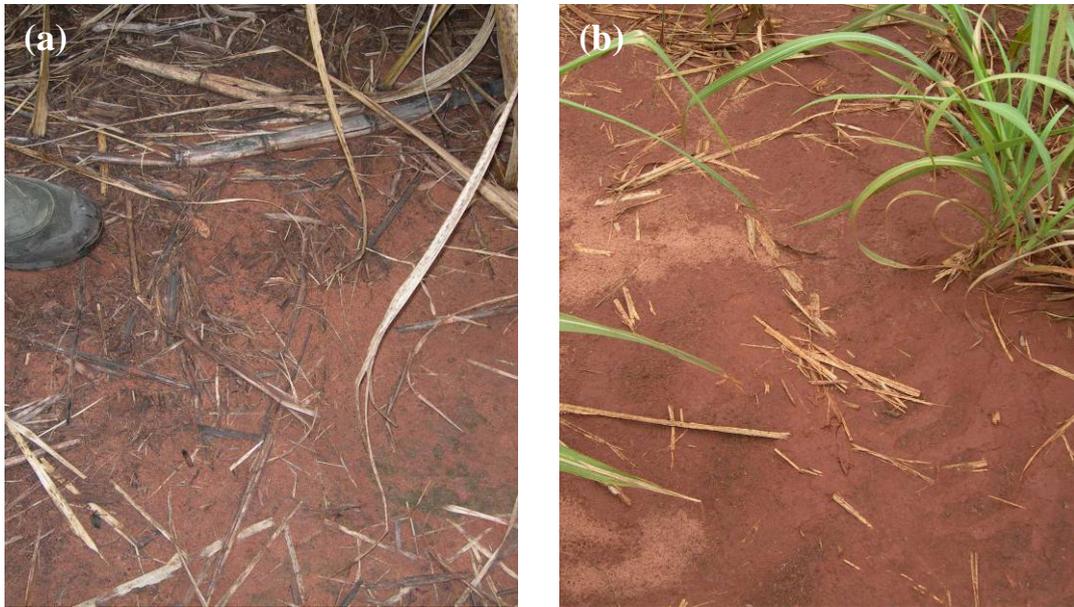


FIGURA 10 – VISTA DA COBERTURA DE SOLO DAS ÁREAS DE CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR COLHIDAS COM USO DO FOGO; COM (a) E SEM (b) APLICAÇÃO DE VINHAÇA NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM NOVEMBRO 2007

FONTE: O autor (2008)



FIGURA 11 – VISTA DE FRAGMENTO DE MATA NATIVA EM ASPECTO EXTERNO (a), E EM COBERTURA DO SOLO (b), DENTRO DAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM NOVEMBRO 2007  
FONTE: O autor (2007)

### 3.7 COLETA E CLASSIFICAÇÃO DA MACROFAUNA EDÁFICA

A coleta e triagem dos organismos foram efetuadas seguindo-se a metodologia TSBF, descritos por Anderson e Ingram (1993) e Aquino (2001). Optou-se pela coleta nas entrelinhas da cultura, para evitar pragas associadas às raízes da cana-de-açúcar.

Em cada um dos períodos amostrais foram coletados cinco monólitos (repetições) de 0,25 m X 0,25 m X 0,30 m de profundidade, com auxílio de gabarito confeccionado em madeira, retirados a uma distância de 10 metros um do outro. O monólito de solo foi estratificado em três camadas de 0,10 m, sendo que cada uma

delas foi retirada, e o material colocado em lona plástica de dois metros quadrados para a triagem dos organismos da macrofauna em campo (FIGURA 12).



FIGURA 12 – CONFEÇÃO DE MONÓLITO E TRIAGEM DOS ORGANISMOS DA FAUNA EDÁFICA COM AUXÍLIO DE GABARITO DE MADEIRA E LONA PLÁSTICA, NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, EM JANEIRO DE 2008

FONTE: O autor (2008)

O procedimento de coleta seguiu os seguintes passos:

- a) o gabarito foi colocado aleatoriamente na entrelinha de plantio, removendo-se a serrapilheira de dentro do gabarito e colocando-a em uma lona para a triagem de organismos;
- b) os organismos encontrados foram então fixados em solução de álcool 70% em frascos identificados com o local da coleta, número da repetição e sua profundidade. Neste caso esses organismos foram considerados parte da profundidade 0 – 0,10 m;

- c) sobre o mesmo local, cavou-se uma trincheira, ao lado externo do gabarito, sendo que após atingir a profundidade de 0,10 m, o gabarito era retirado e acertavam-se manualmente as dimensões até que o gabarito entrasse no monólito;
- d) esta camada era retirada cortando-se sua base com pá reta, então era colocada sobre a lona plástica e o monólito destorreado. Os organismos presentes eram triados com auxílio de pinça e pincéis e acondicionados no frasco com álcool 70%;
- f) as camadas de 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m seguiram o mesmo procedimento.

Após os procedimentos de coleta, realizou-se em laboratório a classificação da fauna edáfica, com auxílio de lupa binocular. O reconhecimento dos táxons foi feito baseando-se em caracteres morfológicos e em chaves de identificação específica para cada grupo (BORROR; TRIPLEHORN; JOHNSON, 1992; ALMEIDA; COSTA; MARINONI, 1998) e em comparação com espécimes preservados nas coleções do laboratório Ângelo Moreira da Costa Lima, no Departamento de Patologia Básica da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O número de indivíduos nos grupos e/ou ordens foi tabelado para posterior tratamento das informações, de acordo com os objetivos propostos.

### 3.8 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

#### 3.8.1 Análise multivariada de dados

Para avaliar o efeito dos sistemas de manejo (tratamentos) sobre a macrofauna foi realizada a análise de componentes principais (ACP), uma para cada época amostrada e outra se agrupando todas as amostragens do ano, considerando como variável resposta o número e/ou ordem de organismos encontrados.

Para se compreender o grau de influência entre os atributos químicos do solo, bem como cobertura e umidade do solo (variáveis explicativas) sobre os

tratamentos foi realizada uma ACP. Posteriormente foi realizada a análise de correspondência canônica (ACC), com o intuito de estabelecer correlações entre as variáveis de resposta com as variáveis explicativas.

As técnicas de estatísticas multivariadas foram realizadas através do programa CANOCO versão 4.5 (TER BRAAK; SMILAUER, 2000).

### 3.8.2 Análise de variância (ANOVA)

Visando-se estabelecer diferenças entre os tratamentos, os índices ecológicos, a umidade do solo e cobertura de solo foram submetidos à ANOVA, após terem a normalidade comprovada pelo teste de Shapiro-Wilk, sendo transformados quando necessário. Valores significativos do teste F foram dispostos ao teste de Duncan.

Dados que não atingiram a normalidade mesmo após transformações foram comparados através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

A análise de variância foi calculada através do pacote estatístico ASSISTAT versão 7.5 (SILVA; AZEVEDO, 2006).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 GRANULOMETRIA DOS SOLOS

O uso do triângulo textural (EMBRAPA, 1999) permitiu estabelecer as diferenças entre as texturas das áreas de cada tratamento. Estes resultados são expressos no Quadro 4.

Tratamento	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Textura
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
CPCV	102	8	715	175	890	arenosa
SPCV	113	7	670	210	880	arenosa
CPSV	154	18	620	209	829	média
SPSV	156	20	610	215	825	média
MN	160	30	575	235	810	média

LEGENDA: CPCV – com palha com vinhaça; SPCV – sem palha com vinhaça; CPSV – com palha sem vinhaça; SPSV – sem palha sem vinhaça; MN – mata nativa

QUADRO 4 – GRANULOMETRIA (0 - 0,30 m) DOS SOLOS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

FONTES: O AUTOR (2009)

As áreas dos tratamentos CPCV e SPCV apresentaram textura arenosa, enquanto que nos tratamentos CPSV, SPSV e MN foi revelada textura média. Embora as texturas tenham sido classificadas em classes diferenciadas ressalta-se que as texturas médias estão em limiar muito próximo da arenosa.

### 4.2 UMIDADE DOS SOLOS

A Tabela 1 apresenta os resultados médios da umidade estratificada dos solos das áreas experimentais.

Para a primeira coleta (novembro de 2007) os tratamentos nas áreas de cana não apresentaram diferenças quanto à estratificação da umidade do solo. Apenas a área de mata mostrou variação significativa, ficando os 0,10 m iniciais do solo com umidade superior às profundidades de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m, que se mostraram semelhantes. Este mesmo resultado repetiu-se para a coleta de janeiro, sendo que na média demonstrou-se esta tendência para os todos os tratamentos.

Em março a área de mata ainda apresentou maior umidade na camada mais superficial, porém SPSV mostrou nos estratos de 0 – 0,20 m maior umidade que em 20 – 30 m.

Na coleta de maio se observou diferenças significativas apenas nos tratamentos CPSV e SPSV, cujos resultados demonstraram maior umidade nas camadas mais profundas, podendo ser reflexo da textura de solo (QUADRO 4).

TABELA 1 – UMIDADE DO SOLO AO LONGO DE SEIS ÉPOCAS, ESTRATIFICADA EM TRÊS PROFUNDIDADES, REALIZADA NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO DE 2007 A SETEMBRO DE 2008

Coleta	(cm)	Umidade (%)							MÉDIA			
		CPCV	CPSV	SPCV	SPSV	MN						
nov/07	0 - 10	9,77		9,74		10,16		10,22		10,79	A	10,1
	10-20	9,91	ab	9,38	bc	8,97	c	10,03	a	8,95	B c	9,39
	20 - 30	9,43	bc	10,19	ab	10,63	a	10,32	ab	8,94	B c	9,9
jan/08	0 - 10	10,22		10,59		11,02		10,35		12,75	A	11 A
	10-20	9,9		9,87		9,90		9,96		9,82	B	9,89 B
	20 - 30	9,91		9,91		10,43		9,97		9,70	B	9,98 B
mar/08	0 - 10	10,67	b	11,44	b	11,88	b	10,47	A b	14,72	A a	11,8
	10-20	9,88		10,36		10,82		10,17	A	10,68	B	10,4
	20 - 30	10,4		9,63		10,22		9,62	B	10,46	B	8,19
mai/08	0 - 10	3,00	d	4,98	B b	3,67	c	4,56	B b	5,12	a	4,27
	10-20	2,71		5,38	AB	4,38		5,37	A	4,97		4,56
	20 - 30	4,25	c	5,73	A b	4,52	c	5,62	A b	5,37	a	5,11
jul/08	0 - 10	2,33	B b	4,12	B a	2,10	C b	3,74	B a	3,64	a	3,19
	10-20	3,17	A c	4,43	B ab	3,15	B c	4,81	A a	3,94	bc	3,9
	20 - 30	3,74	A bc	4,96	A a	3,88	A bc	3,25	B c	4,48	ab	4,06
set/08	0 - 10	6,77		9,32		8,42		8,96		7,67		8,23
	10-20	7,06		9,41		9,04		9,01		7,61		8,43
	20 - 30	6,73		8,90		7,13		8,94		7,15		7,77
MÉDIA	0 - 10	7,13		8,39		7,87		8,05		9,11		
	10-20	7,10		8,14		7,71		8,22		7,66		
	20 - 30	7,41		8,22		7,22		7,95		7,68		

LEGENDA: CPCV – com palha com vinhaça; SPCV – sem palha com vinhaça; CPSV – com palha sem vinhaça; SPSV – sem palha sem vinhaça; MN – mata nativa

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias de três repetições. Valores na mesma profundidade entre os tratamentos, seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%. Valores no mesmo tratamento seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% quanto à estratificação da umidade do solo. Valores não seguidos de letras não foram significativos.

Julho foi a única época onde se verificou diferenças significativas entre as umidades dos estratos nos tratamentos CPCV e CPSV. O primeiro tratamento demonstrou uma maior distribuição da umidade em profundidade (0-0,10 m e 0,10 - 0,20 m), enquanto no segundo somente 0,20 – 0,30 m mostrou-se mais úmido. As

áreas sem palha mostram novamente a tendência da umidade em maior profundidade.

Quando se avaliou as diferenças entre os tratamentos (TABELA 1), verificou-se que no mês de janeiro de 2008, as áreas com cana-de-açúcar apresentaram maior umidade que a área de mata, quando consideradas as profundidades de 0 – 0,30 m. Na coleta de janeiro, não houve diferença entre os tratamentos. Para março MN apresentou valor significativamente superior em umidade no estrato 0 – 0,10 m, enquanto os tratamentos restantes mostraram-se estatisticamente semelhantes. Na coletas de maio e julho, pode-se perceber o efeito da maior quantidade da argila na umidade do solo. Comparando-se a Tabela 1 com o Quadro 4, percebe-se que os solos que contém maior quantidade de argila mostram-se com valores estatisticamente superiores.

A coleta de setembro de 2008 não revelou diferenças significativas entre as umidades dos tratamentos.

#### 4.3 QUANTIFICAÇÃO DA COBERTURA NOS TRATAMENTOS

Através do uso do gabarito de madeira (FIGURA 8) foi quantificada a cobertura dos solos nas áreas do experimento ao longo do ano, sendo que os valores em massa de matéria seca por hectare são expressos através da Tabela 2.

Os resultados confirmam que os tratamentos em área de cana-de-açúcar, onde é realizada a colheita mecanizada fornecem maior cobertura ao solo. No tratamento CPCV para o mês de novembro, teve-se a maior média de cobertura no experimento, com 23,91 t.ha<sup>-1</sup> de massa seca. Em contraste com este valor, a média mínima foi encontrada no tratamento SPCV (março), com 0,83 t.ha<sup>-1</sup>, sendo os valores obtidos similares aos de GALDOS *et al.* (2009).

Através dos resultados estatísticos, pôde-se concluir que a aplicação da vinhaça em áreas de cana, não interferiu na quantidade de palhada nas áreas onde a cana é colhida com uso prévio do fogo, sendo as médias de cobertura entre SPCV e SPSV estatisticamente iguais. Nas áreas de cana onde se realizou a aplicação da vinhaça, somente a coleta de maio apresentou diferença estatística, sendo que o tratamento CPSV (18,10 t.ha<sup>-1</sup>) foi estatisticamente superior a CPCV (15,18 t.ha<sup>-1</sup>).

TABELA 2 – RESULTADOS MÉDIOS DE CINCO REPETIÇÕES PARA COBERTURA DO SOLO (MASSA SECA) NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DE SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

TRATAMENTOS	novembro	janeiro	março	maio	julho	setembro
CPCV	23,91 A a	23,70 A a	23,29 A a	15,18 B bc	9,73 A c	17,31 A ab
SPCV	1,38 C	3,40 C	0,83 B	1,11 D	1,83 C	1,68 C
CPSV	20,36 AB a	20,84 A a	21,80 A a	18,10 A a	10,20 A b	16,74 A ab
SPSV	3,75 C	3,03 C	1,58 B	1,59 D	1,63 C	1,10 C
MN	13,58 B bc	14,79 B ab	17,20 A a	9,39 C bc	6,58 B c	7,20 B c

LEGENDA: CPCV – com palha com vinhaça; SPCV – sem palha com vinhaça; CPSV – com palha sem vinhaça; SPSV – sem palha sem vinhaça; MN – mata nativa

FONTE: o autor (2009)

NOTA: Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% entre tratamentos. Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% entre as épocas avaliadas. Valores não seguidos de letras não foram significativos.

Com exceção dos meses de novembro e março, a área de mata revelou valores de cobertura de solo inferiores aos dos tratamentos com cana-de-açúcar colhidos sem uso do fogo.

Os tratamentos SPSV e SPCV não apresentaram variação significativa da cobertura entre as épocas avaliadas, ao passo que os tratamentos sem queima apresentaram as menores densidades no mês de julho, sendo estes valores coincidentes com a pluviometria mais baixa do ano, sendo estes resultados confirmados através de correlação linear (FIGURAS 13 e 14).

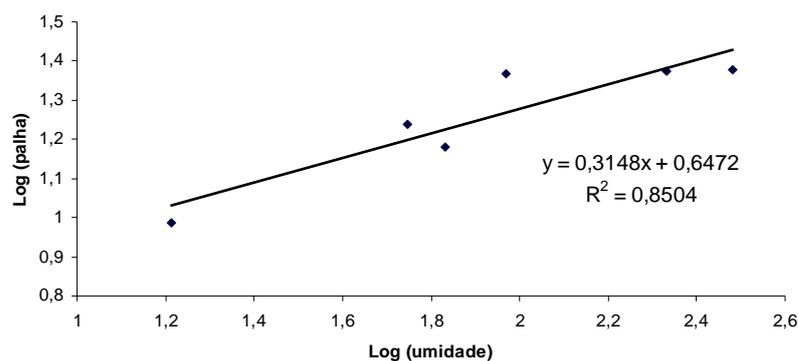


FIGURA 13 – CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE VALORES DA COBERTURA DE SOLO E PLUVIOSIDADE MÉDIA EM ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, NO TRATAMENTO COM PALHA E COM VINHAÇA (CPCV)

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Valores transformados através de  $\log(x)$  em base 10

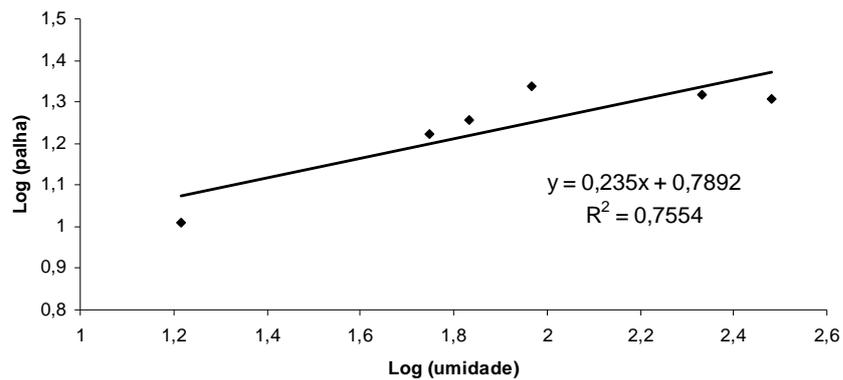


FIGURA 14 – CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE VALORES DA COBERTURA DE SOLO E PLUVIOSIDADE MÉDIA EM ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, NO TRATAMENTO COM PALHA E SEM VINHAÇA (CPSV)

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Valores transformados através de  $\log(x)$  em base 10

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO

Os resultados das análises químicas para cada área experimental foram sintetizados pela média anual e expostos através da Tabela 3. Os valores originais obtidos em cada coleta são encontrados nos quadros constantes nos anexos.

Os tratamentos com aplicação de vinhaça proporcionaram valores significativamente maiores de pH, K, Mg, soma e saturação de bases. A área de mata (MN) diferenciou-se dos tratamentos com cana-de-açúcar, por revelar maior quantidade de matéria orgânica, além de H+Al, CTC, Al e Fe. SPSV teve as maiores concentrações dos micronutrientes Cu e Mn.

TABELA 3 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA MÉDIA DOS SOLOS (SEIS REPETIÇÕES), NA PROFUNDIDADE DE 0 - 0,30 m, REALIZADA NA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

Tratamento	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P (Resina) mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	Al	Soma bases	CTC	Sat. bases V%	Sat. Al m%	S (SO <sub>4</sub> ) mg dm <sup>-3</sup>	Micronutrientes				B água quente
														Cu	Fe	Zn	Mn	
														-----DTPA-----				
														mg dm <sup>-3</sup>				
CPCV	5,52 a	14,18 b	35,58 b	2,31 a	15,90 ab	6,70 a	14,22 d	0,00 d	25,18 a	39,40 b	63,67 a	0 d	7,04	0,64 c	35,57 b	1,29 b	3,13 c	0,24
SPCV	5,69 a	15,87 b	124,01 a	2,99 a	19,06 a	6,46 a	14,89 d	0,00 d	28,49 a	43,38 b	66,00 a	0 d	8,21	0,80 c	41,60 b	1,99 a	2,93 c	0,23
CPSV	4,58 b	15,10 b	11,61 d	0,88 b	12,90 bc	2,60 c	25,13 c	1,40 c	16,51 bc	41,64 b	40,00 b	8 c	8,76	1,11 b	12,93 c	0,85 c	15,03 b	0,21
SPSV	4,28 c	13,83 b	16,81 c	1,32 b	10,39 c	2,11 c	30,43 b	3,28 b	13,90 c	44,33 b	31,33 c	21 b	10,00	1,65 a	11,20 c	1,10 bc	21,37 a	0,22
MN	4,04 c	25,50 a	8,56 a	0,88 b	13,54 bc	3,68 b	44,38 a	4,11 a	18,33 b	62,71 a	28,67 c	22 a	10,21	0,72 c	125,40 a	1,13 bc	14,45 b	0,32
CV%	4,5	15,5	3,64	17,4	18,7	17,4	8,4	25,9	14,7	10,0	4,7	25,9	NS	12,3	5,9	23,4	23,2	NS

LEGENDA: CPCV – com palha com vinhaça; SPCV – sem palha com vinhaça; CPSV – com palha sem vinhaça; SPSV – sem palha sem vinhaça; MN – mata nativa

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Valores seguidos de mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste de Duncan a 5%. NS: diferença não significativa

## 4.5 IMPACTOS SOBRE OS ÍNDICES ECOLÓGICOS

### 4.5.1 Densidade da macrofauna edáfica

Os valores médios da densidade da macrofauna edáfica variaram de 35,2 no tratamento SPSV em maio (2008) a 1.606,4 ind m<sup>-2</sup> em janeiro (2008) na área de mata (TABELA 4).

Avaliando-se os tratamentos ao longo do ano, percebeu-se que em média geral o tratamento MN obteve significativa densidade de indivíduos da macrofauna edáfica, concordando com Lourente *et al.* (2007), seguindo-se as áreas de cana-de-açúcar que receberam os tratamentos que forneceram alguma fonte de matéria orgânica, seja pela palha, aplicação de vinhaça ou ambos. Pinheiro *et al.* (1996), em trabalho de avaliação da densidade da macrofauna em cana-de-açúcar, encontrou em áreas colhidas sem queima maiores valores da fauna edáfica, quando comparadas àquelas que foram queimadas, sendo encontrados 40,5% Formicidae, 24% Diptera, 8,2% Hemiptera, 5,2% de Isoptera, 4,1% de Coleoptera, 0,2% de Oligoqueta. Os indivíduos de outros grupos somaram 17,1%.

Na primeira coleta (novembro de 2007), o tratamento MN apresentou a maior densidade média, com 844,8 indivíduos, seguida por CPCV com 259,2 indivíduos. Os tratamentos CPSV e SPCV apresentaram médias estatisticamente semelhantes, com 99,2 e 54,4 indivíduos, sendo SPSV estatisticamente inferior, embora em sua média total apresente 57,6 ind.m<sup>-2</sup>.

No mês de janeiro, as densidades sofreram incremento de valor para todos os tratamentos, com exceção do CPCV. Nesta coleta, os tratamentos nas áreas de cana-de-açúcar foram todos estatisticamente semelhantes, sendo MN superior em densidade.

TABELA 4 – DENSIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA (ind.m<sup>-2</sup>) NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

Tratamento	NOV **	JAN*	MAR	MAI**	JUL	SET**	MÉDIA
CPCV	259,2 B	198,4 B	182,4 A	256 A	451,2 A	217,6 B	259,2 B
CPSV	99,2 BC	156,8 B	144 A	192 AB	275,2 A	227,2 B	181,9 B
SPCV	54,4 BC	99,2 B	131,2 A	259,2 A	377,6 A	521,6 A	240,5 B
SPSV	57,6 C	204,8 B	99,2 A	35,2 B	220,8 A	201,6 B	136,5 B
MN	844,8 A	1.606,4 A	428,8	406,4 A	336 A	422,4 AB	674,7 A
MÉDIA	263,04	452,48	197,12	229,76	330,88	318,88 a	

Legenda: CPCV - palha com vinhaça; CPSV - palha; SPCV - vinhaça; SPSV - sem nada; MN - mata nativa

FONTES: O autor (2009)

NOTA: Médias de cinco repetições. Valores na mesma época seguidos de letras iguais (maiúsculas) não se diferenciaram significativamente pelo teste de Duncan. \*5% de probabilidade. \*\*1% de probabilidade.

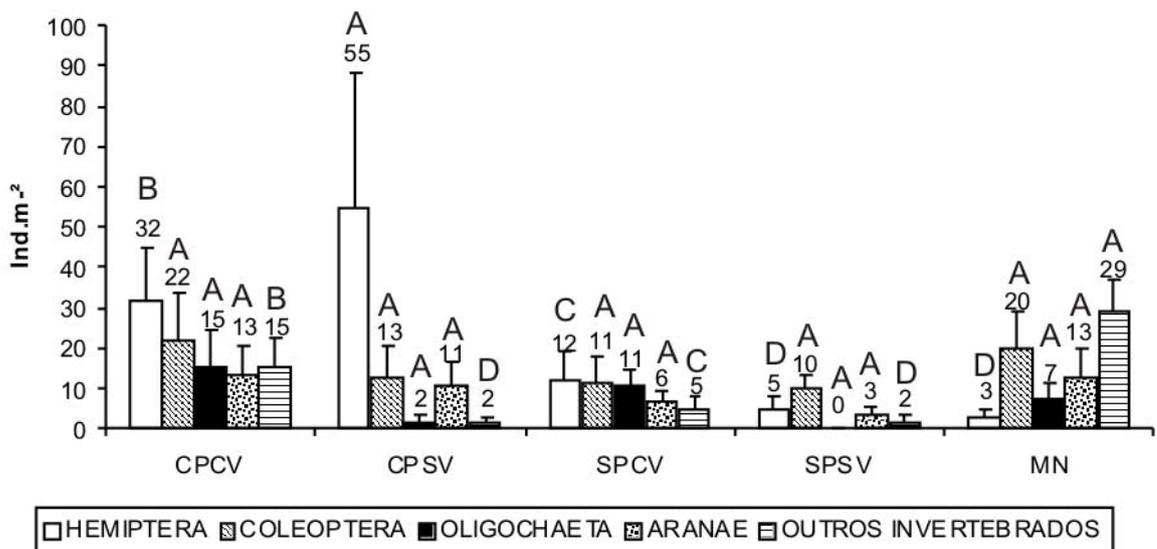
Em março não houve diferenças significativas entre os tratamentos, porém em maio o tratamento SPCV apresentou 259,2 ind.m<sup>-2</sup>, e o CPCV (256 ind.m<sup>-2</sup>), valores significativamente maiores juntamente com MN com 406,4 ind.m<sup>-2</sup>.

Em julho todos os tratamentos sofreram acréscimo da densidade (exceção da MN), porém os resultados da comparação entre os tratamentos não apresentou diferenças significativas entre as médias.

Na última coleta (setembro, 2008), o tratamento SPCV obteve densidade média significativamente maior, ficando o restante dos tratamentos com médias semelhantes.

A distribuição das densidades médias no ano por agrupamento em ordens e/ou grupos pode ser observada nas Figuras 15 e 16.

Optou-se em separar a comunidade de Hemiptera, Coleoptera, Oligochaeta, Aranae e outros Invertebrados (composto por grupos com menor frequência: Blattodea, Chilopoda, Diplopoda, Diptera, Hymenoptera, Isopoda, Lepidoptera, Mollusca, Myriapoda, Orthoptera, Phasmatodea, Psocoptera e Symphyla), dos insetos sociais (Formicidae e Isoptera) (FIGURA 15). Tal medida foi necessária em virtude da característica destes dois grupos, que em razão das elevadas densidades, tornavam a escala gráfica desproporcional ao restante dos organismos coletados.

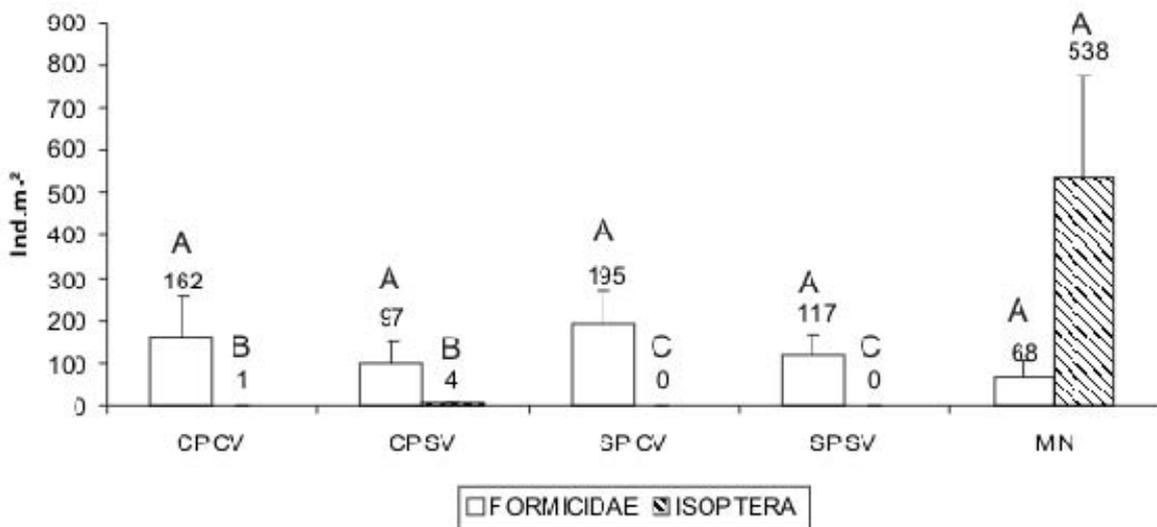


Legenda: CPCV – com palha com vinhaça; CPSV – com palha sem vinhaça; SPCV – sem palha e sem vinhaça; SPSV - sem palha e sem vinhaça; MN - mata nativa

FIGURA 15 – DENSIDADES MÉDIAS ANUAIS (ind. m<sup>-2</sup>) DISTRIBUÍDAS EM GRUPOS DA FAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias de 6 repetições. Valores seguidos de letras iguais dentro do mesmo grupo não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis.



Legenda: CPCV – com palha com vinhaça; CPSV – com palha sem vinhaça; SPCV – sem palha e sem vinhaça; SPSV - sem palha e sem vinhaça; MN - mata nativa

FIGURA 16 – DENSIDADES MÉDIAS ANUAIS (IND. M<sup>-2</sup>) DISTRIBUÍDAS NOS GRUPOS FORMICIDAE E ISOPTERA EM ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias de 6 repetições. Valores seguidos de letras iguais dentro do mesmo grupo não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis.

O grupo Hemiptera apresentou maior densidade em CPSV, sendo constituído principalmente por percevejos do gênero *Scaptocoris* (Hemiptera, Cydnidae) praga comum em raízes de cana-de-açúcar (GALLO *et al.*, 2002), além de cochonilhas (Hemiptera, Coccidae). A densidade do grupo Coleoptera (besouros) apresentou nas médias totais resultados semelhantes para MN e CPCV, sendo também semelhante o resultado dos outros três tratamentos.

Para o grupo Oligoqueta (minhocas) foram encontradas maiores densidades médias em CPCV, seguido de SPCV e MN, embora estatisticamente não haja diferenciação. No tratamento CPSV foram encontrados apenas dois indivíduos no ano e em SPSV nenhum oligoqueta foi encontrado. Embora os resultados apenas demonstrem uma tendência, os valores para Oligoqueta encontrados para as áreas de cana podem ser explicados em função das melhores condições de fertilidade e pH (Silva *et al.*, 2006), enquanto que na área de mata pela matéria orgânica e cobertura conforme demonstra a Figura 24. Sousa *et al.* (2005) ainda citam que além de maiores valores de matéria orgânica, estabilidade de agregados, macroporosidade e teor de água no solo e menores valores de resistência do solo à penetração e densidade do solo, comparado ao sistema cana crua sem incorporação da palhada e cana queimada.

A densidade do grupo Aranae, foi beneficiada pelos tratamentos CPCV, CPSV e MN, sendo nos tratamentos SPCV e SPSV encontrados as menores densidades. Embora o grupo Aranae possua uma maior capacidade de resiliência às modificações ambientais (PINHEIRO, 1996), o ambiente de mata proporcionou melhores condições para este grupo. Como as aranhas são predadoras a mata proporciona uma gama mais diversificada de possíveis presas (FLÓRES, 2000).

Os tratamentos com a manutenção da cobertura superficial foram os que apresentaram maiores densidades para os grupos classificados como “outros invertebrados”. A presença destes organismos pode ser sintetizada pelos benefícios proporcionados pela manutenção da cobertura, como maior umidade do solo e presença de matéria orgânica (Costa *et al.*, 2006), conforme mostra a análise de correspondência canônica (FIGURA 24).

O grupo Formicidae foi o que predominou nas áreas de cana, sendo que na área de mata, os cupins (Isoptera) sempre mantiveram dominância, sendo responsáveis pela diferenciação em termos de densidade (FIGURA 16), concordando com os resultados de Bianchi *et al.* (2007), que também encontraram

maior densidade desse grupo em área de mata.

A comunidade de cupins ou térmitas (Isoptera) foi predominante na área de mata com 538 ind.m<sup>-2</sup>, sendo o principal responsável pela diferenciação da densidade dos demais tratamentos nesta coleta, concordando com os resultados de Bianchi, Aquino e Almeida (2007), porém diferentemente dos resultados destes autores, o grupo Formicidae foi dominante no tratamento CPCV. Anderson et al. (2002) citam que elevada presença de formigas estão comumente associadas a alterações no manejo do solo, especialmente durante a reabilitação do solo, o que explicaria seus menores valores na área de mata em comparação com áreas de cana.

Avaliando-se flutuação média da densidade ao longo do ano (TABELA 4), nota-se que não houve diferença significativa da densidade da macrofauna ao longo do ano, sendo este resultado reforçado pela comparação das médias totais.

Baretta (2006) avaliando a densidade da macrofauna do solo ao longo do ano em áreas de mata naturais e impactadas com araucária (*Araucaria angustifolia*) também não encontrou valores da flutuação da densidade entre as épocas de coleta. Moço et al. (2005) ao avaliar a densidade da macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais no verão e inverno também não encontraram flutuações significativas. Estes resultados podem ser explicados pela resiliência da fauna do solo, ou “poder tampão”, onde grupos que foram suprimidos por alguma variação ambiental podem ter seus valores em densidade substituídos por indivíduos de outros grupos ou espécies, sendo que na média a densidade permanece constante ao longo do tempo. Observam-se ainda na área de mata o predomínio de aranhas e outros invertebrados, concordando com Correia e Pinheiro (1999).

Embora os resultados demonstrem apenas uma tendência, as densidades dos grupos da mesofauna nas áreas de cana, sugerem benefícios em função da aplicação da vinhaça e manutenção da palhada. Estes resultados podem ser explicados em função das melhores condições de fertilidade e pH proporcionados pela vinhaça (Silva et al., 2006), e pela matéria orgânica fornecida pela cobertura (Razafimbelo et al., 2006).

#### 4.5.2 Diversidade da macrofauna edáfica

Os resultados da avaliação da diversidade, expressos através do índice de Shannon ( $H$ ), são expostos através da Tabela 5. A análise estatística entre os tratamentos mostrou que apenas nos meses de maio e julho ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. Os índices calculados apresentaram-se relativamente baixos em função da dominância de Formicidae e Isoptera, tendo o mesmo sido observado por Lima *et al.* (2007) no estudo de sistemas agroflorestais. Nos resultados apresentados por estes autores, ainda ocorreu que o tratamento com uso de corte e fogo apresentou os mais baixos índices de diversidade.

Para o mês de maio, a diversidade do tratamento SPSV foi significativamente menor que todos os outros. Nota-se que nos meses em que as médias pluviométricas estiveram abaixo do esperado pela série histórica (FIGURA 2), os tratamentos que não possuem cobertura apresentaram índices mais baixos. Esta maior sensibilidade pode estar associada a uma maior exposição do solo a perda de umidade, maior variação de temperatura e menor aporte de alimento para alguns grupos (SOUZA *et al.*, 2005), o que leva a diminuição dos organismos mais sensíveis e reduz a diversidade.

TABELA 5 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA (Índice de Shannon) NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

Tratamentos	NOV	JAN	MAR	MAI*	JUL**	SET	MÉDIA
CPCV	0,1565	0,4532	0,2559	0,3389 AB	0,4608 AB	0,5377	0,3672
CPSV	0,3289	0,2419	0,1941	0,2177 AB	0,4715 AB	0,6371	0,3485
SPCV	0,3563	0,3105	0,2710	0,1305 BC	0,1072 C	0,4401	0,2693
<sup>1</sup> SPSV**	0,2955 b	0,1012 c	0,0602 d	0,0303 C d	0,3786 B a	0,3663 a	0,2054
MN	0,3183	0,3575	0,5203	0,3993 A	0,6401 A	0,4379	0,4456
Média	0,2911	0,2929	0,2603	0,2233	0,4116	0,4838	

LEGENDA: CPCV - palha com vinhaça; CPSV - palha; SPCV - vinhaça; SPSV - sem nada; MN - mata nativa

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias de 5 repetições. Quando necessário os dados foram transformados por raiz(x+1). Valores seguidos de letras maiúsculas distintas diferem pelo teste de Duncan entre os tratamentos na mesma época. Valores seguidos de letras minúsculas distintas diferem pelo teste de Duncan entre as épocas do mesmo tratamento. \* 5 % de significância. \*\* 1% de significância. <sup>1</sup> Aplicado o teste de Kruskal-Wallis. Valores não seguidos de letras não foram significativos.

Os demais tratamentos tiveram médias semelhantes, porém mostrando leve tendência da cobertura do solo elevar os índices de Shannon (H).

Na coleta de julho, as médias dos índices de diversidade (H) dos tratamentos que mantiveram a cobertura (MN, CPCV, CPSV) novamente se apresentaram estatisticamente semelhantes e superiores aos demais. Porém, no mês anterior, SPSV ( $H = 0,3786$ ) foi estatisticamente superior à SPCV ( $H = 0,1072$ ).

Houve flutuação da diversidade ao longo do ano apenas no tratamento SPSV. Nota-se que de novembro (2007) a maio (2008) ocorreu queda da diversidade, ocorrendo sua recuperação no mês de julho e igualdade aos outros tratamentos em setembro. Pela média geral do ano, pode-se concluir em aspecto geral que não houve diferença estatística para a diversidade entre os tratamentos.

#### 4.5.3 Equitabilidade da macrofauna edáfica

A Tabela 6 fornece os valores encontrados para a equitabilidade encontrada nos tratamentos ao longo do ano. Cabe lembrar que o valor do índice de Pielou (e) varia de 0 a 1, sendo que quanto menor o índice maior será a dominância por poucos grupos (DIAS *et al.*, 2007).

TABELA 6 – EQUITABILIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA (Índice de Pielou) NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

Tratamentos	NOV	JAN	MAR	MAI*	JUL**	SET	MÉDIA
CPCV	0,0936	0,2710	0,1531	0,2027 AB	0,2756 AB	0,3216	0,2196
CPSV*	0,1967 ab	0,1447 b	0,1161 b	0,1302 AB b	0,2820 AB ab	0,3810 a	0,2085
SPCV	0,2131	0,1857	0,1620	0,0781 BC	0,0641 C	0,2632	0,1610
SPSV**	0,1767 a	0,0605 b	0,0360 b	0,0181 C b	0,2264 B a	0,2191 a	0,1228
MN	0,1904	0,2138	0,3112	0,2388 A	0,3828 A	0,2619	0,2665
Média	0,1741	0,17514	0,15568	0,13358	0,24618	0,28936	

Legenda: CPCV - palha com vinhaça; CPSV - palha; SPCV - vinhaça; SPSV - sem nada; MN - mata nativa

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias de 5 repetições. Para a análise os dados foram transformados por raiz ( $x+0,5$ ).

Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste de Duncan entre os tratamentos na mesma época. Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem pelo teste de Duncan entre as épocas do mesmo tratamento. \* 5 % de significância. \*\* 1% de significância. Valores não seguidos de letras não foram significativos.

Pode-se afirmar que independente do tratamento, houve dominância de poucos grupos, o que gerou índices baixos para todas as épocas. Estes resultados

podem ser explicados em virtude da dominância de Formicidae e Isoptera, como ilustrado pela Figura 16. Estes resultados são concordantes com, Nunes *et al.* (2007), que avaliando a diversidade edáfica de mata e solos com diferentes tipos de manejo concluíram que o índice de Pielou foi fortemente influenciado pelas comunidades de cupins e formigas.

Ainda, Baretta (2007) levanta que para alguns grupos (ex. Oligochaetas), técnicas de coletas diferenciadas devem ser utilizadas em virtude das diferentes peculiaridades e hábitos, ou seja, caso o método apresente predileção em captura de uma espécie em particular, ocorrerão problemas de dominância.

Em maio e julho os tratamentos SPCV e SPSV foram os que apresentaram menor equitabilidade, o que pode estar refletindo que estes tratamentos apresentam maior sensibilidade ao estresse hídrico, haja vista que nestas coletas ocorreram as médias pluviométricas mais baixas do ano experimental (Figura 2), o que confirma novamente a importância da cobertura de solo.

Ao longo do ano apenas os tratamentos CPSV e SPSV tiveram flutuação da equitabilidade, mostrando queda nos meses de janeiro, março e maio.

Em contexto geral, ao se avaliar as médias anuais entre os tratamentos e entre as épocas, conclui-se que não houve variação estatística significativa da dominância ao longo do ano.

#### 4.5.4 Riqueza da macrofauna edáfica

Na Tabela 7 estão expostas as médias do número de grupos encontrados no experimento. Percebe-se que nos meses de novembro (2007) e setembro (2008) não ocorreu variação estatística significativa da riqueza entre os tratamentos.

Em janeiro, os tratamentos MN e CPCV mostraram-se estatisticamente semelhantes (6,2 e 4 grupos), sendo seguidos por SPCV e CPSV (2,6 e 2,2 grupos), sendo SPSV com apenas 1,2 grupo o tratamento com menor riqueza da fauna do solo, indicando que a interação da palhada, com a aplicação de vinhaça, proporcionaram melhores condições ao desenvolvimento de organismos edáficos em áreas de cana-de-açúcar, sendo estes resultados estendidos de março à julho.

TABELA 7 – RIQUEZA DA MACROFAUNA EDÁFICA NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

Trat.	NOV	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	MÉDIA
CPCV	2,4 A b	4,0 AB ab	2,4 AB b	3,4 AB ab	5,4 AB a	5,4 A a*	3,8 B
CPSV	2,8 A ab	2,2 BC bc	2,0 B c	2,4 B bc	4,0 B ab	5,4 A a*	3,1 B
SPCV	2,6 A b	2,6 BC b	2,2 AB b	2,2 B b	2,0 C b	5,4 A a*	2,8 B
SPSV	5,6 A a	1,2 C b	1,0 B b	0,8 C b	3,6 B a	3,4 A a**	2,6 B
MN	5,8 A a	6,2 A** a	4,6 A* a	4,2 A** a	6,6 A** a	5,8 A a	5,5 A**
Média	3,84 a	3,24 a	2,44 a	2,6 a	4,32 a	5,08 a	

Legenda: CPCV - palha com vinhaça; CPSV - palha; SPCV - vinhaça; SPSV - sem nada; MN - mata nativa

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias de 5 repetições. Para a análise os dados foram transformados por raiz ( $x+0,5$ ).

Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste de Duncan entre os tratamentos na mesma época. Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem pelo teste de Duncan entre as épocas do mesmo tratamento. \* 5 % de significância. \*\* 1% de significância. Valores não seguidos de letras não foram significativos.

No mês de julho MN apresentou média de riqueza significativamente superior, porém CPCV revelou valores intermediários entre os índices de riqueza encontrados na mata e os tratamentos CPSV e SPSV. O tratamento SPCV foi estatisticamente inferior a todos os outros nesta coleta.

Em relação à flutuação da riqueza no ano, a área de mata nativa foi a única a apresentar dados constantes, sugerindo que a fauna está adaptada as mudanças climáticas, mantendo ocupação dos nichos de forma mais constante. Observando-se a sazonalidade da precipitação e temperatura (Figura 2), constata-se que nos meses de maio e julho os tratamentos sem manutenção da cobertura apresentam menores índices de riqueza. Os resultados ainda sugerem que o tratamento CPCV sofre menor influência destas variações.

Em cana colhida sem queima em comparação com a colhida com uso do fogo, a primeira apresentou nas duas épocas avaliadas maior riqueza da fauna do solo (PINHEIRO, 1996). Comparando diferentes sistemas de manejo Pimentel *et al.* (2006) encontraram maior valor de riqueza em áreas de floresta. Os dados obtidos e os autores citados apontam que a manutenção da palha sobre o solo contribui para maiores índices de riqueza.

#### 4.6 DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DA MACROFAUNA EDÁFICA

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 8, percebe-se que os tratamentos influenciaram significativamente a preferência da fauna edáfica pelos estratos do solo.

No tratamento CPCV a fauna distribuiu-se de maneira homogênea entre a profundidade de 0-0,30 m durante as duas primeiras coletas, porém a partir de março até julho, meses de menores precipitações e temperatura (FIGURA 2), apresentaram densidades significativamente maiores no estrato de 0-0,10 m. Revela-se ainda a tendência a diminuir a densidade conforme se aumenta a profundidade, o que é confirmado pela média total anual. Apesar deste resultado, nas condições estudadas, não foram encontradas correlações significativas com o gradiente da umidade do solo (Tabela 1).

Bianchi *et al.* (2007) estudando a distribuição vertical da macrofauna edáfica em áreas cultivadas com milho e área de floresta, reforça os resultados obtidos, tendo encontrado em áreas cultivadas a preferência pelos estratos superficiais.

O tratamento CPSV mostra uma maior homogeneidade da fauna em relação à profundidade de coleta. Somente nos meses de maio e setembro, foram encontradas preferências em relação ao estrato mais superficial.

Dos quatro tratamentos em área de cana-de-açúcar, o tratamento SPCV foi o que se mostrou mais sensível à diferença da densidade edáfica em relação à profundidade do solo. Este efeito pode ser mais pronunciado em relação aos tratamentos anteriores em virtude da menor quantidade de cobertura associada à aplicação de vinhaça.

Quanto ao tratamento SPSV, somente em julho e setembro ocorreram preferências em relação a estratos, sendo as médias nas épocas anteriores estatisticamente semelhantes.

TABELA 8 - DENSIDADE MÉDIA (ind.m<sup>2</sup>) DE ORGANISMOS EDÁFICOS EM TRÊS PROFUNDIDADES NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, MUNICÍPIO DE COLORADO – PARANÁ, AO LONGO DAS SEIS ÉPOCAS DE COLETA DE NOVEMBRO 2007 A SETEMBRO 2008

	Profundidade	CPCV	CPSV	SPCV	SPSV	MN
Coletas	(cm)	----- Densidade média -----				
nov/07	0 - 10	5,4 a	2,6 a	2,2 a*	3,0 a	4,0 a
	10-20	2,0 a	1,4 a	0,8 b	0,6 a	39,4 a
	20 - 30	8,8 a	2,0 a	0,4 c	0,0 a	9,6 a
jan/08	0 - 10	5,6 a	4,2 a	3,8 a*	3,2 a	32,8 a
	10-20	2,8 a	4,0 a	0,2 c	8,8 a	35,4 a
	20 - 30	3,8 a	1,6 a	2,2 b	0,8 a	32,20 a
mar/08	0 - 10	11,2 a*	3,0 a	3,6 a	3,0 a	2,2 a
	10-20	0,0 c	3,2 a	1,0 a	1,6 a	22,8 a
	20 - 30	0,2 b	2,8 a	3,6 a	1,6 a	1,8 a
mai/08	0 - 10	11,2 a*	10,2 a*	14,0 a*	0,4 a	11,0 a
	10-20	3,8 b	1,4 b	1,8 b	0,0 a	11,8 a
	20 - 30	1,0 c	0,4 b	0,4 c	1,8 a	2,6 a
jul/08	0 - 10	21,4 a**	7,8 a	17,6 a*	12,4 a**	7,6 a
	10-20	5,8 b	7,0 a	6,0 b	0,0 c	9,8 a
	20 - 30	0,6 c	2,4 a	0,0 c	1,4 b	3,6 a
set/08	0 - 10	10,4 a	8,8 a*	22,6 a*	12,20 a**	7,8 a
	10-20	2,2 a	2,0 c	2,4 b	0,2b	13,4 a
	20 - 30	1,0 a	3,4 b	7,6 b	0,2b	5,2 a
média	0 - 10	10,87 a*	6,10 a*	10,63 a*	5,70 a*	10,90 b
	10-20	2,77 b	3,17 b	2,03 b	1,87 b	22,10 a*
	20 - 30	2,57 c	2,10 c	2,37 b	0,97 b	9,17 c

Legenda: CPCV - palha com vinhaça; CPSV - palha; SPCV - vinhaça; SPSV - sem nada; MN - mata nativa

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias de 5 repetições. Valores seguidos de letras iguais (dentro da mesma época e tratamento) não diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis. \* Significância ao nível de 5%. \*\*Significância ao nível de 1%.

Apesar dos resultados individuais das coletas mensais, quando se avalia a média total das coletas no ano, verifica-se que nas áreas cultivadas com cana, a fauna do solo está associada preferencialmente com ambientes mais superficiais (0-0,10 m) e a área de mata com a camada 0,10 - 0,20 m de profundidade. Este fenômeno pode ser entendido não apenas como resultado da menor quantidade de palha. A grande movimentação do solo por ocasião da reforma e tratos culturais empregados nas áreas de cana-de-açúcar, e a homogeneidade da palhada fazem com que os ambientes cultivados geralmente se apresentem menos favoráveis quando comparados aos ambientes de mata (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Também se deve destacar a predominância do grupo Isoptera no tratamento MN, concordando com Bianchi *et al.* (2007), que devido as altas densidades fazem com que os resultados reflitam a preferência deste grupo pelo estrato de 0,10 - 0,20 m.

#### 4.7 ASSOCIAÇÃO ENTRE OS GRUPOS OU CLASSES DE ORGANISMOS TRIADOS AOS AMBIENTES ESTUDADOS

As Análises de Componentes Principais (ACP) realizadas ao longo do ano experimental, são mostradas seguindo-se a sequência de execução, iniciando-se em novembro de 2007.

As setas indicativas das figuras, apesar de meramente ilustrativas, ajudam a visualizar melhor a intensidade de resposta das variáveis e dos ambientes em relação ao ponto de interceptação, ou seja, quanto mais próxima a variável do ambiente, maior o efeito sobre a mesma, enquanto os quadrantes podem ser separados pelos componentes principais 1 (CP1) na horizontal, e 2 (CP2) na vertical, sendo os valores positivos e negativos relativos à correlação da variável (PIMENTEL *et al.*, 2006).

Em novembro, a variabilidade dos dados foi explicada em 25,8% pela componente principal 1 (CP), 23,5% pela CP 2 e 18,0% pela CP 3 totalizando 67,3% da variabilidade total dos atributos (FIGURA 17).

De acordo com Pimentel (2005), o ideal seria que a soma dos três primeiros eixos canônicos atingisse 70%, para explicar a variabilidade dos dados. Porém os valores encontrados estão bastante próximos deste ideal, e ainda levando-se em conta a alta variabilidade, característica de dados de levantamentos de populações edáficas, estes resultados podem ser considerados bons.

Evidenciou-se pela ACP que o tratamento MN ficou separado dos demais por apresentar maiores valores para os grupos Coleoptera, Isoptera e outros invertebrados. O grupo Araneae ficou mais relacionado ao tratamento CPSV e os Oligochaetas ao CPCV. Formicidae e Hemiptera tiveram valores muito baixos com os eixos apresentados.

Deve-se destacar nesta ACP, que todos os grupos, representados pelos vetores, estão direcionados para a direita, separados pela CP 1, onde há o predomínio dos tratamentos que mantêm a cobertura de solo. A CP 2 parece não evidenciar separação dos grupos nesta coleta.

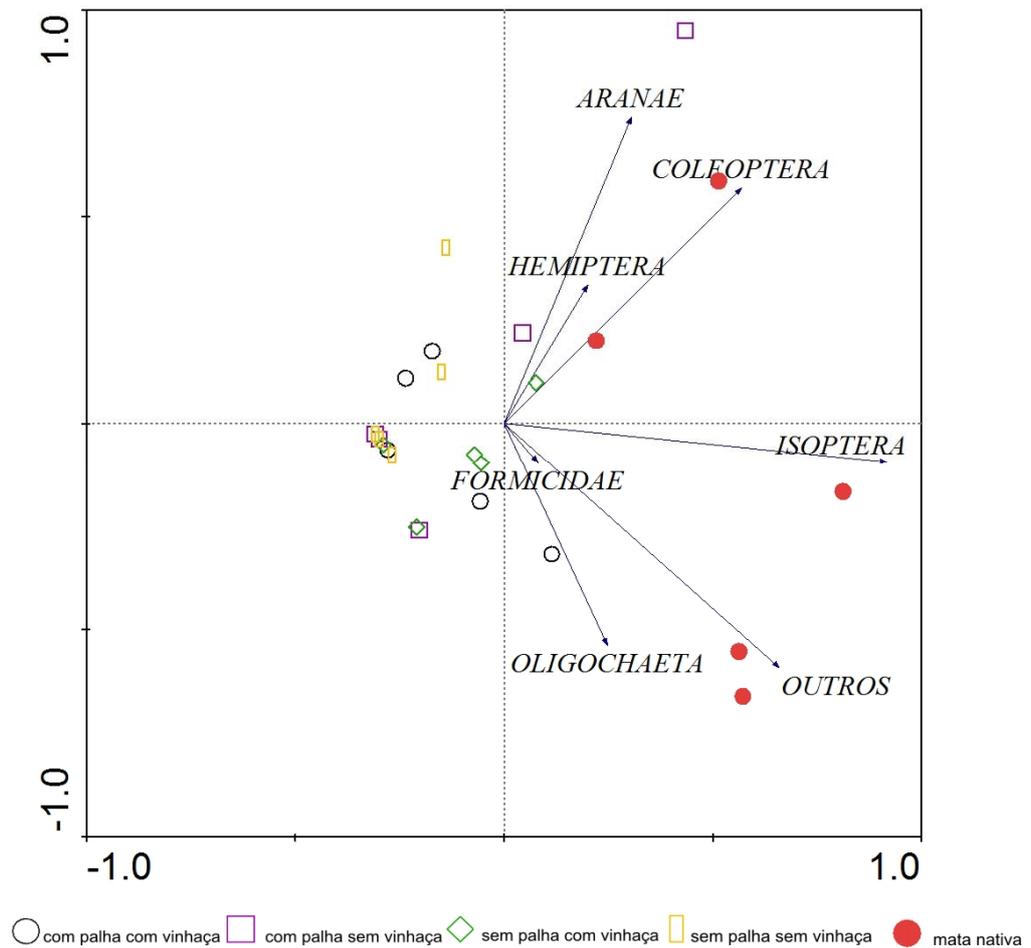


FIGURA 17 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM NOVEMBRO DE 2007 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ

FONTE: O autor (2009)

Em janeiro, a variabilidade dos dados foi explicada em 30,4% pela componente principal 1 (CP), 19,5% pela CP 2 e 15,9% pela CP 3 totalizando 65,8% da variabilidade total dos atributos, distribuindo-se de acordo com a Figura 18.

O tratamento MN permaneceu separado dos demais, estando relacionado aos grupos Araneae, Isoptera, outros invertebrados, e mais fracamente a Oligochaeta. Os tratamentos CPSV e SPSV estiveram associados ao grupo

Hemiptera, enquanto SPCV a Formicidae, ambos grupos conhecidas pragas da cultura da cana-de-açúcar. O tratamento CPCV pareceu estar mais distribuído e associado a Oligochaeta.

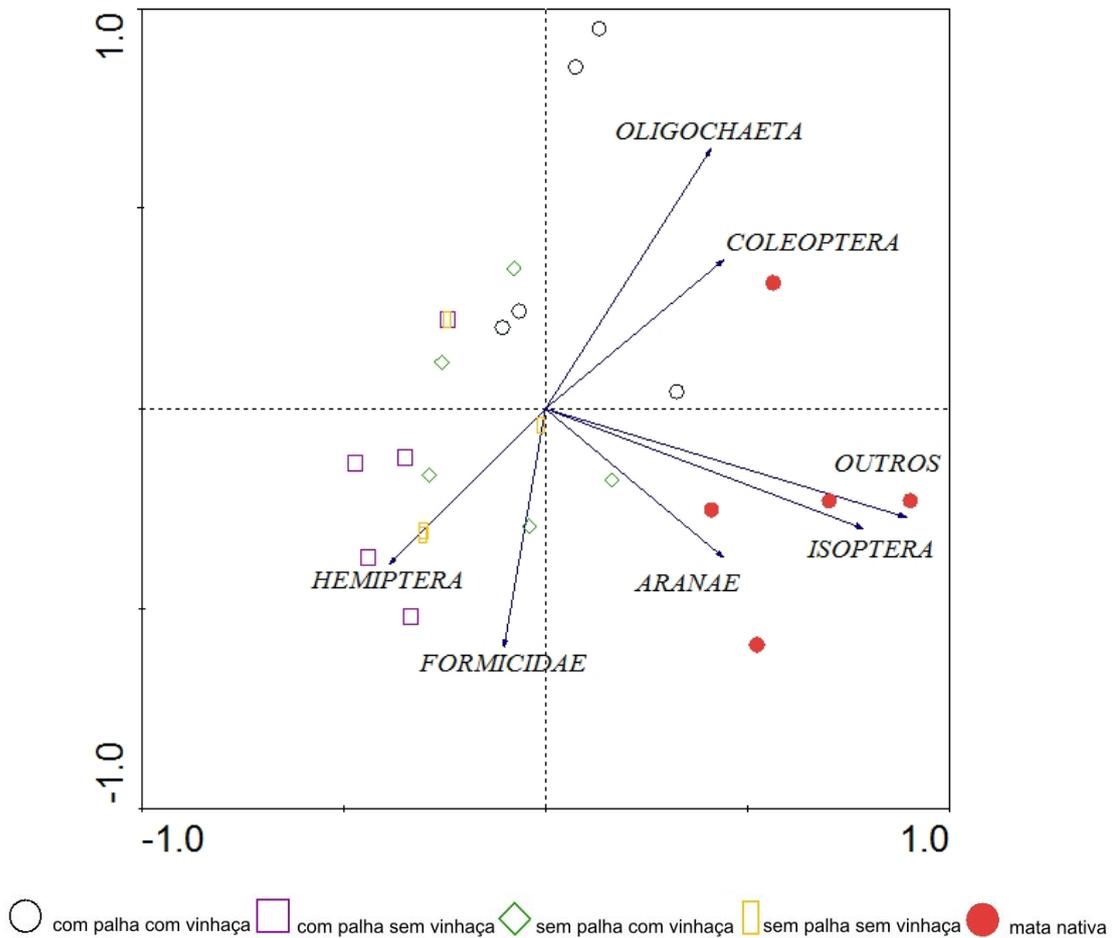


FIGURA 18 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM JANEIRO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ

FONTE: O autor (2009)

Em março a variabilidade dos dados foi explicada em 31,5% pela componente principal 1 (CP), 20,0% pela CP 2 e 15,9% pela CP 3 totalizando 67,4% da variabilidade total dos atributos.

Os grupos Coleoptera, Oligochaeta, Isoptera e outros invertebrados apresentaram fortes correlações com a CP 1, bem como associação ao tratamento MN. A CP 2 apresentou correlação com os grupos Araneae, Hemiptera e Formicidae.

De maneira geral os tratamentos em áreas com cana-de-açúcar estiveram

associados a grupos contemplados por pragas como Formicidae e Hemiptera. Pode-se ainda visualizar que em CPCV e CPSV encontra-se o grupo Araneae com fraca correlação.

Os resultados acima mencionados são expressos através da Figura 19.

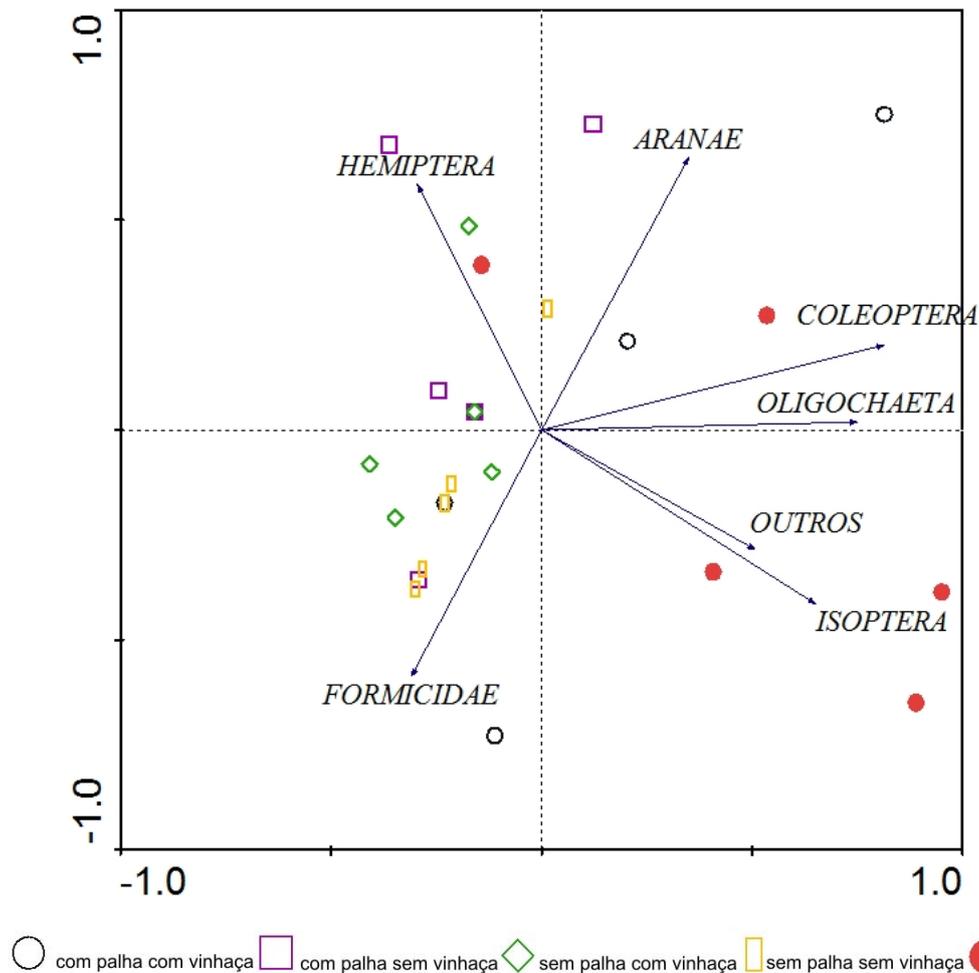


FIGURA 19 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM MARÇO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ

FONTE: O autor (2009)

Em maio a variabilidade dos dados foi explicada em 32,5 % pela componente principal 1 (CP), 21,6% pela CP 2 e 16,8% pela CP 3 totalizando 61,9% da variabilidade total dos atributos, o que significa que a ordenação deixou uma variância remanescente (ruído) sem explicação (FIGURA 20).

A CP 1 apresentou correlações com Araneae, Hemiptera e outros invertebrados, e a CP 2 correlacionou-se com Coleoptera e Isoptera. O grupo Formicidae apresentou baixa correlação com os eixos apresentados, o que explica o

pequeno comprimento deste vetor. O grupo Oligochaeta distribui seu peso (valor) de forma equivalente entre as CP 1 e 2.

O tratamento MN apresentou grande influência dos indivíduos dos grupos Isoptera, seguido pelo Coleoptera. CPCV apresentou principalmente o grupo Hemiptera e SPCV Oligochaetas. CPSV e SPSV embora apresentem grupamentos, estes estão em torno da origem dos eixos, o que significa baixas importâncias de explicação pelos eixos apresentados.

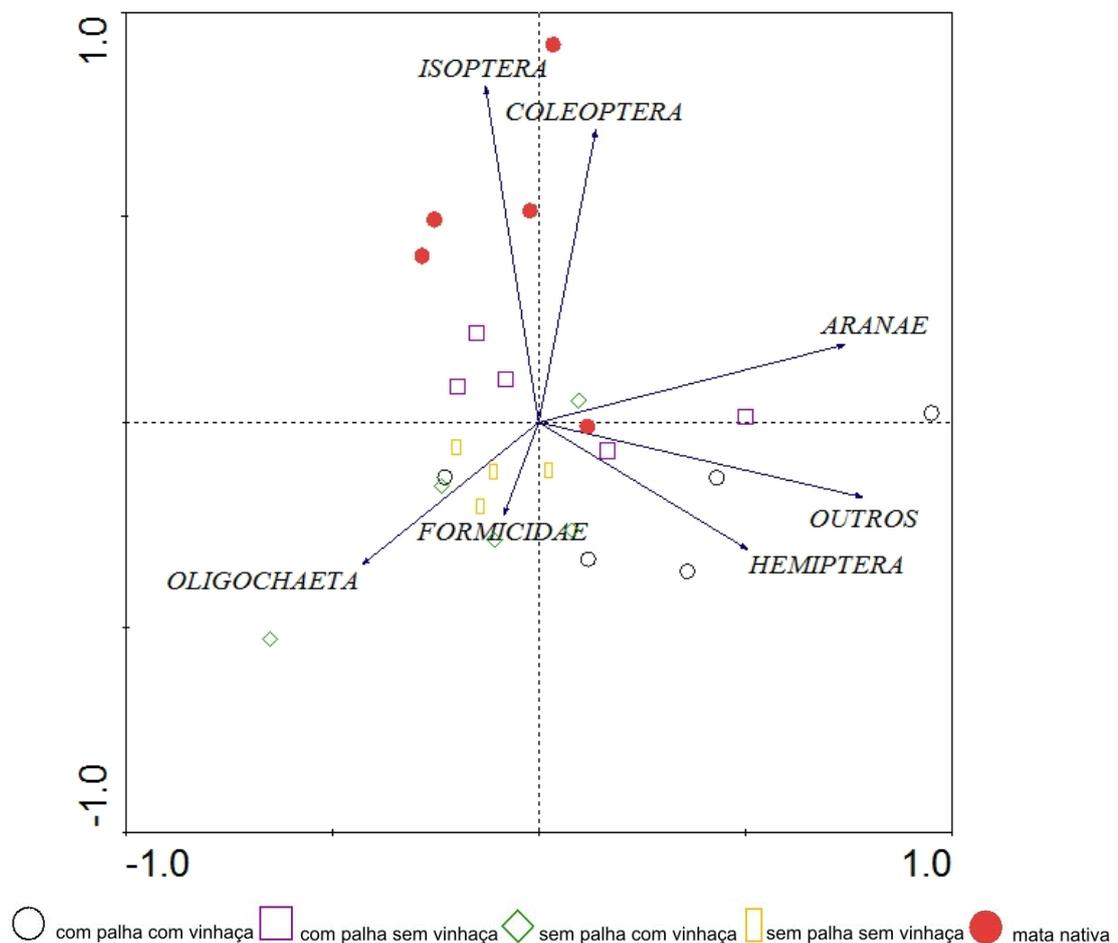


FIGURA 20 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM MAIO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ

FONTE: O autor (2009)

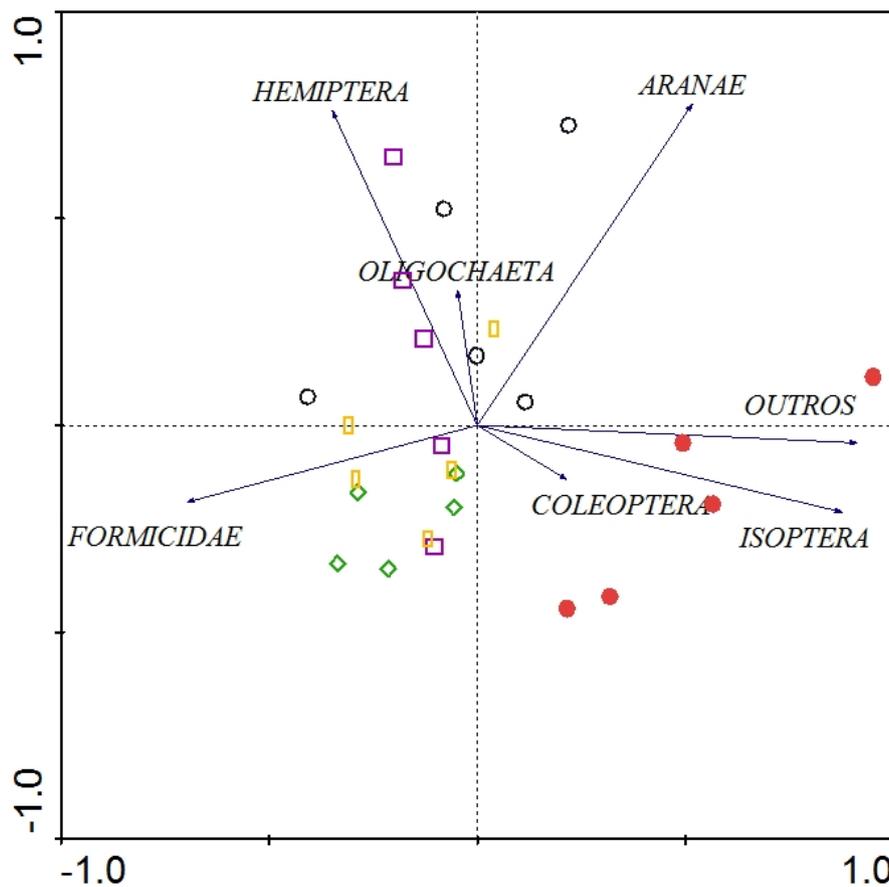
Em julho a variabilidade dos dados foi explicada em 36,0% pela componente principal 1 (CP), 19,8% pela pela CP 2 e 15,6% pela CP 3 totalizando 71,5% da variabilidade total dos atributos.

Através da Figura 21, pode-se observar que MN ficou bastante separado dos demais tratamentos, estando relacionado aos grupos Isoptera e outros

invertebrados. Os tratamentos SPCV e SPSV aparentam agrupar-se estando relacionados ao grupo Formicidae.

O tratamento CPSV esteve ligado a Hemiptera enquanto que CPCV, além do grupo anteriormente citado, apresentou uma fraca correlação com Araneae.

Os grupos Oligochaeta e Coleoptera não foram citados por apresentarem correlações muito baixas com as componentes principais apresentadas.



○ com palha com vinhaça    □ com palha sem vinhaça    ◇ sem palha com vinhaça    ▭ sem palha sem vinhaça    ● mata nativa

FIGURA 21 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM JULHO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ

FONTE: O autor (2009)

Dentre todas as coletas realizadas, setembro foi a que apresentou a maior distribuição de grupos dentro da ACP, sendo Araneae apresentou baixo valor de correspondências com as componentes principais 1 e 2 (FIGURA 22).

A variabilidade dos dados foi explicada em 27,7% pela componente principal 1 (CP), 19,6% pela CP 2 e 18,4% pela CP 3 totalizando 65,7% da variabilidade total dos atributos.

O tratamento MN apresenta-se correlacionado a Isoptera, de forma bastante isolada. O tratamento SPCV favoreceu a ocorrência dos grupos Formicidae e Hemiptera, enquanto que CPCV favoreceu os grupos Formicidae, Oligochaeta e Hemiptera, enquanto que CPCV favoreceu os grupos Formicidae, Oligochaeta, Hemiptera e outros invertebrados. Os coleopteras foram favorecidos no tratamento SPSV, que ficou isolado dos outros tratamentos pelas componentes 1 e 2.

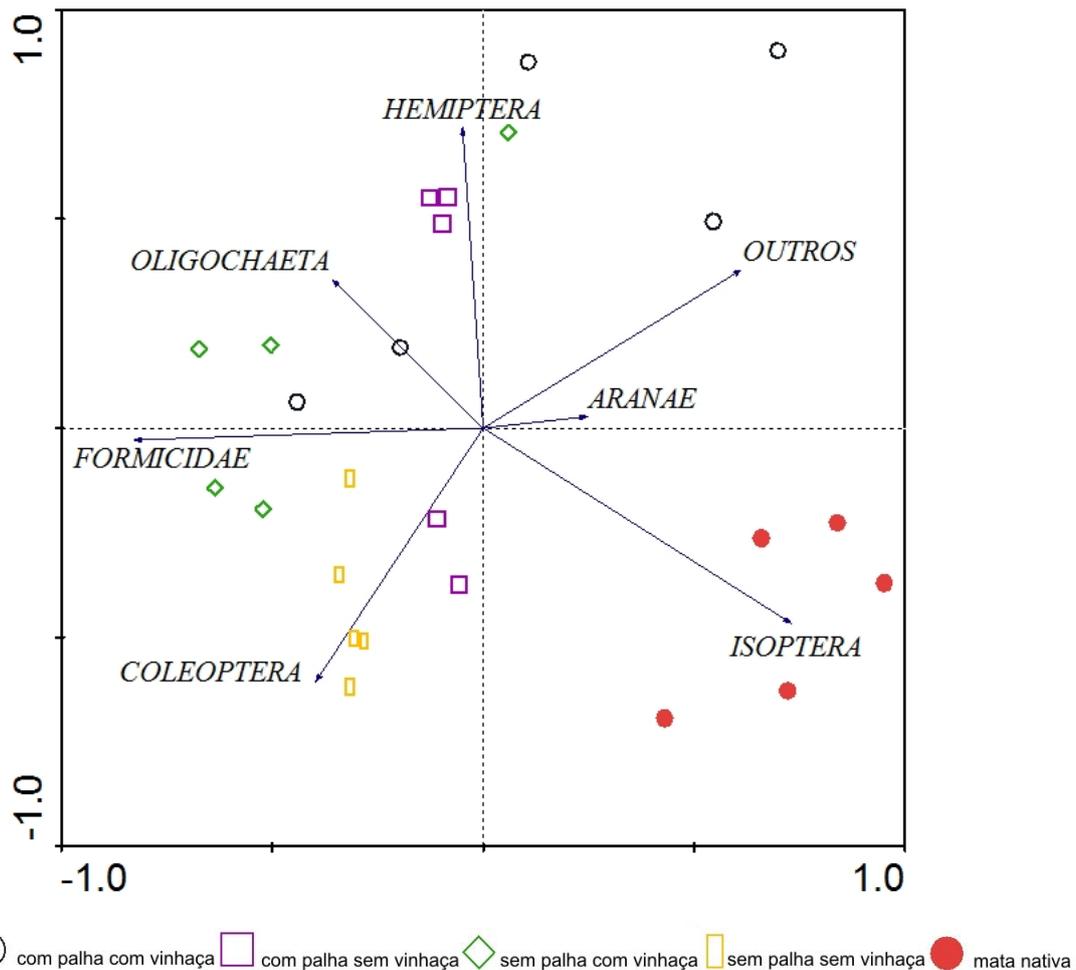


FIGURA 22 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA ENCONTRADA EM SETEMBRO DE 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ

FONTE: O autor (2009)

Avaliando-se todas as coletas do ano em uma única ACP (FIGURA 23) tem-se que a variabilidade dos dados foi explicada em 36,1% pela componente principal 1 (CP), 21,7% pela CP 2 e 15,0% pela CP 3 totalizando 72,7% da variabilidade total dos atributos, explicando portanto grande parte da variabilidade dos dados.

A CP 1 separa os tratamentos MN e CPCV à direita e o restantes dos

tratamentos à esquerda. O tratamento MN ficou relacionado aos grupos Isoptera, Coleoptera, outros invertebrados e Oligochaetas. O tratamentos CPCV, relacionou-se à Formicidae, Araneae, outros invertebrados e Coleoptera. CPSV ficou associado aos grupos Formicidae e Hemiptera. O tratamento SPSV caracterizou-se por apresentar as menores correlações com os organismos edáficos, apresentado pouca correlação apenas com o grupo Hemiptera.

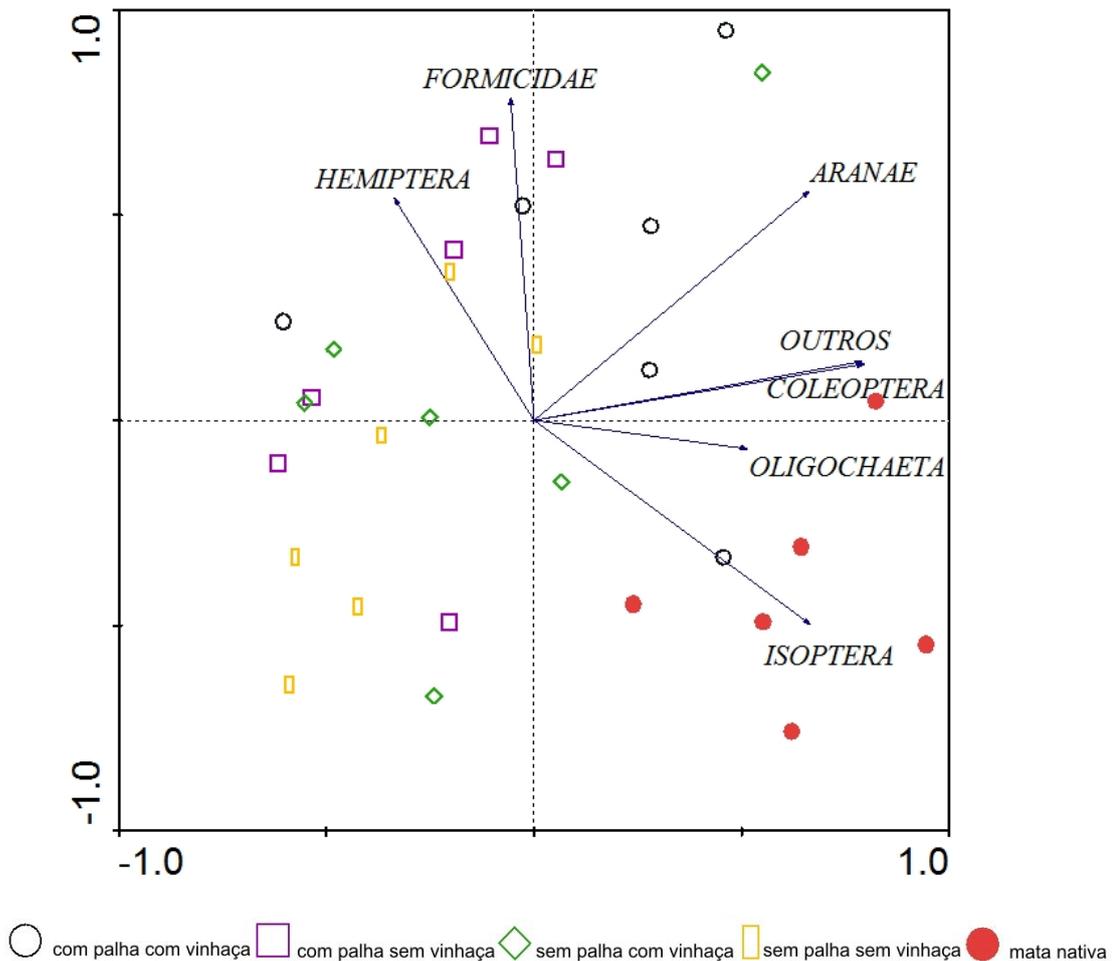


FIGURA 23 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA COMUNIDADE EDÁFICA MÉDIA ENCONTRADA DE NOVEMBRO DE 2007 À SETEMBRO 2008 NAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ

FONTE: O autor (2009)

## 4.8 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS QUÍMICOS, UMIDADE E COBERTURA DO SOLO

### 4.8.1 Separação das áreas com base nos resultados da ACP

A ACP realizada para caracterizar as áreas (tratamentos) apresentou uma boa separação entre os tratamentos (FIGURA 24). A CP 1 descreveu 43,0% da variabilidade, enquanto as componentes 2 e 3 descrevem 18,2% e 11,1% respectivamente, somando-se 72,4% da variabilidade total dos atributos.

O tratamento MN ficou caracterizado pela presença de MO (matéria orgânica), B (boro), Fe (ferro) e cobertura, correlacionados com a CP 2. A presença destes elementos ocorreu devido a qualidade e diversidade da serrapilheira da área da mata e também porque ocorrem menores valores de pH, o que contribui para a maior disponibilidade de micronutrientes, como o Fe e B (TABELA 3).

A presença do Zn (zinco), P (fósforo), K (potássio) e maiores valores de pH foram associados ao tratamento SPCV, todos com correlações com a CP 1. A presença destes elementos e maiores valores de pH são consequência da aplicação da vinhaça no local.

O tratamento CPCV caracterizou-se pela presença de Ca (cálcio), Mg (magnésio) e Zn (zinco), tendo correlações com a CP 1, sendo consequência do manejo aplicado ao local.

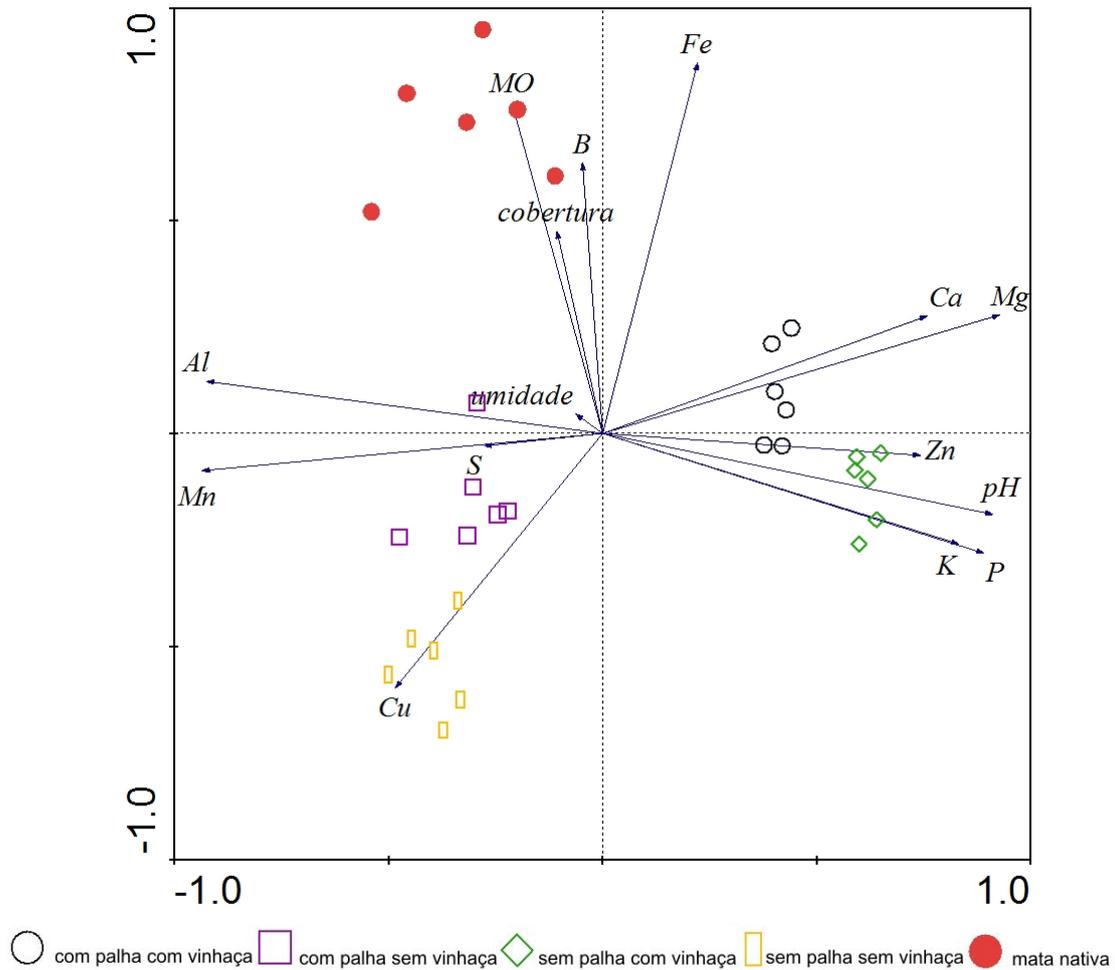


FIGURA 24 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS ANUAL PARA PARÂMETROS DO SOLO DAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ  
 FONTE: O autor (2009)

O Al (alumínio) e Mn (manganês) apresentaram-se ligados ao tratamento CPSV, sendo que a umidade e o S (enxofre) embora também estejam graficados, apresentaram baixas correlações com as componentes apresentadas. A presença do Al é justificada em virtude dos menores valores de pH, o que é confirmado pelo vetor em sentido oposto à Al.

O tratamento SPSV isolou-se dos demais, e caracterizou-se pela presença do elemento cobre (Cu).

#### 4.8.2 Correlações entre os atributos do solo e organismos edáficos

Os resultados da ACC encontram-se no Quadro 5 e na Figura 25. Não considerando as variáveis ambientais, o eixo 1 explica 46,1% dessa variabilidade dos dados e o eixo 2 13,2%. As variáveis ambientais explicaram 78,65% dessa variabilidade, sendo que destes, 58,6% são explicados pelo eixo 1.

	Eixo 1 espécies	Eixo 2 espécies	Eixo 1 ambiente	Eixo 2 ambiente
Eixo 1 - espécies	1			
Eixo 2 - espécies	0,0336	1		
Eixo 1 - ambiente	<b>0,9774</b>	0	1	
Eixo 2 - ambiente	0	<b>0,8054</b>	0	1
Cobertura	0,1198	-0,0442	0,1226	-0,0549
pH	<b>-0,5519</b>	<b>0,4093</b>	<b>-0,5647</b>	<b>0,5082</b>
Matéria Orgânica	<b>0,8635</b>	-0,0776	<b>0,8835</b>	-0,0964
P	-0,3609	0,3804	-0,3692	<b>0,4723</b>
K	-0,3459	<b>0,5658</b>	-0,3539	<b>0,7025</b>
Ca	-0,0963	0,1318	-0,0985	0,1636
Mg	-0,0999	<b>0,4543</b>	-0,1022	<b>0,5641</b>
Al	<b>0,4671</b>	-0,3115	<b>0,4778</b>	-0,3868
S	0,1937	-0,2776	0,1982	-0,3446
Cu	-0,3034	-0,1918	-0,3105	-0,2382
Fe	<b>0,9277</b>	0,0583	<b>0,9491</b>	0,0724
Zn	-0,1055	<b>0,4499</b>	-0,108	<b>0,5586</b>
Mn	0,2815	<b>-0,4381</b>	0,288	<b>-0,5439</b>
B	<b>0,4995</b>	-0,0994	<b>0,5111</b>	-0,1234
Umidade	0,1778	0,1272	0,1819	0,1579

QUADRO 5 - ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (ACC): MATRIZ DE CORRELAÇÕES PONDERADAS ENTRE OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DE ESPÉCIES E OS EIXOS AMBIENTAIS, E DESTES COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DAS ÁREAS DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Valores negritos foram considerados significativos (<0,40)

Estes valores indicam que as variáveis ambientais medidas foram suficientes para explicar a maior parte da variação da abundância das espécies relacionada ao ambiente, embora reste ainda uma quantidade de variação não explicada. Ter Braak (1988) salienta que são comuns valores baixos de relações espécie-ambiente, mas que tal fato não diminui o seu significado. O teste de Monte Carlo reforçou estes resultados, já que as variáveis ambientais, no presente caso, foram significativamente correlacionadas com os táxons a 1% de significância.

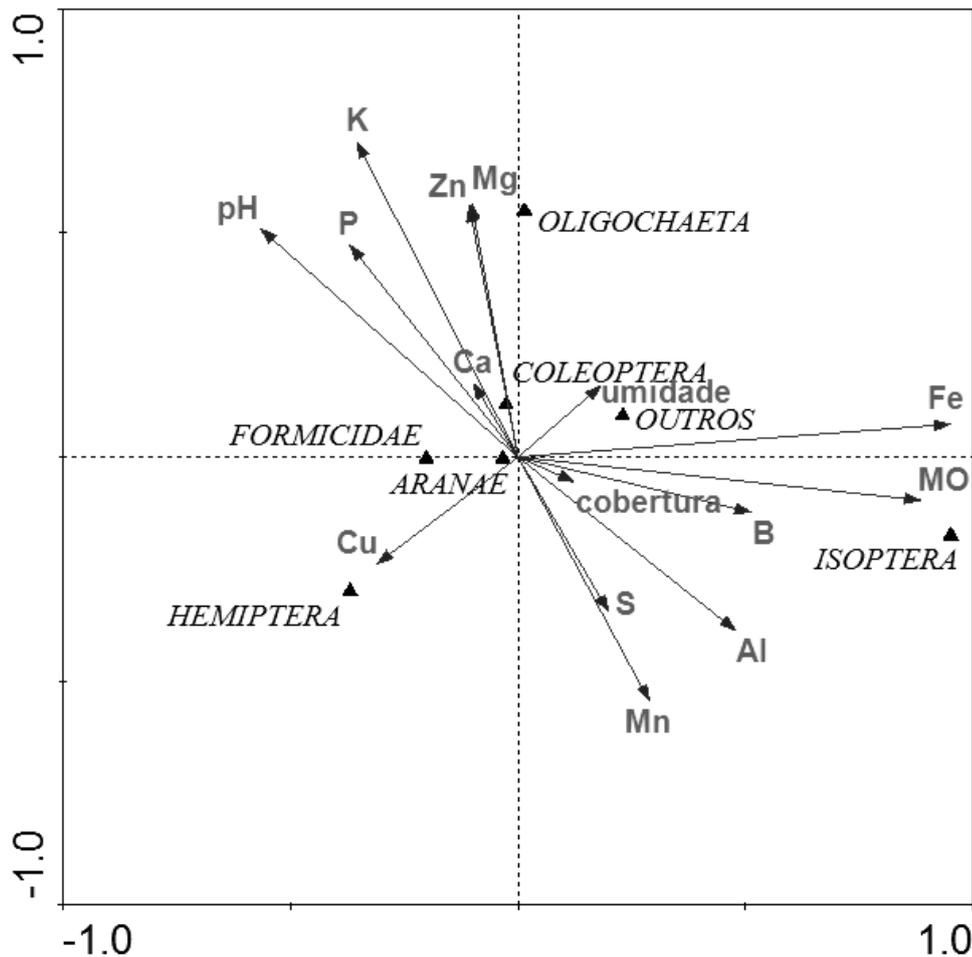


FIGURA 25 – ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO E GRUPOS DA FAUNA EDÁFICA DA USINA ALTO ALEGRE, COLORADO - PARANÁ  
 FONTE: O autor (2009)

Avaliando-se a Figura 25 e o Quadro 5, observa-se a preferência do grupo Isoptera pela M.O (0,8635), Fe (0,9277), B (0,4995) e ainda Al (0,4671). Os graus de correlação ponderada foram definidos como satisfatórios quando superiores a 0,40 conforme descrito por Oliveira-Filho *et al.* (1986). Estes resultados corroboram com os da PCA dos solos (FIGURA 21) em que são definidos os elementos que caracterizam o ambiente do tratamento MN, que teve as mais altas abundâncias de cupins.

O grupo em que foram enquadrados os organismos que tiveram menor freqüência (outros invertebrados) ficou relacionado à presença do Fe, MO, B e ainda umidade.

Embora a umidade tenha apresentado baixa correlação na ACC gerada, a umidade é de maneira geral um elemento importante na manutenção da fauna edáfica (CORREIA, 2002).

O grupo Oligochaeta, apresentou correlações com Zn, Mg, K e pH, todos relacionados ao eixo 2.

Coleoptera, Formicidae e Araneae não apresentaram grande distanciamento do centro dos eixos. Cunha *et al.* (2003) cita que o distanciamento da espécie ao centro do gráfico reflete a importância na explicação da variância. Desta forma, embora esses táxons estejam graficadas próximas a vetores com boas correlações com os eixos a explicação com bases nos parâmetros ambientais tende a ser muito baixa.

O grupo Hemiptera, embora tenha apresentado distanciamento da origem, não pode ser explicado em função do Cu, devido à baixa correlação do Cu com os eixos apresentados. É mais provável que sua presença esteja diretamente ligada a presença das raízes de cana-de-açúcar, sendo esse táxon dominado por espécies fitófagas.

## 5 CONCLUSÕES

Nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar houve tendência de maior densidade da macrofauna edáfica nos locais com manutenção da cobertura por ocasião da colheita, no entanto na área de mata ocorreram maiores densidades de organismos edáficos.

A diversidade e equitabilidade sofreram flutuações ao longo do ano apenas no tratamento onde não se adicionou vinhaça ou manteve-se a cobertura de solo, apresentando ainda a tendência de índices de riquezas mais baixos neste último.

Nos períodos de seca, as áreas sem cobertura tenderam ter menores índices de diversidade e equitabilidade.

Nos tratamentos com cana-de-açúcar a fauna do solo esteve mais abundante à profundidade de 0-0,10 m, enquanto que na área de mata, esta foi maior na camada 0,10-0,20 m.

O ambiente da mata caracterizou-se pela presença dos grupos Isoptera, Oligochaeta, Coleoptera, e outros invertebrados. As áreas colhidas mecanicamente tiveram uma menor proporção dos grupos citados, porém apresentaram adicionalmente os grupos Hemiptera e Formicidae, especialmente aqueles conhecidos como “pragas” da cultura. Os ambientes sem a palha favoreceram principalmente estes últimos.

O grupos Isoptera e outros invertebrados tiveram influência dos elementos Fe, B, matéria orgânica, e pH mais baixo. Oligochaeta apresentou maior influência por áreas de maior fertilidade e de solos menos ácidos.

Coleoptera, Formicidae e Hemiptera, parecem ter maior influência pela presença da cana, do que especificamente elementos do solo.

O grupo Araneae não apresentou correlações com elementos da fertilidade para as condições do experimento.

## REFERÊNCIAS

AGROBYTE. **Cana-de-açúcar:** (*Saccharum hybridas*). Disponível em: <<http://www.agrobyte.com.br/cana.htm>> Acesso em 08 jun. 2007.

ALMEIDA, L. M.; COSTA, C. S. R.; MARINONI, L. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Holos Editora. Ribeirão Preto, SP. 78p. 1998.

ANDERSON, J.M., BENJAMIN, D.H., MÜLLER, W. & GRIFFETHS, A.D. Using ants as bioindicators in land management simplifying assessment of ant community responses. **Journal of applied ecology**. V. 39, p. 8-17. 2002.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Soil fauna. In: **Tropical soil biological and fertility: A Handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: C.A.B. International, 1993. p. 44-46.

AQUINO, A. M. de; DIONÍSIO, J. A.; RESSETTI, R. R.; CORREIA, M. E. F.; NUNES, D. H.; PASINI, A. **Minhocas: Aspectos gerais e ecológicos em sistemas agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 42 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 207).

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

ARAÚJO, R. A.; ARAÚJO, M. S.; GONRING, A. H. R.; GUEDES, R. N. C. Impacto da queima controlada da palhada da cana-de-açúcar sobre a comunidade de insetos locais. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 4, p. 649-658, 2005.

AZANIA, A. A. P. M.; MARQUES, M. O.; PAVANI, M. C. M. D.; AZANIA, C. A. M. Germinação de sementes de *Sida rhombifolia* e *Brachiaria decumbens* influenciada por vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 3, p. 443-449, 2003.

BARETTA, D. Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo. Piracicada, 2007. **Tese Doutorado em Agronomia** - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, SP.

BARETTA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T DO.; E BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.41, n.11, p.1675-1679, 2006.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.715-724, 2005.

BARROS, E.; CURMI, P.V.; CHAVEL, A. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, Amesterdam, v. 100, p. 193-213, 2001.

BIANCHI, M. O. ; AQUINO, A. M.; ALMEIDA, E. . Distribuição vertical da macrofauna do solo em várias safras do milho agroecológico em área do produtor familiar.. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado - RS. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo-Conquistas e desafios da Ciência do solo brasileira, 2007. (cd-rom)

BORROR, D. J.; CHARLES, A. T.; NORMAN, F. J. **An introduction to the study of insects**. 6th Edition. Harcourt Brace College Publishers. Fort Worth. 1992. 875p.

BRASIL. Decreto n. 2661, de 8 de julho de 1998. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jul de 1998.

CAMPANHOLA, C. Compromissos internacionais: convenção sobre diversidade biológica. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS, JUNIOR; PERES, J.R.R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 135-144.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 935-944. 2003.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **Norma Técnica P4.231 – Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação em solo agrícola – jan/2005**. Disponível em: [www.udop.com.br/download/legislacao/portaria\\_4231\\_vinhaca.PDF](http://www.udop.com.br/download/legislacao/portaria_4231_vinhaca.PDF). Acessado em: 17 de março de 2009.

CODDINGTON, J. A.; GRISWOLD, C. E.; DÁVILA, D. S.; PENÃRANDA, E.; LARCHER, S. F. **Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical ecosystems.** in: Dudley, E.C. (ed.) *The unity of evolutionary biology: proceedings of the Fourth International Congress of Systematic and Evolutionary Biology.* Dioscorides Press, Portland. 1991. 44-60

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. **Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, fev. 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).

Correia, M. E. F. 2002. **Relações entre diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas.** EMBRAPA, Rio de Janeiro, Brasil, 33pp.

CORREIA, M. E. F.; PINHEIRO, L. B. A. **Monitoramento da fauna sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção agroecológica.** Seropédica, (RJ). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 1999. 15p. (Embrapa-CNPAB. Circular Técnica, 3).

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G de. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira.** Brasília, v. 41, n. 7, p. 1185-1191. 2006.

CUENCA, M. A. G.; MANDARINO, D. C. **Nova fronteira da atividade canavieira nos principais municípios produtores do estado do rio grande do norte; 1990, 1995, 2000 e 2005 Embrapa Tabuleiros Costeiros,** 2007 Aracaju. 20 p (Embrapa Tabuleiros costeiros. Documentos, 121).

CUNHA, L.O; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA, A.D.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Maratacas, Paraíba, Brasil. **R. Árvore,** v. 27, n.4, p. 503-515, 2003.

DIAS, P. F.; SOUTO, M. S.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical.** Goiânia, v. 37, no. 1, p. 38-44, 2007

DIAS, S. C. Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação. **Acta Scientiarum. Biological Sciences.** Maringá, v. 26, no. 4, p. 373-379, 2004.

DLAMINI, T. C.; HAYNES, R. J. Influence of agricultural land use on the size and composition of earthworm communities in northern KwaZulu-Natal, South Africa. **Applied Soil Ecology**. V. 27, P. 77–88. 2004.

DYGBY, P. G. N.; KEMPTON, R. A. **Multivariate analysis of ecology communities**. London: Chapman & Hall, 1996. 206 p. (Population in Community Biology Series).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento de reconhecimento dos solos do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA – SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 57).

FERNANDES, Juliana O ; PASINI, A ; MOTTE, B ; NUNES, D H ; MARTINS, P T ; BENITO, NP ; BROWN, G. G. . Macrofauna invertebrada edáfica em ecossistemas de Jaguapitã - PR. In: 27o Congresso Brasileiro de Zoologia, 2008, Curitiba. Resumos do 27o Congresso Brasileiro de Zoologia. SBZ : Curitiba, 2008.

FLÓREZ E. D. Comunidades de aramas de la región Pacífica del departamento del Valle del Cauca, Colômbia. **Revista Colombiana de Entomologia** 26 2000 (3-4): 77-81

FONSECA, C. da; VANNIER, G. Échantillonnage des microarthropodes du sol. In: LAMMOTTE, M.; BOURLIÈRE, F. eds. **Problèmes d'écologie: L'échantillonnage dès milieux terrestres**. Paris: Masson, 1969.

GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; PAUSTIAN, K.; VAN ANTWERPEN, R. Simulation of sugarcane residue decomposition and aboveground growth. **Plant and soil**. 2009. DOI 10.1007/s11104-009-0004-3

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GIRACCA, E. M.; ANTONIOLLI, Z.; ELTZ, F. L.; BENEDETTI, E; LASTA, E; VENTURINI, S; VENTURINI, E; BENEDETTI, T. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Ciência de Agrociência**, v. 9, n. 3, p. 257-261, jul./set. 2003.

HOLE, F.D. Effects of animals on soil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 25, p. 75-112, 1981.

HOPE, A. C. A. A simplified Monte Carlo significance test procedure. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series B, v. 30, p. 582-598, 1968.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Amostragem de solo para análise química**: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina, 1996. (IAPAR. Circular, 90).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes. IBGE, 2005. Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> . Acesso em 18 nov. 2007.

INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL O Novo Ciclo da Cana: Estudo sobre a Competitividade do Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar e Prospecção de Novos Investimentos. IEL/NC/SEBRAE, 2006. Disponível em <[www.iel.cni.org.br](http://www.iel.cni.org.br)> . Acesso em 08 out. 2007.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. Divisão política administrativa do Paraná – 2007. Disponível em: <[http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos\\_DGEO/Logos/pdf\\_logo.gif](http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Logos/pdf_logo.gif)>. Acesso em 11 jan. 2009.

INACIO, Paulo; LEWINSOHN, Thomas; CARMO, Roberto Luiz do e HOGAN, Daniel Joseph. Ordenação multivariada na ecologia e seu uso em ciências ambientais. *Ambient. soc.* [online]. 2002, n.10, pp. 69-83

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Pub., 2001. 654 p.

LEMO, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1996. 83 p.

LEPŠ, J.; ŠMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data using Canoco**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 282p.

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; LEITE, L. F. C.; SILVA, P. H. S. da; CASTRO, A. A. J. F.; OLIVEIRA, F. C. Diversidade da macrofauna edáfica em agroflorestas de diferentes estádios sucessionais. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 2, p. 1029-1033, 2007.

LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F. da; SILVA, D. A. da; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M. **Diferentes Sistemas de Manejo do Solo e seus Efeitos sobre a Macrofauna Edáfica**. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: conquistas e desafios da ciência do solo brasileira. Porto Alegre: SBCS, 2007. p. 1-4.

MACEDO, N.; BOTELHO, P.S.M.; RIBEIRO, L.D.; STUPIELLO, J.J.; PETRI, J.; OLIVEIRA, P.F.M.; SOARES, R.A.B. Número e época de aplicações de inseticidas no controle de cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19., Manaus, 2002. **Anais...** Manaus: SEB, 2002. (Cd-Rom)

MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

MOÇO, M. K.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.

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

MONTANINI, L. Cana faz cidades festejarem no Paraná. **JornalCana**, Terra Rica, Jul. 2007, p. 44-50. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br>> Acesso em: 18 nov. 2007.

MELO, A. S.; HEPP, L. U. Ferramentas estatísticas para análises de dados provenientes de biomonitoramento. **Oecologia Brasiliensis**, V.12, n.3, p.463-486, 2008.

MORENO, C. E. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza. p. 84, 2001. Disponível em <<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/mt1.htm>>. Acesso em: jun. 2009.

NOTADEZ. Meio ambiente: Queima da palha da cana-de-açúcar pode continuar só até a próxima safra. **Notadez Notícias**, Notadez informação, Justiça Federal, 22 ago. 2007. Disponível em: < <http://www.notadez.com.br/content/Default.asp>> Acesso em: 15 nov. 2007.

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**, Puerto Rico, Vol. 42, No. 3, 331-338, 2006.  
ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 434p.

NUNES, L. A. P.L.; MENEZES R. I. de Q.; ARAÚJO FILHO, J. A de.; ARAÚJO, A. S de. IN: XXXI Congresso brasileiro de ciência do solo: conquistas e desafios da ciência do solo brasileira. Gramado – Rio Grande do Sul. 2007.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SHEPHERD, G.J.; MARTINS, F.R.; STUBBLEBINE, W.H. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, v.5, n.8, p.413-431. Oct. 1986.

PERES, C. S. Tratamento da Vinhaça: Biodigestão Anaeróbia In: WORKSHOP TECNOLÓGICO SOBRE VINHAÇA, 2007, Jaboticabal. São Paulo. Disponível em: < [www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/workshop\\_vinhaca\\_sessao5\\_clarita.pdf](http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/workshop_vinhaca_sessao5_clarita.pdf) > Acesso em: 14 nov. 2007.

PIANKA, E.R. *Evolutionary Ecology*. 5. ed. New York: HarperCollins, 1994.

PIELOU, E. C. **Ecological Diversity**. New York: Wiley, 1975. 165 p.

PIMENTEL, M.; AQUINO, A.; CORREIA, M.; COSTA, J.; RICCI, M.; DE-POLLI, H. Atributos biológicos do solo sob manejo orgânico de cafeeiro, pastagem e floresta em região do Médio Paraíba Fluminense-RJ. **Coffee Science**, Brasil, v. 1, n. 2, p. p. 83-93, 2006.

PIMENTEL, M. S. Indicadores da qualidade do solo em sistemas orgânico de café, hortaliça, pasto e floresta, durante as estações do ano. Rio de Janeiro. Seropédica, 2005. **Tese Doutorado em Ciência** – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ.

PINHEIRO, L. B. A.; SANTOS, G. DE A.; GARAY, I. E. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar na população de macroartrópodos edáficos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. SP. CD - ROM.

PRAZERES, F. Projeto de Stephanes proíbe queima dos resíduos da cana-de-açúcar. **Editoria de Política**. Notícias. Distribuído em 01/06/07. Disponível em: <[http://www.alep.pr.gov.br/images/m\\_noticias](http://www.alep.pr.gov.br/images/m_noticias)> Acesso em: 29 out. 2007.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., eds. **Análise química para avaliação da fertilidade em solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RAZAFIMBELO, T.; BARTHÈS, B.; LARROUY-LARRÉ, M. C.; DE LUCA, E. F.; LAURENT, J. Y.; CERRI, C. C.; FELLER, C. Effect of sugarcane residue management (mulching versus burning) on organic matter in a clayey Oxisol from southern Brazil. **Agriculture, ecosystems and environment**. v. 115, p. 285–289, 2006.

ROBERTSON, L. N.; KETTLE, B. A.; SIMPSON, G. B. The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia. **Agriculture, ecosystems and environment**: Elsevier, v. 48, p. 149 – 156. 1994.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil**. Disponível em: <[www.infraest-energ-sudamerica.org/.php?file=archivos/adj\\_pagina\\_45\\_46f0fdf20f427.pdf](http://www.infraest-energ-sudamerica.org/.php?file=archivos/adj_pagina_45_46f0fdf20f427.pdf)> Acesso em: 20 nov. 2007.

SÃO PAULO. Assembléia legislativa. Lei n. 11.241, de 19 de setembro de 2002. Eliminação gradativa da queima da palhada da cana-de-açúcar. **Diário Oficial do Estado do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 20 de setembro de 2002.

SASNOMIYA, L. T.; ASSIS, L. C.; DE OLIVEIRA, J. A.; NAHAS, E. Mineralización de la paja de caña de azúcar en suelo adicionado con viñaza (subproducto de la industria del alcohol de caña de azúcar) y fertilizante nitrogenado. **Agricultura Técnica**. v.66, n.1, 2006.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press, Urbana, 1949. 117 pp.

SILVA, D. D. da; CASELA, C. R.; CASTRO, H. A. de; SANTOS, F. G. dos.; SILVA, F. A. da. Diversidade populacional de *Colletotrichum sublineolum* em seis localidades no Brasil. **Summa Phytopathologica.**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 149-155, 2008

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, R. F. da; MERCANTE, F. M. ; AQUINO, A. M. ; GUIMARAES, M. F. Engenheiros ecológicos e atributos químicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. In: FERTBIO 2006, Bonito, MS. CD ROM.

SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; 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, p. 697-704, 2006.

SIMEPAR – Serviço Meteorológico do Paraná. **Almanaque climático**. Disponível em: <<http://www.simepar.br/tempo/clima/clima.jsp>> Acesso em: 14 nov. 2007.

SOUZA, Z. M. de; MELLO PRADO, R. de; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2005, vol.40, n.3 p. 271-278.

STRAPASSON, E.; VENCOSKY, R; BATISTA, L. A. R. Seleção de descritores na caracterização de germoplasma de *Paspalum* sp. por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.29, n.2, p. 373 – 381. 2000.

SWIFT, M.J.; HEAL,O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. 372p.

TER BRAK, C. J. F., PRENTICE, I. C. A theory of gradiente analysis. **Advances in Ecological Research**, v. 18, n. 2, p. 271-317, 1988.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO** reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca NY. 352 pp. 2000.

TER BRAK, C. J. F. The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetation**, v. 69, n. 1, p. 69-77, 1987.

TER BRAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1167-1179, 1986.

UNICA – UNIÃO AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA ESTADO DE SÃO PAULO. Memória da Cana - de -Açúcar e Sociedade. ÚNICA, 2006. Disponível em: <[www.portalunica.com.br](http://www.portalunica.com.br)>. Acesso 05 nov. 2007.

USINA ALTO ALEGRE S.A. **Análise das características físico-químicas médias da vinhaça aplicada nas áreas da usina Alto Alegre, município de Colorado – Paraná, no ano de 2007**, Colorado – Paraná (software de uso interno), 2008.

USINA ALTO ALEGRE S.A. **Mapas gerados através do Topograf**, Colorado – Paraná (software de uso interno), 2009.

WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 31, p. 1-19, 2000.

ZIMMER, K.; PARMENTER, R. R. Harvester ants and fire in a desert grassland: Ecological responses of *Pogonomyrmex rugosus* (Hymenoptera: Formicidae) to experimental wildfires in central New Mexico. **Environmental Entomology**. v. 27, p. 282-287, 1998.

ANEXOS

Tratamento	pH								Soma	CTC	Sat.	Sat.	S	Micronutrientes				
	CaCl <sub>2</sub>	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	bases		bases	Al	SO <sub>4</sub>	Cu	Fe	Zn	Mn	B
			resina											-----DTPA-----				(água quente)
		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----							V%	m%	mg/dm <sup>3</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
CPCV	5,60	14,1	51,50	2,22	16,92	6,67	13,83	0,00	26,08	39,92	65	0	6,75	0,71	37,92	1,35	4,02	0,23
_V	5,74	15,7	126,08	2,79	19,33	6,25	14,33	0,00	28,42	42,75	67	0	7,75	0,81	41,08	2,01	3,84	0,24
P_	4,60	15,1	11,17	0,93	12,92	2,58	24,25	1,42	16,58	40,83	41	8	8,58	1,13	13,08	0,86	16,94	0,22
SPSV	4,34	13,5	16,83	1,36	10,83	2,17	29,08	3,17	14,42	43,50	33	19	10,50	1,76	11,67	1,11	24,20	0,22
MN	4,03	25,0	8,33	0,91	13,25	3,58	43,75	4,17	18,00	61,75	28	22	9,75	0,73	125,92	1,10	15,12	0,31

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO (0 - 0,30 m), COLETA – NOVEMBRO DE 2007

Tratamento	pH								Soma	CTC	Sat.	Sat.	S	Micronutrientes				
	CaCl <sub>2</sub>	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	bases		bases	Al	SO <sub>4</sub>	Cu	Fe	Zn	Mn	B
			resina											-----DTPA-----				(água quente)
		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----							V%	m%	mg/dm <sup>3</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
CPCV	5,75	13,5	29,00	3,65	13,00	5,50	12,00	0,00	22,50	34,50	65	0	6,50	0,85	49,50	1,25	3,65	0,22
_V	6,00	15,5	62,00	5,30	14,50	7,00	12,50	0,00	26,50	39,00	68	0	6,50	0,95	51,00	1,60	2,80	0,16
P_	4,85	15,5	11,00	1,30	12,50	3,00	21,00	1,00	16,50	37,50	45	6	9,50	1,45	17,50	1,05	16,60	0,21
SPSV	4,30	16,0	16,00	1,40	8,00	2,00	28,00	3,50	11,50	39,50	29	24	12,00	1,95	13,50	1,45	22,60	0,24
MN	4,25	29,5	10,50	1,55	16,50	5,50	40,00	3,50	23,50	63,50	37	14	16,50	0,95	117,00	1,90	18,60	0,21

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO (0 - 0,30 m), COLETA – JANEIRO DE 2008

Tratamento	pH								Soma	CTC	Sat.	Sat.	S	Micronutrientes				
	CaCl <sub>2</sub>	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	bases		bases	Al	SO <sub>4</sub>	Cu	Fe	Zn	Mn	B
			resina											-----DTPA-----				(água quente)
		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----							V%	m%	mg/dm <sup>3</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
CPCV	5,75	19,0	24,0	1,90	15,50	7,50	13,00	0,00	25,00	38,00	65	0	2,00	0,70	36,00	1,55	2,65	0,22
_V	5,65	19,5	106,5	2,40	20,50	6,50	15,00	0,00	29,50	44,50	66	0	7,50	0,95	41,50	2,55	3,00	0,20
P_	4,70	19,5	10,5	0,65	13,00	3,00	25,00	1,50	17,00	42,00	40	8	4,50	1,30	15,50	0,80	12,20	0,25
SPSV	4,3	17,5	11,5	0,80	9,00	2,00	34,00	3,50	12,00	46,00	26	23	4,00	2,15	11,00	0,95	17,00	0,16
MN	4,3	28,0	10,0	1,10	16,50	5,00	42,50	4,00	22,50	65,00	33	19	7,00	0,95	107,50	1,10	14,75	0,31

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO (0 - 0,30 m), COLETA – MARÇO DE 2008

Tratamento	pH								Soma	CTC	Sat.	Sat.	S	Micronutrientes				
	CaCl <sub>2</sub>	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	bases		bases	Al	SO <sub>4</sub>	Cu	Fe	Zn	Mn	B
			resina											-----DTPA-----				(água quente)
		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----							V%	m%	mg/dm <sup>3</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
CPCV	5,50	13,5	38,50	2,65	19,00	7,50	18,00	0,00	29,50	47,50	62	0	16,00	0,60	28,50	0,80	3,00	0,36
_V	5,80	17,5	137,00	2,45	23,50	6,00	19,00	0,00	32,00	51,00	63	0	13,50	0,85	44,50	1,80	3,90	0,23
P_	4,70	14,5	14,00	0,70	12,50	2,00	31,00	1,50	15,50	46,50	33	9	15,00	1,10	12,50	0,75	17,20	0,16
SPSV	4,50	14,5	19,50	1,30	16,00	2,00	36,00	4,00	19,50	55,50	34	20	10,00	1,35	13,50	0,85	28,80	0,22
MN	4,20	26,0	7,50	0,55	10,50	2,50	47,00	4,50	14,00	61,00	23	25	11,00	0,60	150,50	0,60	11,05	0,35

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO (0 - 0,30 m), COLETA – MAIO DE 2008

Tratamento	pH								Soma	CTC	Sat.	Sat.	S	Micronutrientes				
	CaCl <sub>2</sub>	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	bases		bases	Al	SO <sub>4</sub>	Cu	Fe	Zn	Mn	B
			resina											-----DTPA-----				(água quente)
		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----							V%	m%	mg/dm <sup>3</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
CPCV	5,25	13,5	41,50	1,75	14,50	6,50	16,00	0,00	23,00	39,00	59	0	9,50	0,50	36,00	1,55	2,05	0,18
_V	5,55	13,5	114,50	2,80	18,00	7,00	16,00	0,00	28,00	44,00	64	0	11,00	0,60	33,00	1,90	1,85	0,21
P_	4,30	13,0	10,00	1,00	12,00	2,50	29,50	1,50	15,50	45,00	34	10	11,00	0,75	10,50	0,70	13,65	0,19
SPSV	4,10	11,5	17,00	2,00	8,00	2,00	34,50	3,00	12,00	46,50	26	21	15,00	1,10	9,00	1,00	17,00	0,17
MN	3,60	22,5	7,00	0,55	8,00	2,00	55,00	5,50	11,00	66,00	16	35	8,50	0,40	139,50	0,80	12,20	0,20

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO (0 - 0,30 m), COLETA – JULHO DE 2008

Tratamento	pH								Soma	CTC	Sat.	Sat.	S	Micronutrientes				
	CaCl <sub>2</sub>	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	bases		bases	Al	SO <sub>4</sub>	Cu	Fe	Zn	Mn	B
			resina											-----DTPA-----				(água quente)
		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----							V%	m%	mg/dm <sup>3</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
CPCV	5,25	11,5	29,00	1,70	16,50	6,50	12,50	0,00	25,00	37,50	66	0	1,50	0,45	25,50	1,25	3,40	0,25
_V	5,40	13,5	198,00	2,20	18,50	6,00	12,50	0,00	26,50	39,00	68	0	3,00	0,65	38,50	2,05	2,20	0,31
P_	4,35	13,0	13,00	0,70	14,50	2,50	20,00	1,50	18,00	38,00	47	9	4,00	0,90	8,50	0,95	13,60	0,21
SPSV	4,15	10,0	20,00	1,05	10,50	2,50	21,00	2,50	14,00	35,00	40	16	8,50	1,60	8,50	1,25	18,60	0,28
MN	3,85	22,0	8,00	0,60	16,50	3,50	38,00	3,00	21,00	59,00	35	14	8,50	0,70	112,00	1,25	15,00	0,54

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO (0 - 0,30 m), COLETA – SETEMBRO DE 2008