

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

Meso e macrofauna de solo: subsídios ao
monitoramento ambiental

Verônica Gisela Sydow

Orientador: Dr. Gilberto Gonçalves Rodrigues

Porto Alegre, dezembro de 2007

RS - IBIO

BIO
BIO
423

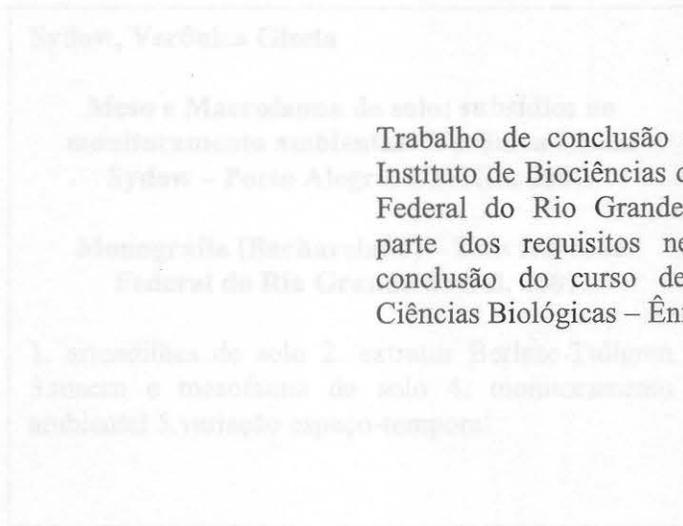
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**Meso e macrofauna de solo: subsídios ao
monitoramento ambiental**

Verônica Gisela Sydow



Trabalho de conclusão apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos necessários para conclusão do curso de Bacharel em Ciências Biológicas – Ênfase Ambiental.

Orientador: Dr. Gilberto Gonçalves Rodrigues

Porto Alegre, dezembro de 2007

Sydow, Verônica Gisela

**Meso e Macrofauna de solo: subsídios ao
monitoramento ambiental / Verônica Gisela
Sydow – Porto Alegre: UFRGS, 2007.**

**Monografia (Bacharelado) – Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, 2007.**

1. armadilhas de solo 2. extrator Berlese-Tullgren
3. macro e mesofauna de solo 4. monitoramento
ambiental 5. variação espaço-temporal

"Nada se cria, nada se perde, tudo se transforma."

Lavoisier, séc. XVIII

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, Vanda, Bernardo, Leon, Ana, Débara e Gith, pela companhia, compreensão e apoio, sem os quais nenhuma coisa é feita sozinho.

Ao professor Gilberto Rodrigues pela orientação direta e de outros trabalhos.

Às Alunas II pelo apoio nos diversos stages de todos os trabalhos que desenvolvemos na iniciação científica, orientações e auxílio no laboratório e em campo, pelos dados e dados documentais sem as quais e em especial, por amizade.

Às Joás pela orientação no início dos trabalhos, auxílio em campo, desde o início do primeiro ano de coleta e pelas reuniões e reuniões das longas reuniões de trabalho e mais.

À Luciana agradeço o auxílio nos trabalhos estatísticos, nos cálculos e campo e a ajuda com o trabalho no laboratório.

Aos estudantes de campo e colegas de laboratório Renato, Cecília, Thiago, André C. Andréia, Pamela e Eduardo.

A todos os técnicos e funcionários do CENEC, que sempre foram gentis e serviram pelos serviços prestados.

Às secretárias Marcia pelo cumprimento e pelas várias atas e visitas durante todo o curso.

Às várias equipes de CENEC, pela realização dos trabalhos de campo, especialmente Maria Fernanda.

A todos os demais pesquisadores e colegas que colaboraram com apoio e auxílio durante toda a longa jornada.

A todos os membros da banca, especialmente Maria Fernanda, Maria Teresa, Rosa, Rosângela e Gil.

“Nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”
Lavoisier, séc. XVIII

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, Vanda, Bernhard, Leda, Ana, Débora e Erik, pela companhia, compreensão e apoio, sem os quais nenhuma etapa desse trabalho seria possível.

Ao professor Gilberto Rodrigues pela orientação deste e de outros trabalhos.

Ao André B. pelo apoio nas diversas etapas de todos os trabalhos que desenvolvi na iniciação científica, companhia e auxílio no laboratório e em campo, pelos dados cedidos do primeiro ano de coleta e em especial, pela amizade.

Ao José pela iniciação no mundo dos artrópodes, auxílio em campo, dados cedidos do primeiro ano de coleta e pelas conversas e risadas das longas triagens de sextas-feiras à noite.

À Luciana agradeço o auxílio nas análises estatísticas, nas saídas a campo e a importante companhia no laboratório.

Aos ajudantes de campo e colegas de laboratório Renato, Cecília, Thiago, André C., Andréia, Pâmela e Eduardo.

A todos os técnicos e funcionários do CENECO, que sempre foram gentis e atenciosos, pelos serviços prestados.

Ao motorista Marcelo pela companhia e pelas várias idas e vindas durante cada campo.

Aos vários guardas da UFRGS, pela segurança nos trabalhos de campo realizados no Morro Santana.

A todos os demais professores e colegas que contribuíram com apoio e idéias durante toda a longa trajetória.

À CGTEE por viabilizar financeiramente essa pesquisa.

Aos componentes da banca, Marcelo Maisonette Duarte, Maria Teresa Raya Rodriguez e Gilberto Gonçalves Rodrigues pela leitura e sugestões de correção do trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
ANEXOS	xi
RESUMO	1
Capítulo I - Fauna de solo: bioindicadores da qualidade do solo	2
1.1 Introdução	2
Fauna de solo	2
1.2 Materiais e métodos	6
Técnicas de amostragem da fauna de solo	6
Extrator tipo Berlese-Tullgren	6
Armadilhas tipo Barber	8
Identificação da fauna de solo	10
Variáveis ambientais	10
1.2 Referências	12
Capítulo II - Variação temporal da fauna de solo em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul	17
2.1 Introdução	17
2.2 Material e métodos	18
Área de estudo	18
Área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul	18
Refúgio de Vida Silvestre da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (REVIS UFRGS)	19
Métodos	22
2.3 Resultados	23
Variáveis Ambientais	27
2.4 Discussão	28
2.5 Conclusões	29
2.6 Referências	31
Capítulo III - Aspectos estruturais da fauna de solo em áreas sob influência do processamento do carvão mineral no Sul do Brasil	35
3.1 Introdução	35

3.2 Material e métodos	36
Área de estudo	36
Área influenciada por uma usina termoeétrica na Região Carbonífera do Rio Grande do Sul.....	36
Métodos	40
3.3 Resultados e discussão	41
3.4 Conclusões.....	43
3.5 Referências	44
Capítulo IV - Macro e mesofauna de solo em área influenciada por uma usina termoeétrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul	47
4.1 Introdução.....	47
4.2 Material e métodos	48
Área de estudo	48
Métodos	49
4.3 Resultados.....	49
4.4 Discussão.....	54
4.5 Conclusões.....	56
4.6 Referências	57
Capítulo V - Macro e mesofauna de solo: subsídios ao monitoramento da qualidade do solo	59
5.1. Introdução.....	59
5.2. Material e Métodos.....	62
5.3. Resultados e discussão	63
Extrator Berlese-Tullgren.....	63
Armadilhas de solo.....	66
Variáveis ambientais	70
5.4 Discussão sobre as metodologias	74
5.2. Considerações finais.....	76
5.4. Referências	78

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Metodologia de amostragem de meso e macrofauna de solo através de extrator com funis tipo Berlese-Tullgren. p.8
- Figura 1.2.** Metodologia de amostragem de meso e macrofauna de solo através de armadilha de solo tipo Barber (pitfall traps). p.9
- Figura 2.1.** Localização do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, através de imagem de satélite e de esquema interpretado da imagem de satélite SPOT indicando a crescente urbanização em direção ao mesmo. p.21
- Figura 2.2.** Imagem de satélite ilustrando o mosaico de floresta e campo no Morro Santana Porto Alegre, Rio Grande do Sul onde foram realizadas coletas da fauna de solo através de extrator tipo Berlese-Tullgren e armadilha de solo tipo Barber. p.22
- Figura 2.3.** Abundância média da fauna de solo de uma área campestre no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2004 a agosto de 2006 verificada através de duas metodologias distintas (extrator tipo Berlese-Tullgren e armadilha de solo tipo Barber). p.23
- Figura 2.4** Abundância relativa de cada taxa no período de outubro de 2004 a agosto de 2006 coletados em uma área campestre no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, verificada através de duas metodologias distintas (extrator tipo Berlese-Tullgren e armadilha de solo tipo Barber). p.25
- Figura 2.5.** Agrupamento das coletas com extrator Berlese-Tullgren da fauna de solo de uma área campestre no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2004 a agosto de 2006. p.26
- Figura 2.6.** Agrupamento das coletas com armadilhas de solo da fauna de solo de uma área campestre no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2004 a agosto de 2006. p.27
- Figura 3.1** Foto de satélite da região onde está inserida a Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, e localização das seis subáreas onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de armadilhas tipo Barber (pitfall traps) no período de março de 2006 a novembro de 2006. p.39
- Figura 3.2.** Análise de Componentes Principais (PCA) para as ordens da fauna do solo mais abundantes ($n > 100$) e unidades amostrais (estações do ano e subáreas), em 2006, no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo - Rio Grande do Sul. p.42
- Figura 4.1.** Foto de satélite da região onde está inserida a Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, e localização das sete subáreas onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de amostras de extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006. p.48

Figura 4.2. Usina Termoeletrica de São Jerônimo Rio Grande do Sul, com detalhe da deposição de cinzas sobre as folhas da vegetação. p.49

Figura 4.3 Análise de componentes principais (PCA) realizada para os dados de abundância logaritmizados ($\log x+1$) das coletas sazonais da fauna de solo pelo método de amostras de extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006 na Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul. p.52

Figura 4.4 Variação da abundância total ($\log x+1$) dos quatro grupos taxonômicos da fauna de solo mais representativos ao longo das estações do ano de 2006. p.53

Figura 4.5. Variação da abundância total ($\log x+1$) dos quatro grupos taxonômicos da fauna de solo com maior representatividade ao longo das estações do ano de 2006. p.54

Figura 5.1. (a-d). Variação da média da abundância total de indivíduos das ordens de fauna de solo mais representativas (abundância total $\geq 5\%$) nas sete subáreas amostradas a partir de extrator Berlese-Tullgren em uma área influenciada por uma usina termoeletrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a novembro de 2006. p.63

Figura 5.2. (a-d). Variação da média da abundância total de indivíduos das ordens de fauna de solo mais representativas (abundância total $\geq 5\%$) ao longo dos períodos amostrados a partir de extrator Berlese-Tullgren em uma área influenciada por uma usina termoeletrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a novembro de 2006. p.65

Figura 5.3 (a-f). Variação da média da abundância total de indivíduos das ordens de fauna de solo mais representativas (abundância total $\geq 5\%$) nas sete subáreas amostradas a partir de armadilha de solo em uma área influenciada por uma usina termoeletrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a junho de 2007. p.68

Figura 5.4 (a-f). Variação da média da abundância total de indivíduos das ordens de fauna de solo mais representativas (abundância total $\geq 5\%$) ao longo dos períodos amostrados a partir de armadilha de solo em uma área influenciada por uma usina termoeletrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a junho de 2007. p.69

Figura 5.5. Valores das variáveis ambientais (condutividade elétrica, pH e percentual de matéria orgânica) no período de março de 2006 a junho de 2007. p.73

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Data das sete coletas sazonais de fauna de solo realizadas em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2004 a agosto de 2006. p.22

Tabela 2.2. Variáveis ambientais analisadas a partir de alíquotas de solo coletadas sazonalmente em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de março de 2006 a agosto de 2006. p.27

Tabela 3.1. Índices de diversidade e equidade de Shannon-Wiener para as ordens encontradas no levantamento da fauna de solo no ano de 2006 em áreas sob influência do processamento de carvão mineral, São Jerônimo – Rio Grande do Sul. p.42

Tabela 4.1. Ordens encontradas nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006. p.51

Tabela 4.2. Percentual de Ácaros Oribatídeos encontradas nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 e novembro de 2006. p.51

Tabela 4.3. Índices de Diversidade encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006. p.52

Tabela 5.1. Data das dez coletas de fauna de solo realizadas em área influenciada pelo processo de geração de energia da Usina Termoelétrica de Carvão de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, durante os anos de 2004/5, 2006 e 2007. p.62

Tabela 5.2. Índices de Diversidade encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método extrator tipo Berlese-Tullgren no período de agosto de 2004 a novembro de 2006. p.66

Tabela 5.3. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre agosto de 2004 e junho de 2005 através do método extrator tipo Berlese-Tullgren. p.66

Tabela 5.4. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre março e novembro de 2006 através do método extrator tipo Berlese-Tullgren. p.66

Tabela 5.5. Índices de Diversidade encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de armadilhas de solo no período de agosto de 2004 a junho de 2007. p.69

Tabela 5.6. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre agosto de 2004 e junho de 2005 através do método de armadilhas de solo. p.70

Tabela 5.7. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre março e novembro de 2006 através do método de armadilhas de solo. p.70

Tabela 5.8. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre março e junho de 2007 através do método de armadilhas de solo. p.70

Anexo 5.3. Abundância total das néctons capturadas através do método de armadilhas de solo tipo Barber ao longo dos anos de 2004/3, 2006 e 2007 realizadas nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul. p.45-6

Anexo 5.4. Abundância média e coeficiente de variação (CV) das néctons capturadas através do método de armadilhas de solo tipo Barber nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a junho de 2007. p.67

Anexo 5.5. Pontos de captura em três subáreas (MCA, CPA e CCI) no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de armadilhas de solo realizadas em outubro pelo método Tullgren e armadilhas de solo tipo Barber (pitfall traps) no período de agosto de 2004 a junho de 2006. p.68

Anexo 5.6. Índices de Diversidade encontrados em três áreas captação de Monte Serrano, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, nas coletas de fauna de solo realizadas através do método Berlese-Tullgren no período de agosto de 2004 a agosto de 2006. p.68

Anexo 5.7. Índices de Diversidade encontrados em três áreas captação de Monte Serrano, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, nas coletas de fauna de solo realizadas através do método de armadilhas de solo no período de outubro de 2004 a agosto de 2006. p.68

Anexo 5.8. Variação da fauna de néctons mensal e número de néctons capturados por mês para a região de Porto Alegre durante os anos de coleta (2004, 2005, 2006 e 2007). p.69

ANEXOS

- Anexo 1.1.** Exemplos de grupos taxonômicos encontrados nas coletas. p.16
- Anexo 3.1** Variação sazonal dos táxons coletados em nível de Ordem nas subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de armadilhas tipo Barber (pitfall traps) no período de março de 2006 a novembro de 2006. p.46
- Anexo 5.1.** Abundância total das ordens amostradas através de extrator Berlese-Tullgren ao longo dos anos de 2004/5 e 2006 encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul. p.83
- Anexo 5.2.** Abundância média e coeficiente de variação (C.V) das ordens amostradas através de extrator Berlese-Tullgren nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a novembro de 2006. p.84
- Anexo 5.3.** Abundância total das ordens amostradas através do método de armadilhas de solo tipo Barber ao longo dos anos de 2004/5, 2006 e 2007 encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul. p.85-6
- Anexo 5.4.** Abundância média e coeficiente de variação (C.V) das ordens amostradas através do método de armadilhas de solo tipo Barber nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a junho de 2007. p.87
- Anexo 5.5** Fotos ilustrando três subáreas (MCA, CPA e CCL) no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelos métodos de amostras de solo processadas em extrator tipo Berlese-Tullgren e armadilhas de solo tipo Barber (pitfall traps) no período de agosto de 2004 a junho de 2006. p.88
- Anexo 5.6.** Índices de Diversidade encontrados em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, nas coletas da fauna de solo realizadas através do método Berlese-Tullgren no período de outubro de 2004 a agosto de 2006. p.88
- Anexo 5.7.** Índices de Diversidade encontrados em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, nas coletas da fauna de solo realizadas através do método de armadilhas de solo no período de outubro de 2004 a agosto de 2006. p.88
- Anexo 5.8.** Variação da chuva acumulada mensal e número de dias com chuva por mês para a região de Porto Alegre durante os anos de coleta (2004, 2005, 2006 e 2007). p.89

RESUMO

A maioria dos organismos edáficos possui ciclo de vida estreitamente dependente do seu meio, sendo de tal maneira fundamental para os processos ecológicos do solo, que são prioridade para monitoramento de distúrbios deste sistema. No entanto, o escasso conhecimento sobre a variação espaço-temporal desses organismos aumenta o desafio de distinguir a variação natural daquela provocada por impactos ambientais. Com o objetivo de facilitar tal distinção de forma a subsidiar o monitoramento ambiental, a variação espaço-temporal da meso e macrofauna de solo foi avaliada em áreas com distúrbios de menor e maior intensidade. Coletas com extrator tipo Berlese-Tullgren e com armadilhas de solo foram realizadas durante três anos (2004-2007) em uma área campestre conservada e no entorno de uma usina termoelétrica de carvão no Rio Grande do Sul, Brasil. A fauna foi classificada em nível de ordem. Embora os distúrbios constantes de diferentes naturezas e intensidades no entorno da usina comprometam a análise dos dados de forma mais eficaz, foi possível perceber certa tendência temporal de alguns grupos (Hymenoptera e Diptera) e variação espacial entre às áreas amostradas. É sugerida a classificação das ordens mais representativas em menor nível taxonômico para a identificação de padrões analisáveis.

Palavras-chave: armadilhas de solo; extrator Berlese-Tullgren; macro e mesofauna de solo; monitoramento ambiental; variação espaço-temporal

Capítulo I - Fauna de solo: bioindicadores da qualidade do solo

1.1 Introdução

As funções desempenhadas pelos organismos que vivem no solo são fundamentais para a manutenção dos processos ecológicos que ocorrem nesse ambiente (Wallwork, 1970). A relação de interdependência entre os horizontes orgânicos e a fauna que os habita torna esta bioindicadora da qualidade do sistema edáfico (Parisi *et al.*, 2005; Correia, 2002). Porém, é um grande desafio distinguir variações espaço-temporais naturais da história de vida de cada organismo, daquelas provocadas por impactos ambientais (Culik *et al.*, 2002; Osenberg *et al.*, 1994).

O objetivo do presente trabalho é verificar a variação espaço-temporal em duas áreas com diferentes intensidades de impacto no solo, como forma de subsidiar o monitoramento ambiental.

Este primeiro capítulo tem como objetivo apresentar a fauna que habita o solo e as duas metodologias (extrator Berlesse Tulgren e armadilhas de solo) utilizadas em estudos da fauna e avaliações da qualidade do solo. Essas metodologias também foram utilizadas nos estudos da variação espaço-temporal da meso e macrofauna de solo em uma área campestre no Morro Santana (área conservada, Capítulo II e V) e em subáreas de diferentes fitofisionomias no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo (capítulos III, IV e V).

Fauna de solo

Segundo Wallwork (1970), a fauna de solo compreende organismos metazoários que possuem graus de interação muito diferenciados com esse ambiente. A maior parte dos grupos inseridos nessa classificação é de animais que passam pelo menos uma parte da sua vida no solo. Nesse sentido, Wallwork incluiria desde aves que fazem seus ninhos no substrato terrestre até artrópodes. Alguns, todavia, buscam apenas um refúgio temporário no solo – sendo caracterizados como organismos que tem apenas uma relação marginal com o solo.

Entre as inúmeras classificações para a fauna de solo, existem quatro que são mais comumente adotadas e agrupam os organismos de acordo com o tamanho corporal, tempo de permanência no solo (presença), preferência de hábitat e sua atividade (Wallwork, 1970). Outros agrupam em relação aos métodos de coleta ou por grupos taxonômicos que ocorrem com maior frequência em cada método de coleta.

Segundo Duarte (1998), a classificação mais utilizada se refere ao tamanho, onde a biota do solo é dividida em microfauna (<0,2mm), mesofauna (>0,2mm e <2mm) e macrofauna (>2mm). A microfauna do solo, segundo este autor, é composta principalmente pelos grupos Protozoa e Nematoda. Estes, quanto ao hábito, se alimentam basicamente da microflora formada por fungos e bactérias. Assim, essa porção da fauna é responsável por assimilar tecidos microbianos e excretar nutrientes minerais que ficam disponíveis no solo para outros organismos.

A mesofauna, por sua vez, agrupa Acari, Collembola e os anelídeos principalmente da família Enchytraeidae. Os ácaros e colembolas colaboram com a mineralização de nutrientes, na cominuição de detritos, aumentando a superfície terrestre para o ataque microbiano, através da deposição de pelotas fecais e dispersão de esporos e constituintes solúveis em água (Butcher *et al.*, 1971; Seadsted, 1984 *apud* Duarte 1998, Duarte 2004). Estudos indicam que muitos microartrópodes (ácaros e colembolas) são onívoros, alimentando-se do recurso que estiver disponível. Enchytraeidae atua na ciclagem de nutrientes e mudança do tamanho e da distribuição dos poros do solo, o que influencia diretamente em características do solo, tais como transporte de solutos, disponibilidade de oxigênio (Didden, 1995) e na dinâmica do nitrogênio (Komunainen & Mikola, 1995).

A macrofauna é representada por um grupo bastante amplo de organismos. Estão entre eles Miriapoda, Coleoptera, Isoptera, Hymenoptera, Aranae (Duarte, 1998) e também alguns vertebrados (Wallwork, 1970). A macrofauna é responsável pela quebra de partículas, decomposição da serapilheira e enterramento de detritos e fragmentos de plantas, disponibilizando esses recursos para os microorganismos e atuando na reorganização de partículas do solo, alterando, assim as condições de porosidade do meio (Duarte, 1998).

O tamanho dos organismos parece estar diretamente relacionado com outras características ecológicas: enquanto a microfauna possui alta capacidade de se adaptar às condições adversas e mobilidade reduzida, a mesofauna apresenta menor habilidade para digerir substratos complexos e maior mobilidade. Já a macrofauna parece ter se especializado na decomposição da matéria orgânica, possuindo habilidade enzimática bastante limitada e alta mobilidade (Duarte, 1998).

É notória a interdependência dos três grupos, bem como a forma como suas ações alteram as características do solo. O processo biológico no solo parece seguir uma hierarquia de níveis sucessíveis de organização. Macro, meso e microfauna influenciam

nas atividades microbiológicas em diferentes escalas no mosaico do seu hábitat (Anderson, 1988). Assim, estudos ecológicos envolvendo estes grupos de organismos que façam classificação unicamente em tamanhos devem ser realizados com cuidado.

Inúmeras condições ambientais, incluindo os fatores climáticos são relevantes na distribuição e abundância da fauna do solo, uma vez que a precipitação, evapotranspiração, temperaturas médias mensais e anuais interferem na disponibilidade de recursos para esses organismos. A sazonalidade confere ao ambiente físico periodicidades naturais que podem regular tanto o ciclo de vida dos organismos, quanto as relações inter-específicas (Odum, 1983; Tauber *et al.*, 1984; Townsend *et al.*, 2006, Podgaiski, *et al.* 2007).

O solo, como elemento geomorfológico, possui características únicas e peculiares em função da interação entre matéria originária das rochas, fatores abióticos (precipitação, evapotranspiração, temperatura, vento) e bióticos (organismos que habitam o solo, vegetação, megafauna) e interferência e/ou presença humana. Essa interação de fatores resulta em condições de porosidade e retenção de água e nutrientes específicas para cada região.

A biota representada pela fauna de solo é essencial na decomposição e mineralização da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, elevação da fertilidade, elevação da produtividade primária das plantas, aeração e redistribuição de partículas e a estabilidade dos ecossistemas (Correia, 2002).

Devido a fundamental importância dos organismos que habitam o solo na manutenção dos processos ecológicos desse ecossistema, diversos autores incluem a biota no próprio conceito de solo (Eisenbeis & Whichard, 1987). Da mesma forma, as características do solo (tais como porosidade, umidade, aeração e temperatura) também são fundamentais na determinação da distribuição e riqueza da biota (Eisenbeis & Wichard, 1987; Huffaker & Rabb 1984).

Uma vez que as funções desempenhadas pelos organismos influenciam diretamente as características do solo e estas são determinantes no ciclo de vida dos organismos, conhecer a diversidade da fauna de solo nos permite inferir sobre a qualidade desse ambiente.

Nesse sentido, Martins (2001) ressalta que ao usar indicadores para a qualidade ambiental ou mesmo bioindicadores, para avaliar a recuperação de um ecossistema, é imprescindível conhecer as metas e objetivos pretendidos para o mesmo, pois em áreas onde variáveis abióticas forem priorizadas - por exemplo, diminuir erosão -, a

biodiversidade é menor do que naquelas envolvendo modelos de recuperação mais complexos, onde processos e funcionalidade são priorizados.

Diversos autores citam artrópodes de solo como bioindicadores, tanto de impactos antropogênicos em ambientes florestais (Van Straalen *et al.*, 1998; Cancela Da Fonseca, 1990; Rusek & Marshall, 2000; Donegan *et al.*, 2001), como em agroecossistemas (Mueller *et al.*, 1990; 1995; Behan-Pelletier, 1999) e de sucesso na restauração ecológica (e.g., Longore, 2003; Nakamura *et al.*, 2003). Esses organismos apresentam diversas características ecológicas descritas como vantajosas para sua utilização como indicadores. O ciclo de vida curto permite acompanhar as alterações ano a ano; seu tamanho reduzido permite monitorar variações sutis que influenciam a qualidade do habitat; eles ocupam grande diversidade de microhábitats e nichos, desempenhando muitas funções ecológicas relevantes; representam grandes populações nos ecossistemas e são relativamente fáceis de amostrar sem causar danos significativos às populações. Como desvantagens são citadas apenas lacunas provenientes da diminuta quantidade de pesquisas com o grupo: faltam dados ecológicos e há poucos taxonomistas especialistas para identificar corretamente os organismos (Longore, 2003).

Van Straalen (1998) avalia sistemas de bioindicadores derivados de comunidades de artrópodes. Nesse grupo, os insetos são considerados bons indicadores ecológicos de recuperação (Martins, 2001), principalmente formigas, cupins, vespas, abelhas e besouros (Andersen & Majer, 2004; Andersen *et al.* 2003; Davis *et al.*, 2003; Pik, 2002; Tschardt *et al.*, 1998).

Entre os microartrópodes, Behan-Pelletier (1999) e Stamou & Argyropoulou (1995) descrevem os ácaros oribatídeos (Cryptostigmata) como bioindicadores apropriados: estão entre os artrópodes mais abundantes no horizonte orgânico da maioria dos solos e sua baixa taxa metabólica, desenvolvimento lento e baixa fecundidade os impede de responder rapidamente a variações dos recursos. Sendo assim, é um grupo de fácil acesso cujo tamanho populacional reduzido pode indicar ocorrência de distúrbios.

Conforme Buss *et al.*(2003) biomonitoramento pode ser definido como o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas. Segundo Van Straalen (1998), bioindicação consiste em coletar informações ecológicas a campo e analisá-las com o objetivo de usar tais informações para fazer inferências sobre a qualidade do ambiente do local sob investigação. Bons bioindicadores são sensíveis a um ou vários fatores que

se pretende investigar, funcionando da mesma forma como “um barômetro indica a pressão do ar” (Van Straalen, 1998).

O biomonitoramento tem dois tipos de abordagem: ativo ou passivo. No primeiro, organismos sensíveis ou resistentes são expostos por um determinado tempo na área a ser monitorada e após o recolhimento do material, parâmetros de interesse são analisados quali-quantitativamente. Já o monitoramento passivo investiga tais parâmetros em organismos existentes na área (Raya-Rodrigues, 2006). Segundo Gunkel (1994) o monitoramento ativo inicia com pesquisas em laboratório que buscam atingir alto grau de padronização, seguidas de exposição dos organismos no ambiente; enquanto o monitoramento passivo, mais freqüentemente utilizado, procura estabelecer relação de causa e efeito entre o que acontece com os organismos sensíveis e o fator estressante.

1.2 Materiais e métodos

Para o estudo da fauna de solo, principalmente para invertebrados terrestres que são constituídos em sua maior parte por artrópodes, optou-se em realizar dois métodos de amostragem conforme citados na literatura (Duarte & Becker, 2000 e Aquino *et al.*, 2006). Estes métodos consistem em coletas de amostras de solo com cilindros de metais, que são posteriormente processadas em funis extratores tipo Berlese-Tullgren modificados (Duarte & Becker, 2000) e a exposição de armadilhas tipo Barber (pitfall-traps), que são expostas para captura de organismos errantes.

Ambos os métodos utilizados são classificadas como biomonitoramento passivo.

Técnicas de amostragem da fauna de solo

Extrator tipo Berlese-Tullgren

Este método consiste na coleta de uma fração de solo com cilindros metálicos de sete cm de diâmetro por seis cm de altura, dentro dos quais as amostras são etiquetadas e armazenadas em sacos plásticos, para transporte e processamento em laboratório. Nesse as frações de solo são processadas durante sete dias em um extrator de organismos de solo.

Os invertebrados podem ser separados do solo por métodos secos ou umedecidos baseados em princípios físicos, ou por métodos dinâmicos que utilizam estímulos para fazer os organismos saírem das amostras de solo (Edwards, 1991). O método de funis extratores do tipo Berlese-Tullgren, que utiliza funis secos, encaixa-se no tipo dinâmico, pois a temperatura alta e controlada e gradientes de umidade consistem em estímulos que provocam o deslocamento dos invertebrados no sentido oposto ao calor e à luz e em direção aos funis com frascos coletores. Segundo Edwards (1991), a técnica de funis secos é mais difundida e mais fácil de manipular, no entanto, uma de suas restrições quanto ao seu uso consiste em não extrair ovos ou organismos em estágios dormentes. Os funis úmidos, ideais para coleta de Nematodes e Enchytraeidae, são apropriados para extração desses estágios mais prematuros, porém retiram também organismos mortos. Edwards (1991) afirma que os funis secos são mais eficientes para extração de micro e mesoarthropodes, organismos do interesse deste trabalho.

Para o delineamento amostral, definem-se áreas amostrais e em cada uma é estabelecida uma transecção de 40m. Nestes são marcados quatro pontos distanciados 10m entre si. Em cada ponto é retirada uma amostra de solo estratificada (solo sem serapilheira) com o auxílio de um cilindro metálico de sete cm de diâmetro por seis cm de altura, que corresponde a uma unidade amostral. Após a coleta, as amostras são identificadas e em laboratório são processadas para a remoção dos organismos do solo. O extrator tipo Berlese-Tullgren tem capacidade para processar 36 amostras simultaneamente. Consiste em um aparelho com lâmpadas de 40W na parte superior; cestos na face inferior, onde são colocadas as amostras; e funis enganchados abaixo dos cestos (Fig. 1.1)

Cada unidade amostral é colocada com o cilindro metálico de forma invertida nos cestos, para que as camadas superficiais fiquem na base do cesto, mais próximas aos funis. Dessa forma, os invertebrados se deslocam na direção oposta aos estímulos negativos – luz e calor, e caem no funil, onde são coletados em frascos contendo etanol 70%. As amostras são processadas durante sete dias. Nas primeiras 72h a temperatura foi mantida entre 35°-40°C. Nas próximas 48h ela era mantida entre 40°-45°C e de 120 até 168 horas a temperatura esteve entre 50° e 55°C. Após a extração, os organismos capturados são triados, separados, identificados, quantificados e armazenados em etanol 70%.

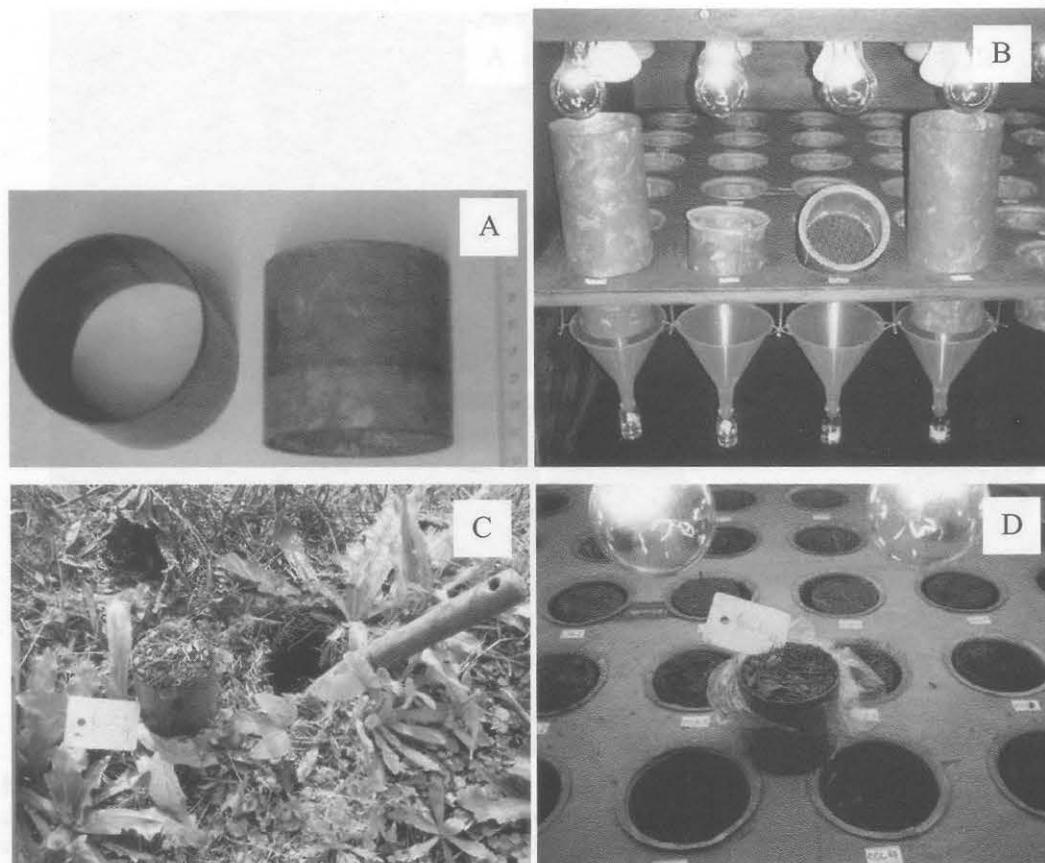


Figura 1.1. a) anéis cilíndricos utilizados para coleta das amostras de solo para análise de mesofauna e macrofauna; b) Extrator tipo Berlese-Tullgren com capacidade para processar simultaneamente 36 amostras de 7cm de diâmetro por 6cm de profundidade, no qual as amostras foram processadas durante sete dias. O calor e a luz das lâmpadas funcionam como estímulos negativos que promovem o deslocamento dos invertebrados em direção aos funis com frascos coletores. Para que os organismos migrem de acordo com a porosidade mais conveniente, as amostras são colocadas com a superfície do solo virada para os funis; c) amostra de solo; d) extrator em funcionamento com as amostras de solo.

Armadilhas tipo Barber

As armadilhas de solo (Fig.1.2) – ou pitfall traps- são indicadas para coleta de animais que habitam o solo ou passam parte de sua vida no mesmo. Consistem em um recipiente enterrado no chão, com a abertura permanecendo no mesmo nível do solo, parcialmente preenchido com um líquido que mata e conserva os organismos e algum detergente que quebre a tensão superficial e impeça a fauna de sair da armadilha (Aquino *et al.*, 2006).

Armadilhas de solo são conhecidas por fornecer informações valiosas sobre atividade e abundância relativa de vários grupos de artrópodes de solo, porém apresentam como desvantagem não fornecer dados acurados sobre abundância absoluta e densidade (Pontégnie *et al.*, 2005).

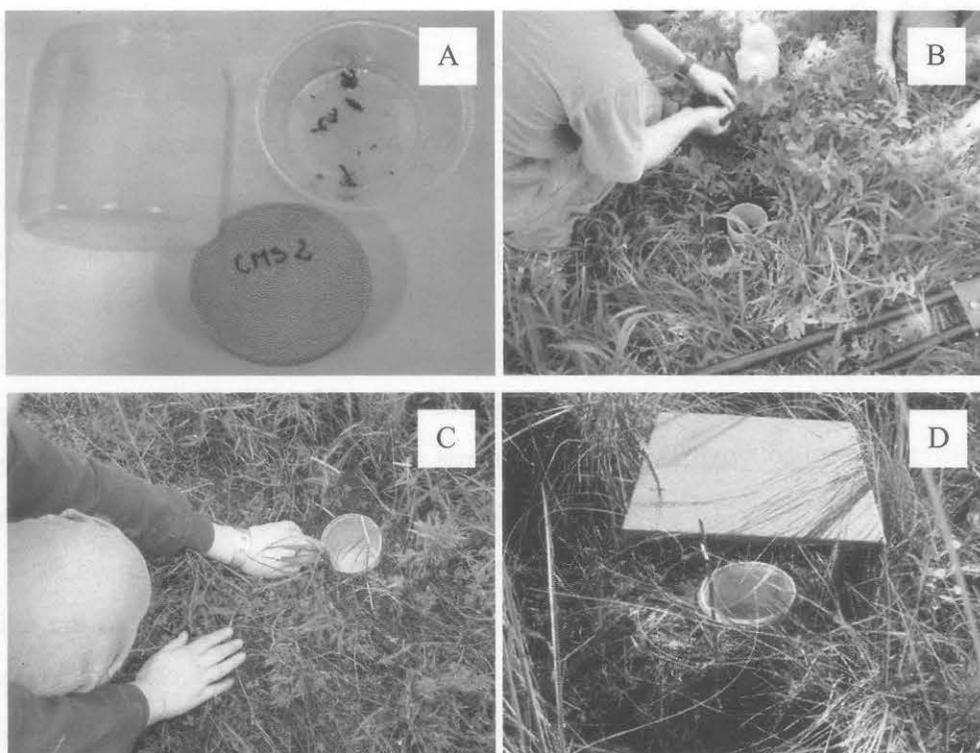


Figura 1.2. Armadilha de solo tipo Barber (pitfall traps). a) recipientes de transporte e amostragem; b) cilindro de pvc inserido no buraco cavado com auxílio de pá tipo “boca-de-lobo”; c) recipiente com capacidade para 500ml, com 200ml de formalina 2% e 1ml de detergente de cozinha inserido no solo deixando sua abertura no nível da superfície do solo; d) armadilha montada, protegida por uma placa de 20x20cm a 12cm de altura. A armadilha permanece em campo por seis dias.

Para o delineamento amostral procede-se da mesma forma como no método anterior. Nas áreas de coleta é estabelecido um transecto de 40m, no qual são marcados quatro pontos distanciados 10m entre si. Em cada ponto é retirada uma porção de solo para a inserção de potes, que ficam com a abertura no mesmo nível da superfície do solo.

Em cada unidade amostral é colocado um recipiente plástico com capacidade para 500ml contendo 200ml de formalina a 2% e 1ml de detergente. As armadilhas são protegidas por uma placa de 20x20cm a 12cm de altura (Fig. 1.2). Essa cobertura evita a diluição do líquido conservante ou transbordo com a água da chuva.

As armadilhas permanecem expostas por seis dias consecutivos e então são recolhidas e transportadas em recipientes fechados até o laboratório. Nesse as amostras são lavadas em peneira de malha fina (0,5mm), e os organismos são triados, separados, identificados e quantificados. Após são conservados em etanol 70%.

Identificação da fauna de solo

Todos os organismos coletados em ambos os métodos após seu processamento são triados e separados em microscópio estereoscópico e classificados em nível taxonômico. O conhecimento taxonômico de uma grande variedade de grupos que compreendem a fauna de solo ainda é incipiente nos nossos dias. A interpretação de dados envolvendo organismos classificados em grande grupo taxonômicos pode servir para subsidiar estudos em áreas mais abrangentes, que envolvam, por exemplo, um diagnóstico ambiental. No caso desse estudo se estender por mais anos, pode-se obter informações de variações sazonais (ou temporais) à medida que a os grupos apresentem padrões de comportamento semelhantes ao longo dos anos.

A avaliação da variação temporal dos organismos – utilizando a fauna de solo – auxilia em uma compreensão macroscópica, ou de maior abrangência, sobre a área de estudo em questão.

Para estudos que envolvem uma classificação primária em nível de classe, ordem e família podem ser utilizadas as seguintes bibliografias: Carreira (1980); Corseuil (2001); Eisenbeis & Wichard (1987) e Lewis (1967).

Variáveis ambientais

Para estudos ecológicos que envolvem a estrutura das comunidades da fauna de solo, é imprescindível a obtenção de variáveis ambientais que forneçam algumas características dos habitats onde elas ocorrem. Para a fauna de solo, informações sobre o conteúdo orgânico e acidez, entre outros, podem implicar em possíveis variações na distribuição e abundância dos organismos. Nesse caso, dados de temperatura, conteúdo de matéria orgânica, pH e condutividade elétrica podem ser avaliados.

Para análise dessas variáveis, geralmente é realizada a coleta de 100g de solo em cada área amostral. Para o pH e condutividade elétrica, o processamento das amostras em laboratório consiste na homogeneização das amostras e retirada de uma alíquota de 10g - medida em balança analítica marca TECNAL® B-TEC-220 com precisão de 0,0001g. Essa porção do solo é colocada em um copo de Becker (150ml) e diluída em 100ml de água destilada. Após é feita a leitura utilizando um pHmetro Denver Instrument ® modelo UB10 e condutímetro da marca TECNAL® modelo TEC-4MP. Para a análise de matéria orgânica, é feita uma amostra composta das quatro unidades

amostrais de solo utilizadas no extrator tipo Berlese-Tullgren. As amostras são homogêinizadas e calcinadas em forno do tipo mufla (450°C).

- ANDERSON, A. N.; HOFFMANN, B.D. & SOMERS, J. Aas as indicators of microbial abundance: community recovery at one of eight rehabilitation sites in central Queensland. *Ecology Management & Restoration*, v. 4, suplementar, p.12-18, 2003.
- ANDERSEN, A. N. & MAJER, J. P. Aas show the way down. *Anton. Invertebr. Divers. & Biogeography in land management*. The Ecological Society of America, v. 1, no. 2, p. 291-295, 2004.
- ANDERSON, J.M. Spatio temporal effects of microbicides on soil enzymes. *Biology and Fertility of Soils*, 6, 216-227, 1988.
- ARIBINO, A.M.; AGUIAR MENEZES, E.L. & OLIVEIRO, J. M. Recomendações para coleta de artrópodos fitófagos por armadilhas de queda ("pitfall-traps"). *Circular técnica 18 EMBRAPA*. Rio de Janeiro: Seropédica, 1986.
- BERNARD-PELLÉTIER, V. M. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, 74-75, 411-421, 1999.
- BUSS, D.P.; BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L. Bases científicas para aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade de água de rios. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 19(2), 465-473, 2003.
- BUTCHER, J.R.; SNIDER, R.; SNIDER, W. E. Diversity of oribatid Collembola and Acarina. *Annual Review of Entomology*, v. 16, pp 249-288, 1971.
- CANCELA DA FONSECA, J. P. Forest management impact on soil microarthropods and soil microorganisms. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, Paris, 17(5):269-285, 1990.
- CARREIRA, M. *Entomologia para você*. São Paulo: Nobel, 1989, 183p.
- CORREIA, M. P. E. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. *Seropédica*, Documentos 156, Embrapa, 2002, 23 p.
- CERSEQUE, B. *Apostila de Entomologia 2ª ed*. Paris: A. Guyot. Surcouche gráfica, 2001, 122p.

1.2 Referências

- ANDERSEN, A.N.; HOFFMANN, B.D. & SOMES, J.. Ants as indicators of minesites reclamation: community recovery at one of eight rehabilitation sites in central Queensland. **Ecology Management & Restoration**, v. 4, supplementp, S12-19. 2003.
- ANDERSEN, A. N. & MAJER, J. D.. Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. **The Ecological Society of America**, v.2 no 6, p. 291- 298. 2004.
- ANDERSON, J.M.. Spatio-temporal effects of invertebrates on soil process. **Biology and Fertility of Soils**. 6, 216-227. 1988.
- AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E.L. & QUEIROZ, J. M.. **Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“pitfall-traps”)**. Circular técnica 18 EMBRAPA. Rio de Janeiro: Seropédica, 2006.
- BEHAN-PELLETIER, V. M.. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, Amsterdam, 74:411-423. 1999.
- BUSS, D.F.; BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L.. **Bases conceituais para aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios**. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2): 465-473, 2003.
- BUTCHER, J.R.; SNIDER, R.; SNIDER, R. J.. Bioecology of edaphic Collembola and Acarina. **Annual Review of entomology**, v. 16, pp 249-288. 1971.
- CANCELA DA FONSECA, J. P.. Forest management: impact on soil microarthropods and soil microorganisms. **Revue d'Écologie et de Biologie du Sol**, Paris, 27(3):269-283. 1990.
- CARREIRA, M.. **Entomologia para você**. 5ªed. São Paulo: Nobel, 1980. 185p.
- CORREIA, M. E. F.. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. **Seropédica**, Documentos 156, Embrapa, 2002. 33 p.
- CORSEUIL, E.. **Apostila de Entomologia**. 2ªed. Porto Alegre: Start Serviços gráficos, 2001. 122p.

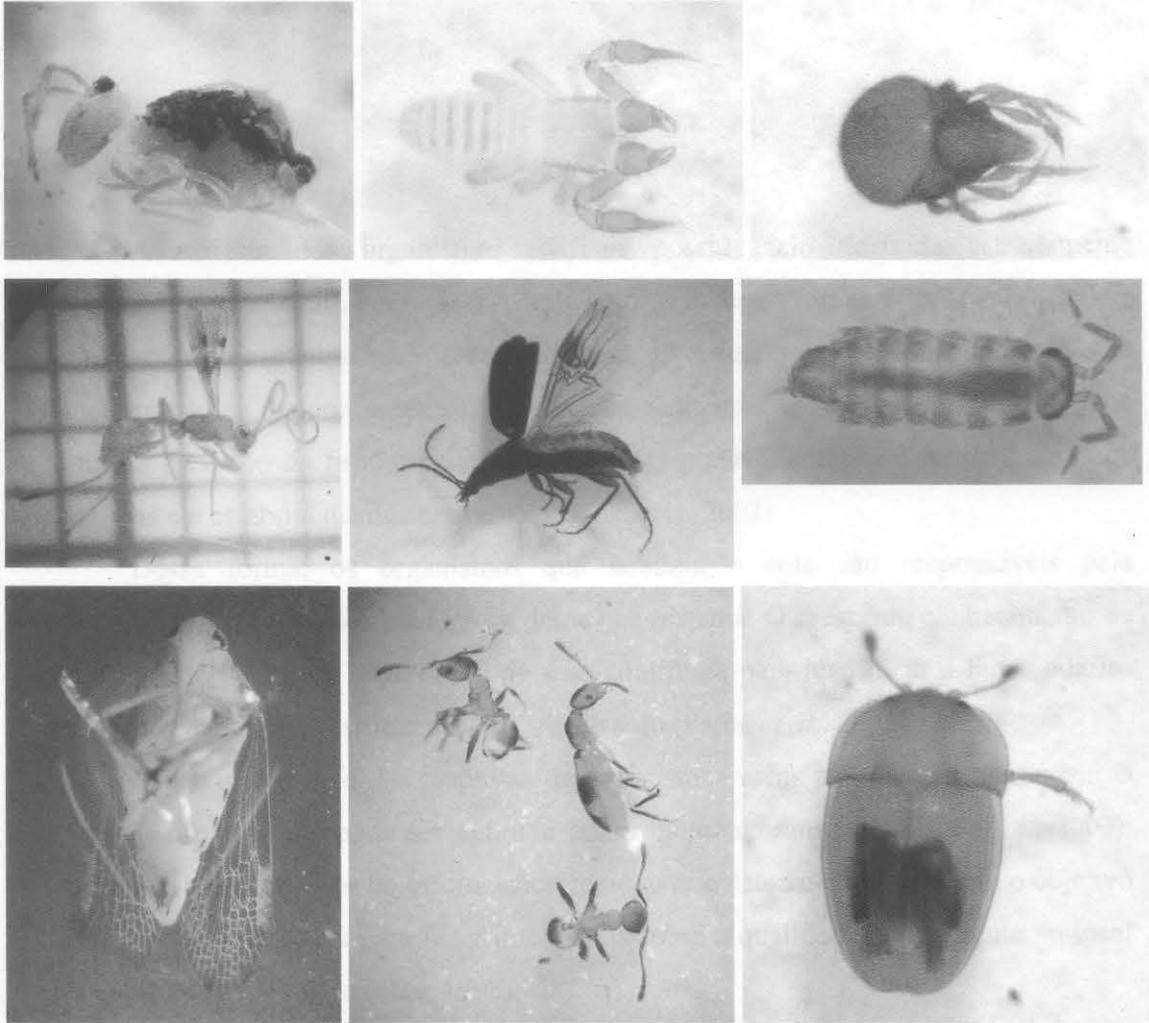
- CULIK, M. P.; SOUZA, J. L.; VENTURA, J. A.. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. **Applied Soil Ecology** 21. 2002. p. 49-58.
- DAVIS, A.L.V.; VAN AARDE, R.J.; SCHOLTZ, C.H. & DELPORT, J.H.. Convergence between dung beetle assemblages of post-mining vegetational chronosequence and unmined dune forest. **Restoration Ecology**, vol. 11 no.1 p. 29-42. 2003.
- DIDDEN, W. A.M.. Involvement of Enchytraeidae (Oligochaeta) in soil structure evolution in agricultural fields. **Biology and Fertility of Soils**, v.9, pp. 152-158. 1995.
- DONEGAN, K. K.; WATRUD, L. S.; SEIDLER, RJ; MAGGARD, SP; SHIROYAMA, T; PORTEOUS, LA; DIGIOVANNI, G.. Soil and litter organims in Pacific northwest forests under different management practices. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, **18**: 159-175. 2001.
- DUARTE, M.M.. Microartrópodes do solo (Acari e Collembola) em três áreas de campo na micro-região carbonífera do baixo Rio Jacuí, RS. Tese de Doutorado, PPG-ERN/UFSCar. 92p. 1998.
- DUARTE, M. M. & BECKER, M. A comunidade de microartrópodes em solos da micro-região carbonífera do baixo rio Jacuí. *In*: Carvão e meio ambiente. Porto Alegre, Ed. da Universidade, 2000. p.695-725.
- DUARTE, M. M.. Abundância de microartrópodes do solo em fragmentos de mata com araucária no sul do Brasil. **Iheringia**, Série Zoológica, Porto Alegre, 94 (2):163-169. 2004.
- EDWARDS, C. A..Method for assessing population of soil-inhabiting invertebrate. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 34: 1-4. p.145-176. 1991.
- EISENBEIS, G. & WICHARD, W.. **Atlas on the Biology of Soil Arthropods**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 437p.
- GUNKEL, G.. **Bioindikation in aquatischen ökosystemen**. Stuttgart: Gustav Fischer, 1994.
- HUFFAKER & A.P. RABB, R. L.. **Ecological Entomology**. New York: John Wiley and Sons. 1984. 844p.

- KOMUNAINEN, M. E. & MIKOLA, J.. Soil processes as influenced by heavy metals and the composition of soil fauna. **Journal of Applied Ecology**, v. 32, pp. 234-241. 1995.
- LEWIS, Trevor. Chapter VI : Keys to Common Land Invertebrates. *In: Introduction to experimental ecology*. London: Academic Press, 1967. p. 262 – 281.
- LONGCORE, T.. Terrestrial Arthropods as indicators of ecological restoration success coastal sage scrub (California, U.S.A.). **Restoration Ecology**. Vol. 11 n° 4, pp. 397-409. 2003.
- MARTINS, S. V.. **Recuperação de matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. p.114 e 115.
- MUELLER, B. R.; BEARE, M. H. & CROSSLEY, D. A., JR. Soil mites in detrital food webs of conventional and no-tillage agroecosystems. **Pedobiologia**, Jena, 34:389-401. 1990.
- NAKAMURA, A.; PROCTOR, H. & CATTERALL, P. C.. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. **Ecological Management & Restoration**. Vol. 4 supplement. 2003.
- ODUM, E. P.. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 434p. 1983.
- OSENBERG, C. W.; SCHMITT, R. J.; HOLBROOK, S. J.; ABU-SABA, K. E. & FLEGAL, A.R.. Detection of environmental impacts. *In: SCHMITT, R. J. & OSENBURG, C. W. (eds). Detecting Ecological Impacts: Concepts and Applications in Coastal Habitats*. San Diego: Academic Press, 1996. p.83- 108.
- PARISI, V.; MENTA, C.; GARDI, C.; JACOMINI, C. & MOZZANICA, E.. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 105, 2005. p.323-333.
- PIK, A.; DANGERFIELD, J. M.; BRAMBLE, . A.; ANGUS, C. & NIPPERESS, D. A. The use of invertebrates to detect small-scale habitat heterogeneity and its application to restoration practices. **Environmental Monitoring and Assessment**, 75: 179-199. 2002.
- PODGAISKI, L.R.; OTT, R.; GANADE, G.. Ocupação de microhabitats artificiais por invertebrados de solo em um fragmento florestal no sul do Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, 2(2): 71-79. 2007.

- PONTÉGNIE, M.; WARNAFFE, G. B. & LEBRUN, P.. impacts of silvicultural practices on the structure of hemi-edafic macrofauna community. **Pedobiologia** 49 p.199-210. 2005.
- RAYA-RODRIGUES, M. T.. 2006. Programas de Biomonitoramento da Qualidade do Ar do Laboratório de Bioindicação Vegetal do Centro de Ecologia do Instituto de Biociências da UFRGS. *In*: MARIATH, Jorge Ernesto de Araujo e SANTOS, Rianldo Pires dos (orgs.). **Os avanços da Botânica no início do século XXI: morfologia, fisiologia, taxonomia, ecologia e genética: Conferências, Plenárias e Simpósios do 57º Congresso Nacional de Botânica**. Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, 2006. Simpósio 33, p. 462.
- RUSEK, J. & MARSHALL, V. G.. Impact of airborne pollutants on soil fauna. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, 31:395-423. 2000.
- SEADSTED, T. R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization process. *Annual Review of Entomology*, v.29, ppp 25-46.. *apud* DUARTE, M.M. (1998): **Microartrópodes do solo (Acari e Collembola) em três áreas de campo na micro-região carbonífera do baixo Rio Jacuí, RS**. Tese de Doutorado, PPG-ERN/UFSCar, 1984. 92p.
- STAMOU G. P. & ARGYROPOULOU; M. D.. A preliminary study on the effect of Cu, Pb and Zn contamination of soils on community structure and certain life-history traits of oribatids from urban areas. **Experimental and Applied Acarology**, 19: 381-390. 1995.
- TAUBER, M.J.; TAUBER; C.A. & MASAKI, S... Adaptations to hazardous seasonal conditions: dormancy, migration and polyphenism. *In*: C.B. HUFFAKER & A.P. GUTIERREZ (Eds.). **Ecological Entomology**. New York:John Wiley and Sons, 1984. p. 149-182
- TOWNSED, C.R.; BEGON, M. & HARPER, J.L. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592p.
- TSCHARNTKE, T.; GATHMANN, A. & STEFFAN-DEWENTER, I.. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. **Journal of Applied Ecology**. vol35, pp.708-719. 1998.
- VAN STRAALLEN, N..Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, 9:429-437. 1998.
- WALLWORK, J.A.. **Ecology of Soil Animals**. Maidenhead: MacGraw-Hill. 1970. 283p.

1.4 Anexos

Capítulo II - Variação temporal da fauna de solo em uma área composta de
Moinho Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul



Anexo 1.1. Exemplos de grupos taxonômicos encontrados nas coletas: a) Collembola; b) Pseudoescorpiones; c) Acari; d) Hymenoptera; e) Coleoptera f) Isopoda g) Homoptera h) Hymenoptera e Coleoptera; i) Coleoptera.

Diversidade da fauna de solo nos primeiros meses após a queda de neve no sul do Brasil
(Lisachari e Whitchard, 1987).

O objetivo geral deste estudo é conhecer a fauna de solo de uma área campestre
utilizando duas métodos de coleta. O objetivo específico foi verificar a diversidade de
variação na abundância e diversidade de fauna estufa em diferentes épocas do ano em
uma área campestre do Moinho Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Capítulo II - Variação temporal da fauna de solo em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul

2.1 Introdução

A maioria dos organismos edáficos possui ciclo de vida estreitamente dependente do seu meio, interagindo com o solo de diversas formas (Parisi *et al.*, 2005). A macro e mesofauna são essenciais em diversas etapas da decomposição e mineralização da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, elevação da fertilidade, bem como da elevação da produtividade primária das plantas, aeração e redistribuição de partículas e a estabilidade dos ecossistemas (Correia, 2002).

Dessa forma, os organismos que habitam o solo são responsáveis pela manutenção dos processos ecológicos desse ecossistema. O crescente conhecimento de problemas derivados da degradação do solo contribuiu para identificar a fauna edáfica como prioridade para verificar a qualidade do solo (Parisi *et al.*, 2005).

O uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente pode ser definido como biomonitoramento (Buss *et al.*, 2003). Esse consiste em análises de informações ecológicas coletadas a campo, com o objetivo de usar tais informações para fazer inferências sobre a qualidade do ambiente do local sob investigação (Van Straalen, 1998).

Uma vez que a fauna do solo influencia diretamente as características do seu ambiente e essas são determinantes no ciclo de vida dos organismos, conhecer a diversidade da fauna de solo nos permite inferir sobre a qualidade desse ambiente (Eisenbeis e Whichard, 1987).

O objetivo geral desse estudo é conhecer a fauna de solo de uma área campestre utilizando dois métodos de coleta. O objetivo específico foi verificar a ocorrência de variação na abundância e diversidade da fauna edáfica em diferentes estações do ano em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2.2 Material e métodos

Área de estudo

Área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul

O Morro Santana localiza-se nos municípios de Porto Alegre e Viamão (30°04' S 51°08' W), no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Abrange uma área de aproximadamente 1000ha e comporta o topo mais alto de Porto Alegre, de 311m (Mohr & Porto, 2006; Dalbem, 2005).

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima de Porto Alegre é classificado como subtropical úmido (Cfa), tendo como característica marcante a grande variabilidade dos elementos do tempo meteorológico ao longo do ano. A temperatura anual média do ar é 19,4°C, sendo a média das máximas 37,8°C e das mínimas, 1,4 °C. A umidade relativa do ar média é de 76% e a precipitação anual média chega a 1.324mm (Livi, 2006; Nimer, 1990 *apud* Mohr, 1995). O clima é chuvoso, sem estação seca e com verão quente (Reis, 1972 *apud* Mohr, 1995).

O Morro Santana integra a região denominada Escudo Cristalino Riograndense (Mohr, 1995; Welker, 2006; Bortolotti, 2006) e assim como os demais morros de Porto Alegre, teve suas rochas geradas durante a evolução do cinturão orogênico, conhecido como Cinturão Dom Feliciano. Este cinturão originou-se da colisão entre dois antigos continentes, um sul-americano e outro africano, há cerca de 700 milhões de anos. Um dos limites dessa colisão ficou marcado por uma zona de falhas conhecida como Sutura de Porto Alegre, que foi reativada com o lento soerguimento do cinturão. Neste local ficaram alojados magmas graníticos mais jovens, como o granito Santana, rocha formadora do Morro Santana (Machado e Guerra, 1993).

A área mantém mosaicos de matas e campos característicos dos morros de Porto Alegre (Porto, 2006). Os campos desses mosaicos não são resultado de processos de desaparecimento das florestas - devido a mudanças no clima - ou fragmentação de florestas, mas sim remanescentes do clima com influência glacial (seco e frio), anteriores à atual vegetação florestal (Porto, 2006). As formações florestais situam-se principalmente nas encostas úmidas voltadas para o sul, enquanto as campestres ficam mais no topo e na encosta norte do morro (Welker, 2006).

As formações vegetais do morro Santana apresentam grande diversidade biológica, por terem origem em diversas rotas de migração. Porto (2006) afirma que os campos foram colonizados por elementos austrais-antárticos (através da rota migratória meridional) e por elementos chaco-pampeanos (rota migratória oeste). As florestas são compostas por espécies provindas de duas rotas: do noroeste do Estado, tendo estas se originado na periferia sul da Floresta Amazônica; e de elementos tropicais da Floresta Atlântica, que migraram através da rota da Costa Atlântica Brasileira. O padrão de campos secos, que hoje está presente apenas nos topos, dominava a paisagem original. No entanto, com o passar dos anos, ocorreu a penetração de espécies arbustivas pelos vales e terras baixas e, posteriormente, por matas baixas e altas, de modo tal que a área de ocupação dos campos foi restringida (Porto, 2006).

Conforme Penter (2004) a formação campo seco caracteriza-se pela presença de plantas herbáceas, como gramíneas, asteráceas e leguminosas. São exemplos de espécies comuns o capim-caninha (*Andropogum lateralis*) e o alecrim-do-campo (*Vernonia nidiflora*). Também denominados de campos pedregosos, são comuns no Morro Santana áreas com seixos ou afloramentos graníticos.

Refúgio de Vida Silvestre da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (REVIS UFRGS)

O Morro Santana compreende uma região com importantes registros de ocorrência de fauna ameaçada de extinção. Para preservar esse provável repositório de biodiversidade, foi criado um projeto hoje já aprovado que estabeleceu a área de Refúgio de Vida Silvestre da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (REVIS UFRGS) no local. É um dos últimos remanescentes de formação vegetal natural em POA (Comissão de Instalação da Futura Unidade de Conservação da UFRGS, 2003). Está localizado dentro do Bioma Mata Atlântica, que possui menos de 0,5% de sua área em Unidades de Conservação, possui alta diversidade e é o bioma que mais contribui para colocar o Brasil em primeiro lugar como o país que mais abriga diversidade de espécies no mundo. Além disso, a área em questão está dentro da região fitogeográfica denominada Floresta Estacional Semi-Decidual. É uma região que não está preservada

espécies bem adaptadas a distúrbios frequentes. Embora o fogo não impeça o estabelecimento das florestas, retarda o avanço da vegetação arbustiva que as precedem. Portanto, o fogo é um fator de prevenção da expansão florestal sobre áreas adjacentes de campo nas condições atuais de clima úmido e permite a manutenção de uma elevada biodiversidade na paisagem, devido à co-ocorrência de ecossistemas ricos em espécies distintas (campos-florestas) (Muller, 2005).

O estudo da fauna de solo deste trabalho foi realizado em uma área de Campo no Morro Santana (CMS) (Fig. 2.2). Para fins de localização, as coordenadas geográficas do primeiro e último dos quatro pontos de coleta são, respectivamente, CMS1 $30^{\circ}03'39.2''S$ $51^{\circ}07'24.2''W$ e do ponto CMS4 $30^{\circ}03'39.9''S$ $51^{\circ}07'23.5''W$.

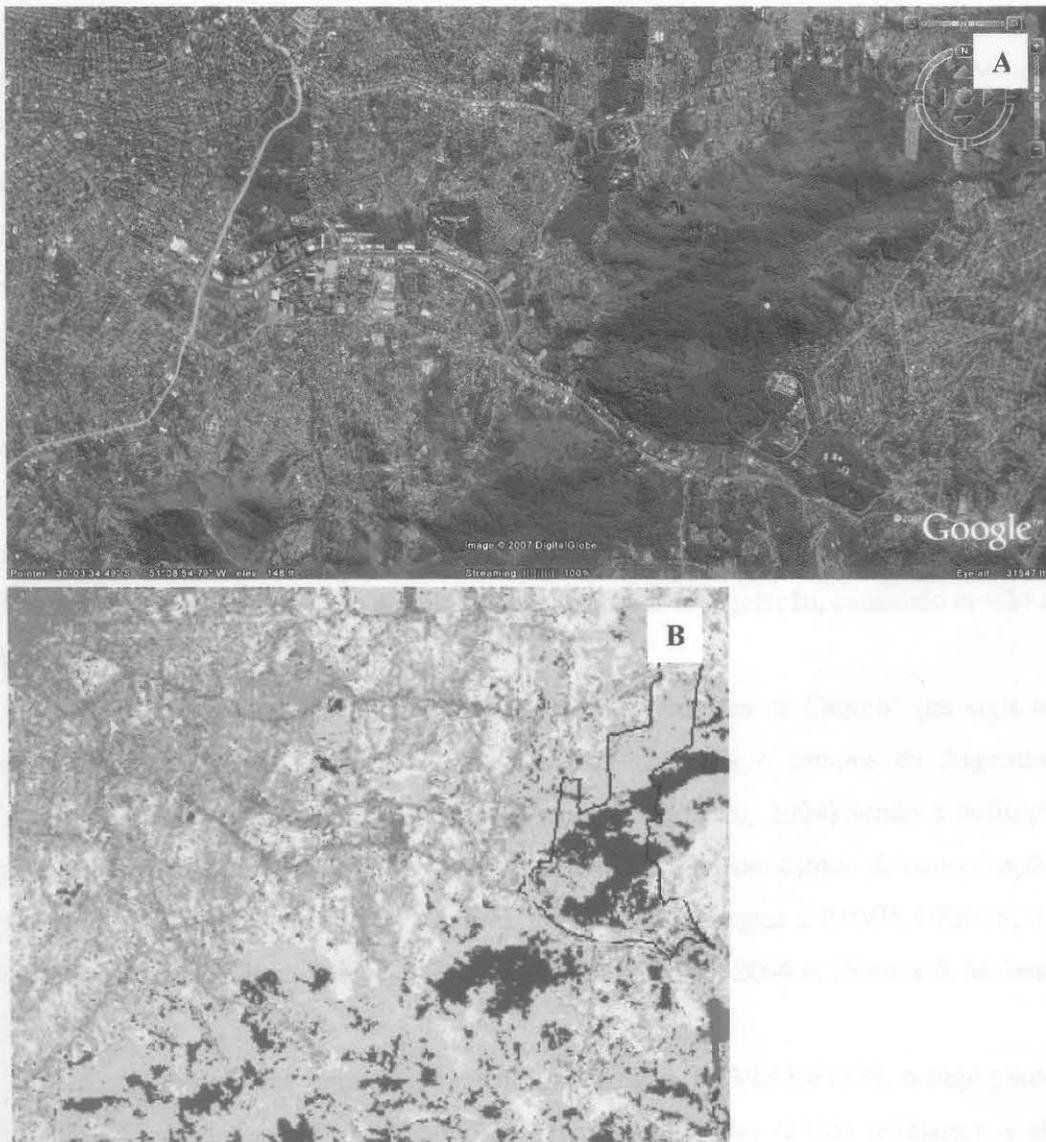


Figura 2.1. a) Imagem de satélite ilustrando a região onde está localizado o Morro Santana. b) Esquema interpretado da imagem de satélite SPOT, com a localização do Morro Santana (círculo amarelo) e da

em nenhuma unidade de conservação e que segundo Martin *et al.* (2006) abriga entre 90-100% da cobertura vegetal nativa ainda conservada.

Da área total do Morro Santana, aproximadamente 600 ha pertencem a UFRGS (Mohr & Porto, 2006), dos quais 370 ha estão destinados à criação da Unidade de Conservação “Refúgio de Vida Silvestre da Universidade Federal do Rio Grande do Sul” (Porto, 2004 *in* Bilenca & Miñarro, 2004). Segundo o artigo 13 da Lei 9.985 sobre o Sistema Nacional De Unidades De Conservação Da Natureza (SNUC), Refúgio de Vida Silvestre “*tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória*”.

Diversas ameaças, como a crescente urbanização, o estabelecimento de espécies animais e vegetais exóticas, queimadas nos campo, corte seletivo de madeira (Mohr & Porto, 2006), caça e venda ilegal de organismos, expansão da fronteira agrícola, extração de solo e minerais e atividades turísticas ou recreativas desordenadas (Porto, 2004 *in* Bilenca & Miñarro, 2004) ameaçam a biodiversidade do Morro Santana. A proximidade do mesmo com a área urbana do município (Fig. 2.1), bem como a expansão crescente da cidade, torna prioritária sua conservação (Mohr & Porto, 2006).

Destacam-se entre os impactos que ocorrem no morro, nas áreas diretamente influenciadas por ação antrópica, a poluição de nascentes e corpos d’água por fossas sanitárias e lixo, queimadas e corte seletivo da vegetação, ruptura e deslizamento de material de encosta como rochas e solo, assoreamento de arroios e utilização de trilhas para prática de motocross, que abrem valas e derrubam a vegetação, causando erosão na área (Oliveira *et al.*, 2006).

O Morro Santana foi citado entre as “Áreas Valiosas de Campo” (na sigla em espanhol, AVP, Áreas Valiosas de Pastizal) nos pampas e campos da Argentina, Uruguai e sul do Brasil (Porto, 2004 *in* Bilenca & Miñarro, 2004) sendo a definição para AVP “*superfície considerável de campos naturais em bom estado de conservação*” (Bilenca & Miñarro, 2004, p.xxi). Da área prevista para integrar a REVIS UFRGS, 31-40% são resquícios de campo e 41-50% são bosques (Porto, 2004 *in* Bilenca & Miñarro, 2004).

Entre os diversos impactos existentes na área da REVIS UFRGS, o fogo parece fundamental na manutenção dos campos. Estudos de Muller (2005) revelaram a alta proporção de espécies com capacidade de rebrote nas áreas de campo e alta taxa de recrutamento das demais espécies, o que caracterizaria uma comunidade composta por

área da Universidade (limites em preto), em relação à malha urbana da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Notar em vermelho a crescente urbanização em direção ao mesmo. (b- modificado de Comissão de Instalação da Futura Unidade de Conservação da UFRGS, 2003.)

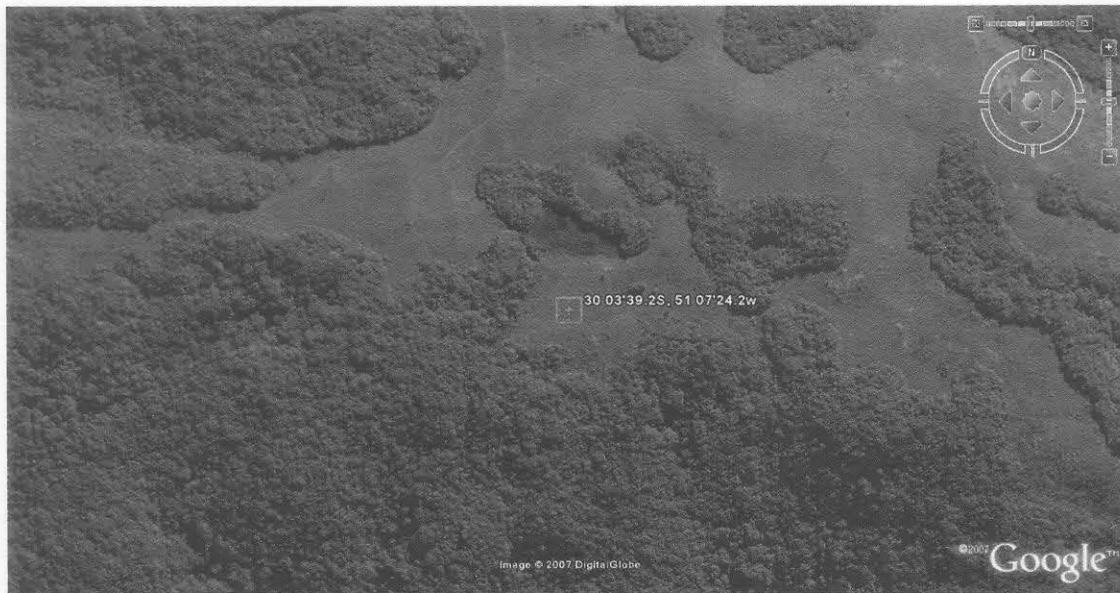


Figura 2.2. Imagem de satélite ilustrando o mosaico de floresta e campo no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Coletas sazonais da fauna de solo foram realizadas na área campestre entre 14 de outubro de 2004 e 18 de agosto de 2006. A coordenada geográfica aponta o primeiro dos quatro pontos amostrados.

Métodos

Para esse estudo foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo entre outubro de 2004 e agosto de 2006, totalizando sete saídas a campo (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Data das sete coletas sazonais de fauna de solo realizadas em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2004 a agosto de 2006.

Estação do ano	Ocasão amostral
Primavera 2004	outubro de 2004
Verão 2004dez	dezembro de 2004
Verão 2005	março de 2005
Outono 2005	junho de 2005
Verão 2006	março de 2006
Outono 2006	maio de 2006
Inverno 2006	agosto de 2006

A fauna de solo foi analisada através amostras de solo coletadas com cilindros metálicos posteriormente processados em extrator tipo Berlese-Tullgren; e armadilhas tipo Barber, conforme descrito no Capítulo I (p. 6- 9). As variáveis ambientais pH, condutividade elétrica e percentual de matéria orgânica do solo foram analisadas através

de uma alíquota do solo, conforme descrito no Capítulo 1, p. 10-11, para as coletas realizadas a partir do ano de 2006.

Foram analisadas a abundância e a abundância relativa dos grupos de fauna de solo encontrados em cada estação. Análises multivariadas foram realizadas no software MULTIV v.2.4.2 (Pillar, 2006) para explorar a dispersão da abundância média dos grupos taxonômicos encontrados nas amostras de cada estação do ano.

2.3 Resultados

Neste estudo foi amostrada uma primavera (2004), três verões (2004dez, 2005 e 2006); dois outonos (2005 e 2006) e um inverno (2006), totalizando 3428 organismos. Deste total, 1829 foram coletados das amostras de solo processadas no extrator tipo Berlese-Tullgren e 1595 coletadas com o método das armadilhas tipo Barber. Nas figuras 2.3, 2.4 e 2.5 são apresentadas, respectivamente, abundância, abundância relativa e análise de dispersão das médias das amostras em cada estação do ano.

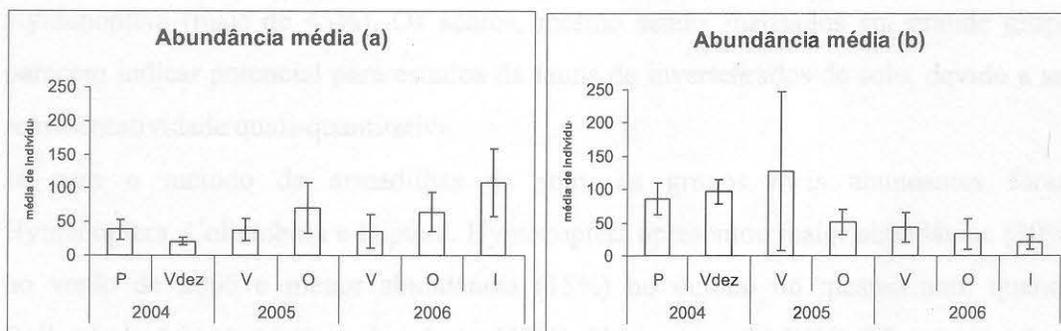


Figura 2.3. Abundância média da fauna de solo de uma área campestre no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2004 a agosto de 2006, verificada através de duas metodologias distintas. a) método extrator tipo Berlese-Tullgren; b) método de armadilha de solo tipo Barber.

Pode-se observar (Fig. 2.3a e 2.3b) a variação da abundância média da fauna de solo, tanto para o método de extrator Berless-Tullgren, como para as armadilhas de solo. Para Berlese-Tullgren verificou-se que a maior abundância média dos taxa ocorreu no outono de 2005 e inverno de 2006. A coleta de verão de 2004dez foi a que apresentou menor abundância. Verificou-se diferença significativa entre a coleta de verão dez2004 e as coletas de outono (2005 e 2006) e de inverno (2006). Esta última coleta (inverno 2006) também foi significativamente diferente da primavera (2005). As

estações do ano mais frias apresentaram maior abundância média de indivíduos do que as mais quentes.

Nas coletas realizadas com armadilha de solo, a maior abundância média ocorreu no verão de 2005 e a menor, no inverno de 2006. Ocorreu diferença significativa das coletas de primavera (2004) e verão de 2004 das coletas de outono (2005 e 2006) e de inverno (2006), sendo as primeiras significativamente mais abundantes que as últimas.

Nas amostras de solo que foram processadas em extrator com funis tipo Berlese-Tullgren, os grupos mais abundantes foram Acari (26% Oribatida e 29% outros Acari), Collembola (28%) e Hymenoptera (7,6%), enquanto nas armadilhas de solo tipo Barber (pitfall traps), ocorreu predominância de Hymenoptera (44%), Collembola (17%) e Diptera (15%).

Na figura 2.4 sobre a abundância relativa da fauna de solo é possível observar que Acari (Oribatida e outros Acari) é a ordem mais representativa em todas as coletas realizadas com extrator Berlese-Tullgren (exceto outono de 2005), seguida por Collembola e Hymenoptera. Acari foi mais abundante no verão de 2004 (mais de 60%) e menos abundante no outono de 2005 (25%), quando houve o predomínio de Hymenoptera (mais de 45%). Os ácaros, mesmo sendo analisados em grande grupo, parecem indicar potencial para estudos da fauna de invertebrados de solo, devido a sua representatividade quali-quantitativa.

Já para o método de armadilhas de solo, os grupos mais abundantes foram Hymenoptera, Collembola e Diptera. Hymenoptera apresentou maior abundância (80%) no verão de 2005 e menor abundância (15%) no outono do mesmo ano, quando Collembola foi o taxa mais abundante (40%). No inverno de 2006, diferentemente de todas as demais coletas, Acari foi bastante abundante, somando aproximadamente 40% do total.

Foram realizados três testes ANOVA para os dados de fauna extraída com Berlese-Tullgren. A primeira análise investigou se não havia diferença entre os sete períodos amostrais. A ANOVA foi significativa para essa hipótese ($p=0,009$), evidenciando diferenças entre as sete coletas. A segunda hipótese era de que não havia variação sazonal ao longo do ano. A ANOVA para essa análise não foi significativa ($p=0,897$). Para a terceira análise as coletas de primavera/verão e outono/inverno foram agrupadas com o objetivo de verificar se não havia diferença significativa das estações frias para as estações quentes. Novamente a ANOVA não foi significativa ($p=0,394$). A

figura com os dados do primeiro teste (Fig. 2.5) mostra as coletas de verão dez2004 e 2005 bastante distantes uma da outra. O eixo X explica 81,14% da variação e é influenciado principalmente por Collembola; enquanto o eixo Y explica apenas 12,07% e é influenciado por Protura. A abundância relativa de Collembola (Fig.2.4a) varia ao longo das estações e é menor no verão de 2004 e maior no verão de 2005, onde foi o taxa dominante. Isso justifica o fato de as duas coletas de verão 2004 e 2005, apesar de próximas no tempo, estarem em extremos opostos na figura.

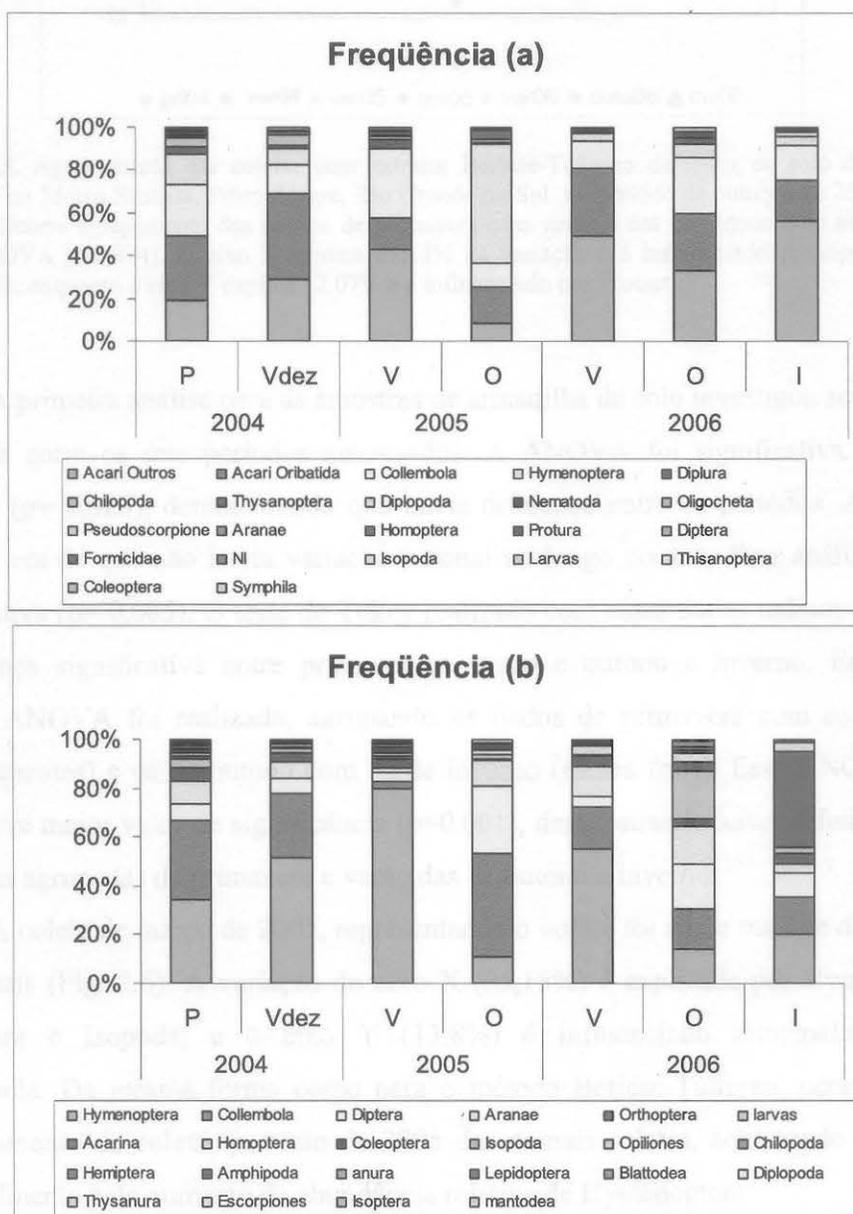


Figura 2.4 Abundância relativa de cada taxa no período de outubro de 2004 a agosto de 2006 coletados em uma área campestre no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, verificada através de duas metodologias distintas. a) método extrator tipo Berlese-Tullgren; b) método de armadilha de solo tipo Barber.

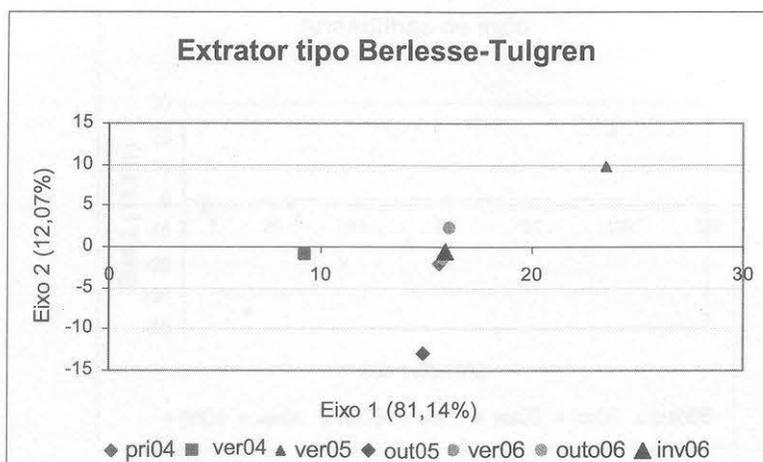


Figura 2.5. Agrupamento das coletas com extrator Berlese-Tullgren da fauna de solo de uma área campestre no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2004 a agosto de 2006. Ocorre agrupamento das coletas de primavera com verão e das de outono com as de inverno (teste ANOVA $p=0,394$). O eixo X explica 81,14% da variação e é influenciado principalmente por Collembola; enquanto o eixo Y explica 12,07% e é influenciado por Protura.

A primeira análise para as amostras de armadilha de solo investigou se não havia diferença entre os sete períodos amostrados. A ANOVA foi significativa para essa hipótese ($p= 0,023$), demonstrando que havia diferença entre os períodos. A segunda hipótese era de que não havia variação sazonal ao longo do ano. Esta análise não foi significativa ($p= 0,085$). O teste de Tukey realizado com esses dados indicou que havia semelhança significativa entre primavera e verão e outono e inverno. Então, uma terceira ANOVA foi realizada, agrupando os dados de primavera com os de verão (meses quentes) e os de outono com os de inverno (meses frios). Essa ANOVA foi a que obteve maior valor de significância ($p=0,001$), demonstrando haver diferença entre as coletas agrupadas de primavera e verão das de outono e inverno.

A coleta de março de 2005, representando o verão, foi a que mais se diferenciou das demais (Fig. 2.6). A variação do eixo X (85,15%) é explicada por Hymenoptera, Hemiptera e Isopoda; e o eixo Y (13,8%) é influenciado principalmente por Collembola. Da mesma forma como para o método Berlese-Tullgren, ocorreu maior distanciamento da coleta de verão de 2005 das demais coletas, aqui sendo explicado principalmente pelo aumento da abundância relativa de Hymenoptera.

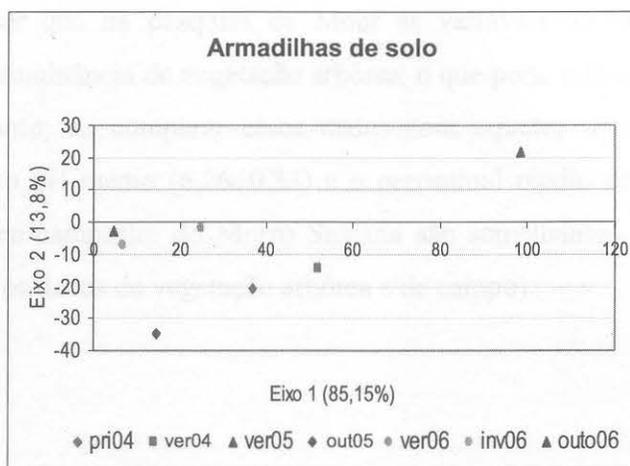


Figura 2.6. Agrupamento das coletas com armadilhas de solo da fauna de solo de uma área campestre no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2004 a agosto de 2006. Ocorre agrupamento das coletas de primavera com verão e das de outono com as de inverno (teste ANOVA $p=0,001$). A variação do eixo X é explicada por Hymenoptera, Hemiptera e Isopoda (85,15%); e o eixo Y é influenciado principalmente por Collembola (13,8%).

Variáveis Ambientais

Os valores de condutividade elétrica, matéria orgânica e pH encontrados no solo da área campestre do Morro Santana nas coletas de verão, outono e inverno de 2006 são apresentados na tabela 2.2.

Tabela 2.2. Variáveis ambientais analisadas a partir de alíquotas de solo coletadas sazonalmente em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de março de 2006 a agosto de 2006.

Variável ambiental	2006			média	±d.p.
	março	maio	agosto		
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	59.8	3.1	3.11	22	32.73
Matéria Orgânica (%)	10.8	9.16	8.4	9.45	1.23
pH	6.5	6.4	5.88	6.26	0.33

Em 1995 Mohr realizou o levantamento do estrato arbóreo na futura área da REVIS-UFRGS e junto disso fez análises do pH e da matéria orgânica do solo. Para cada transeção de 30m, coletou 3 amostras de solo a uma profundidade de 0-15cm para análise do pH e porcentual de matéria orgânica. O pH médio mais baixo encontrado foi 3,95 e o mais alto, 5,54, sendo a média total das 30 amostras $4,51\pm 0,54$. A porcentagem de matéria orgânica do solo variou entre 6,15% e 19,50%, com média $11,48\%\pm 4,18$. É

importante ressaltar que na pesquisa de Mohr as variáveis ambientais são de um ambiente com predominância de vegetação arbórea, o que pode influenciar em ambas as medidas. No entanto, ao comparar esses dados com aqueles obtidos neste estudo, podemos ver que o pH médio ($6,26 \pm 0,33$) e o percentual médio de matéria orgânica ($9,45 \pm 1,23$) na área campestre do Morro Santana são semelhantes (não há diferença significativa entre os dados de vegetação arbórea e de campo).

2.4 Discussão

Na coleta de verão de 2005 observa-se grande variação da abundância média da fauna das coletas pelas armadilhas. O CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) relatou para o verão desse ano, em especial para o mês de março, quando foi realizada a coleta, a pior seca no Rio Grande do Sul desde a década de 60. A grande variação no número de organismos dessa coleta se deve principalmente a abundância de Formicidae, tendo o ponto com menor abundância apresentado 29 indivíduos e o de maior abundância, 282 organismos.

Segundo Andersen *et al.* (2003), o período de máxima atividade de Formicidae ocorre em janeiro, o que poderia explicar a maior abundância de Hymenoptera em todas as coletas de verão (2004dez, 2005 e 2006) em relação as demais coletas.

Na análise da abundância total média encontrada nos períodos amostrais, verificaram-se diferenças significativas entre coletas de estações quentes das de estações frias, sendo que as amostras de solo tiveram maior abundância no outono e inverno e as coletas de armadilha de solo foram mais abundantes no verão e primavera. Em uma primeira análise pode-se observar uma tendência de os meses quentes se diferenciarem dos frios. As análises multivariadas indicaram diferença entre as estações mais quentes e as mais frias apenas para as armadilhas de solo, não ocorrendo o mesmo para Berlese-Tullgren. Até o momento apenas uma coleta de inverno e uma de primavera foram analisadas, sendo necessário incluir dados dos anos consecutivos para identificar padrões ou tendências de variação da fauna. No entanto, os dados obtidos nesse estudo podem servir como dados referenciais para pesquisas futuras.

Os resultados da ANOVA indicam que organismos das amostras de solo não tem variação temporal acentuada quando analisados em nível de grande grupo. Isso pode ser explicado pela grande riqueza de espécies em cada grupo que só poderia ser acessada

com classificação dos organismos até nível taxonômico mais baixo ou pela plasticidade das populações frente às mudanças ambientais, uma vez que microartrópodes possuem alta capacidade enzimática se comparados com macroartrópodes (Lavelle *et al.* 1995 *apud* Duarte, 1998), e isso poderia conferir maior plasticidade aos ácaros e colembolas na exploração dos recursos disponibilizados no meio em cada estação, não interferindo na sua abundância.

Ao contrário das amostras de Berlese-Tullgren, a macrofauna das armadilhas de solo possui maior limitação na exploração do ambiente e conseqüente variação de grupos funcionais de acordo com os recursos disponíveis. Assim, a cada estação a abundância dos grupos varia, predominando aquele que tem maior facilidade de assimilar os recursos que estão disponíveis no momento.

Tanto Collembola (Zepellini Filho, 2004) como Hymenoptera, em especial Formicidae (Andersen, 2003; Andersen 2004; Pik, 2002) são considerados bons indicadores da qualidade do solo. A figura das abundâncias relativas mostra que essas duas ordens foram coletadas pelas duas metodologias desse estudo, no entanto Berlese-Tullgren pareceu mais adequado para amostrar Collembola e a armadilha de solo, para Hymenoptera, o que pode indicar a validade da utilização de ambas as metodologias em conjunto para obter melhores resultados em programas de monitoramento e restauração do solo.

2.5 Conclusões

Na extração da fauna de solo em funis tipo Berlese-Tullgren, os grupos mais abundantes foram Acari (26% Oribatida e 29% outros Acari), Collembola 28% e Hymenoptera 7,6%.

Os grupos de fauna de solo com maior abundância nas coletas realizadas através do método de armadilhas de solo tipo Barber (pitfall traps) foram Hymenoptera 44%, Collembola 17% e Diptera 15%.

As análises estatísticas demonstram diferença significativa entre primavera/verão e outono/inverno ($p=0,001$) para a fauna encontrada nas armadilhas de solo. O mesmo não ocorreu para as amostras de solo submetidas ao extrator Berlese-Tullgren ($p=0,394$). Isso pode ser reflexo da onivoria da fauna encontrada no extrator e

da variação dos grupos funcionais da fauna encontrada nas armadilhas de solo em função dos recursos disponíveis em cada estação.

A área campestre do Morro Santana pesquisada possui pH médio ácido tendendo a circumneutral ($6,26 \pm 0,33$) e baixo percentual médio de matéria orgânica ($9,45 \pm 1,23$).

Essas informações servem como dados referência para análises e estudos subseqüentes.

As metodologias acessam grupos bioindicadores com eficiências diferentes, sendo válida a utilização de ambas em conjunto.

ERLENCAL, D. & MIÑARRO, F. Identificación de grupos vegetales de pastizal en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil (AVFD) - Buenos Aires, Fundación Vale Silvestre Argentina, 2004. 323 p.

BORTOLUZZI, J. S. Caracterização de unidades de manejo (alótopos) na futura unidade de conservação ambiental da UFRGS, Porto Alegre, RS: uma contribuição com base na ecologia de paisagem. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

BISS, D.F., BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a criação de bioindicadores em programas de avaliação de qualidade de água de rios. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2): 465-473, 2003.

COMISSÃO DE INSTALAÇÃO DA FUTURA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA UFRGS. Projeto Morro Santana, Porto Alegre - 28 de novembro de 2005. <http://www.ecologia.ufrgs.br/objetivos/maior/area/04/040505>

ODIERNA, M. B. F. Relações entre a diversidade de fauna de solo e a presença de decompositores e suas reflexões sobre a produtividade dos ecossistemas. Nereidiana, Dorcasopolis, São Emburgo, 33 p. 2002.

DAL BOM, R. V. Diversidade de artrópodos glicídeos e plantas hospedeiras nos ecossistemas terrestres subtropicais no Morro Santana, Porto Alegre, RS - Brasil. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de Biologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. 110 p.

LEWENBERG, G. & RICHARDS, W. Atlas of the Insects of the World. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 417 p.

2.6 Referências

- ANDERSEN, A.N.; HOFFMANN, B.D. & SOMES, J.. Ants as indicators of minesites reclamation: community recovery at one of eight rehabilitation sites *in* central Queensland. **Ecology Management & Restoration** v. 4, supplement, S12-19. 2003.
- ANDERSEN, A. N. & MAJER, J. D.. Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators *in* land management. **The Ecological Society of America**, v.2 no 6, p. 291- 298. 2004.
- BILENCA, D. & MIÑARRO, F.. **Identificación de áreas valiosas de pastizal en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil (AVPs)**. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina, 2004. 323 p.
- BORTOLOTTI, J. S.. **Caracterização de unidades de manejo (biótopos) na futura unidade de conservação ambiental da UFRGS, Porto Alegre, RS: uma contribuição com bases na ecologia de paisagem**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- BUSS, D.F.; BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L.. Bases conceituais para aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 19(2): 465-473, 2003.
- COMISSÃO DE INSTALAÇÃO DA FUTURA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA UFRGS. **Dossiê Morro Santana**. Porto Alegre, 28 de novembro de 2003. *in*: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/morrosantana/>>[acesso em 30 ago 2006]
- CORREIA, M. E. F. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. **Seropédica**, Documentos 156, Embrapa, 33 p. 2002.
- DALBEM, R. V.. **Diversidade de artrópodos galhadores e plantas hospedeiras nos neotrópicos : florestas subtropicais no morro Santana, Porto Alegre, RS – Brasil**. Monografia (Trabalho de conclusão do curso de Biologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 32p.
- EISENBEIS, G. & WICHARD, W.. **Atlas on the Biology of Soil Arthropods**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 437p.

- LAVELLE, P., LATTAUD, C.; TRIGO, D. & BAROIS, I.. Mutualism and biodiversity in soils. *Plant and Soil*, v. 170, pp. 23-33. 1995. *apud* DUARTE, M.M.
- Microartrópodes do solo (Acari e Collembola) em três áreas de campo na micro-região carbonífera do baixo Rio Jacuí, RS.** Tese de Doutorado, PPG-ERN/UFSCar. 1998. 92p.
- LIVI, F.P.. Elementos do Clima: um contraste de tempos frios e quentes. *In* MENEGAT, R.; PORTO, M.L. CARRARO, C.C. & FERNANDES, L.A.D. (coords). **Atlas Ambiental de Porto Alegre**, 3ªed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 2006. p.73-78.
- MACHADO, N.F. & GUERRA, T.. **Avaliação geológico-geotécnica-ambiental de uma área urbana no município de Porto Alegre frente ao objetivo de ocupação.** Porto Alegre. Relatório Técnico. 1993. 67p.
- MARTIN, E. V.; MEIRA, J.R. & OLIVEIRA, P. L.. Avaliação dos morros com base no uso do solo. *In* MENEGAT, R.; PORTO, M.L. CARRARO, C.C. & FERNANDES, L.A.D. (coords). **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. 3ªed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 2006. p.83-84.
- MOHR, F. V.. **Zoneamento da vegetação da reserva ecológica do morro santana- Porto Alegre,RS : aplicabilidade de geoprocessamento e bases fitossociológicas.** Dissertação (Mestrado Botânica) – Instituto de Biociências Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 69 p.
- MOHR, F.V. & PORTO, M.L.. Morro Santana: o verde luxuriante nas encostas íngremes. p.81. *In* MENEGAT, R.; PORTO, M.L. CARRARO, C.C. & FERNANDES, L.A.D. (coords). **Atlas Ambiental de Porto Alegre** 3ªed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 2006. p. 81-82.
- MULLER, S. C.. **Padrões de espécies e tipos funcionais de plantas lenhosas em bordas de floresta e campo sob influência do fogo.** Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociências, Programa de Pós Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 134p
- NIMER, E.. Clima *In*: Geografia do Brasil: Região Sul, v. 2. Rio de Janeiro: IBGE. 1990 *apud* Mohr, Fabio Vianna. **Zoneamento da vegetação da reserva ecológica do morro santana- Porto Alegre, RS : aplicabilidade de geoprocessamento e**

- bases fitossociológicas.** Dissertação (Mestrado Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 69 p.
- PARISI, V.; MENTA, C.; GARDI, C.; JACOMINI, C. & MOZZANICA, E.
Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 105, 2005. p.323-333.
- PENTER, C.. **Inventariamento rápido da fauna de mamíferos do Morro Santana, Porto Alegre, RS.** Monografia (Trabalho de conclusão do curso de Biologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. 35 p.
- PIK, A.; DANGERFIELD, J. M.; BRAMBLE, . A.; ANGUS, C. & NIPPERESS, D. A.
The use of invertebrates to detect small-scale habitat heterogeneity and its application to restoration practices. **Environmental Monitoring and Assessment**, 75: 179-199. 2002.
- PILLAR, V. D.. **MULTIV - User's Guide v.2.4.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 51p.
- PORTO, M. L. As formações vegetais: evolução e dinâmica da conquista. *In* MENEGAT, R.; PORTO, M.L. CARRARO, C.C. & FERNANDES, L.A.D. (coords). **Atlas Ambiental de Porto Alegre**, 3ªed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 2006. p.47-58.
- PORTO, M. L. J.. Refugio de vida silvestre Morro Santana. *In*: BILENCA, D. & MIÑARRO, F.. **Identificación de áreas valiosas de pastizal en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil (AVPs).** Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina, 2004. p. 144
- REIS, B. G.. Aspectos gerais do clima do estado. Porto Alegre: INCRA, v.1. 1972 *apud* Mohr, Fabio Vianna. **Zoneamento da vegetação da reserva ecológica do morro santana- Porto Alegre, RS : aplicabilidade de geoprocessamento e bases fitossociológicas.** Dissertação (Mestrado Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 69 p.
- VAN STRAALLEN, N..Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, 9:429-437. 1998.

WELKER, C. A. D.. **A Família Poaceae no Morro Santana, Rio Grande do Sul, Brasil.** Monografia (Trabalho de conclusão do curso de Biologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. 84 p.

ZEPPELINI FILHO, D. & BELLINI, B. C.. **Introdução ao estudo dos Collembola.** João Pessoa: Editora da UFPB, 2004. 82p.

Capítulo III - Aspectos estruturais da fauna de solo em áreas sob influência do processamento do carvão mineral no Sul do Brasil

3.1 Introdução

O solo possui papel importante no meio ambiente, onde funciona como integrador ambiental e reator, acumulando energia solar na forma de matéria orgânica, reciclando água, nutrientes e outros elementos e alterando compostos químicos (Lavkulich, 1995).

O crescente reconhecimento de problemas derivados da degradação do solo contribuiu para identificar a fauna do solo como prioridade para acessar a qualidade do mesmo (Parisi *et al.*, 2005).

Em função da forma inadequada da disposição final de rejeitos e resíduos (cinzas) gerados pela combustão do carvão, o solo em áreas de mineração e de depósitos são característicos por apresentarem ausência de nutrientes, acidificação de águas superficiais e subterrâneas e altas concentrações de metais pesados (Zanardi & Porto, 1991; Zoche & Porto, 1992; Duarte, 1998, Rodrigues, 2001a; 2001b).

Áreas contaminadas com metais pesados são verdadeiras ilhas com número de imigrantes baixo devido ao restrito número de espécies que conseguem se desenvolver nesses locais (Ernst, 1989).

O objetivo geral do presente estudo é conhecer a fauna de solo de uma área influenciada por uma Usina Termoelétrica. Os objetivos específicos são conhecer a composição e a distribuição da fauna de solo através de armadilhas de solo tipo Barber (pitfall traps) em seis fitofisionomias que ocorrem no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Região Carbonífera do Rio Grande do sul e verificar a variação na abundância dos organismos em uma escala espacial e temporal, através da análise dessa biota.

3.2 Material e métodos

Área de estudo

Área influenciada por uma usina termoeétrica na Região Carbonífera do Rio Grande do Sul

A Usina Termoeétrica de São Jerônimo (UTSJ) está localizada a 70Km do centro de Porto Alegre (29°58'05"S 51°44'06"W). A UTSJ, do tipo térmica a vapor, utiliza o carvão mineral como combustível primário. A geração de energia por termoeétricas representa cerca de 14% do total da energia gaúcha produzida anualmente (Silva, 2005).

Primeiro projeto energético do Rio Grande do Sul, a Usina de São Jerônimo foi projetada em duas etapas, com capacidade final de 20 MW. As obras foram iniciadas em 1948 com levantamento topográfico e terraplenagem da área. Em 1953 foi inaugurada a primeira etapa, com entrada em operação do primeiro conjunto de equipamentos (10 MW instalados). Em 1955, com a inauguração da etapa II, a Usina operou com 20 MW de capacidade instalada para atendimento aos requisitos do Sistema Interligado Brasileiro (fonte: <http://www.cgtee.gov.br>, site da UTE São Jerônimo).

A UTSJ encontra-se integrada ao Sistema Elétrico Brasileiro e seu despacho, a exemplo das demais Usinas, está sujeito à conveniência operacional do Operador Nacional do Sistema - ONS. Toda a área de abrangência da UTSJ está sujeita a um controle da emissão de partículas, com monitoramento dos principais indicadores de qualidade do ar. A remoção das cinzas se dá com deslocamento e reposição para as cavas de mineração com posterior reflorestamento das áreas atingidas (fonte: <http://www.cgtee.gov.br>, site da UTE São Jerônimo).

O carvão é uma rocha sedimentar combustível, formada a partir de vegetais que sofreram soterramento e compactação em bacias originalmente pouco profundas. Possui teores de carbono, hidrogênio e oxigênio variáveis de acordo com os diversos estágios de transformação da planta em carvão (Guerra, 2000). Segundo Rohde *et al.* (2006) examinado com o devido rigor geológico, o material rochoso que no Brasil é classificado como "carvão" deveria ser classificado como folhelho carbonoso, tendo em vista o teor de até mais de 50% de material inorgânico inerte. Assim, é um mineral de valor calorífico muito menor que um carvão eurocêntrico ou norte-americano e

certamente gera mais inertes que estes. O carvão do Rio Grande do Sul possui elevado teor de enxofre e gera em torno de 50% de cinzas após o processo de queima.

O valor comercial do carvão resulta da combinação do poder calorífico com o teor de cinzas, a granulometria, o conteúdo de enxofre pirítico e a matéria volátil. No ano de 1995 a geração de resíduos na Usina de São Jerônimo somou 34740t, 29740t da cinza denominada escória (cinzas originadas na queima e gaseificação do carvão) e 5000t de cinza volante (constituída de partículas leves) (Rohde *et al.*, 2006). Existe ainda a geração de cinza pesada, que possui granulometria mais grossa e cai para o fundo das fornalhas e gaseificadores, sendo frequentemente retiradas por fluxo de água. (Guerra, 2000). O destino final destes resíduos estéreis, rejeito e cinzas vem provocando ao longo dos últimos séculos inúmeros problemas ambientais, como a lixiviação de compostos para águas superficiais e subterrâneas, bem como a formação de solos nus (Rosenfield & Rodrigues, no prelo).

O município de São Jerônimo está localizado em uma área classificada segundo Köppen como subtropical úmido - Cfa, com temperaturas médias compreendidas entre -3°C e 18°C para o mês mais frio e superiores a 22°C para o mês mais quente. A região do Baixo Jacuí é uma região quente, com temperatura média anual de 19,4°C. (Ferraro & Hasenack, 2000)

As precipitações são bem distribuídas ao longo do ano, com normais pluviométricas superiores a 1800mm. A umidade relativa do ar é alta o ano inteiro, superior a 70%. A região não possui estação seca, apesar de apresentar meses com deficiência hídrica no solo entre outubro e março, devido à evapotranspiração potencial. No inverno, com aumento dos totais pluviométricos e a diminuição da evapotranspiração, é comum ocorrer excedente hídrico na área. As estações de primavera e verão são quentes, úmidas e instáveis, com ocorrência de elevados teores de umidade nos meses de janeiro e fevereiro. No outono e inverno são típicas as passagens de massas polares marítimas com alta precipitação, seguidas de temperaturas extremamente baixas. Eventualmente, nos meses de verão podem ocorrer épocas de altas temperaturas e baixa umidade. Os ventos predominantes são de sudeste, sendo mais intensos no período da primavera (Ferraro & Hasenack, 2000).

O solo das planícies aluviais, ao longo dos rios e arroios e em depressões mal drenadas entre coxilhas, é ácido, com baixos teores de matéria orgânica em todo o perfil (Schneider *et al.*, 2000).

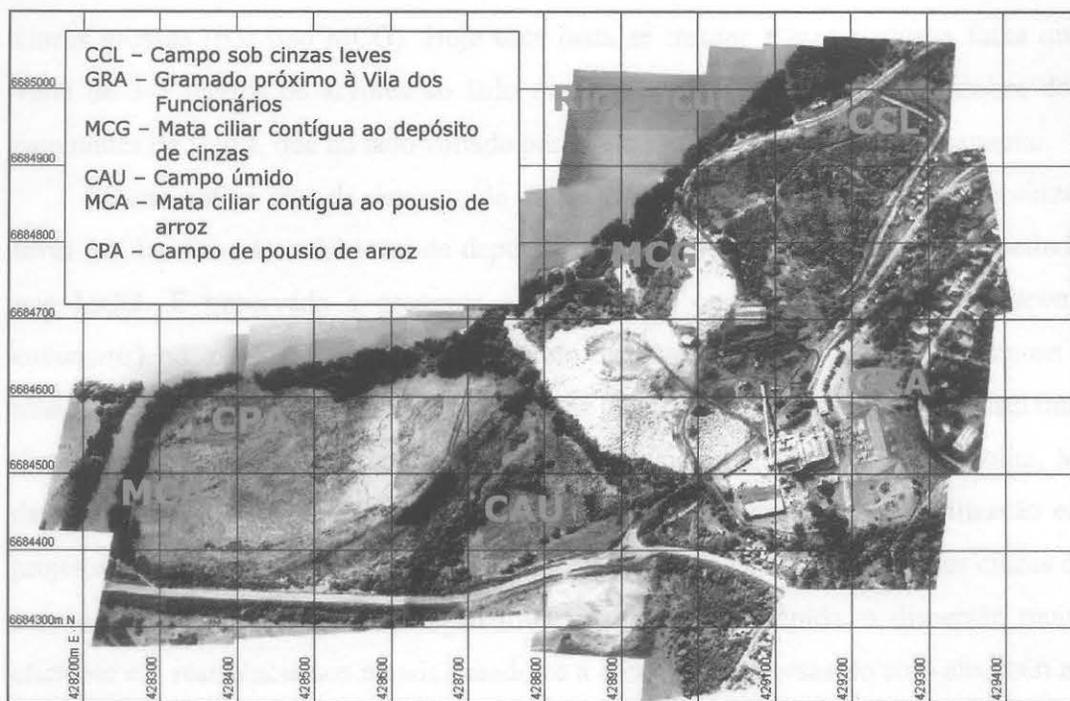
A Região Carbonífera do Rio Grande do Sul consiste em uma área de formações pioneiras com influência fluvial. Ao longo da mata ciliar do rio Jacuí podem ser observadas áreas alagadiças onde ocorre vegetação de caráter paludoso, permanentemente alagada. Algumas das árvores mais abundantes nas matas ciliares são o ingá (*Inga uruguensis*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e o angico (*Parapiptadenia rigida*). Os campos sofreram ações antrópicas que modificaram a composição original. Nos locais de lavouras abandonadas, são comuns espécies pioneiras agressivas, tais como guanxuma (*Sida rhombifolia*), grama-fina (*Axonopus fissifolius*) e cabelo-de porco (*Piptochaetium montevidense*) (Oliveira & Balbuena, 2000).

Na Região do Baixo Jacuí, as atividades vinculadas à exploração e ao uso do carvão são o principal agente de alteração da paisagem. A exploração do carvão mineral da Região Carbonífera do Rio Grande do Sul teve início no começo do século XX, com explorações subterrâneas e posteriormente passou a mineração a céu aberto. Além da atividade extrativa, o fato da região abrigar duas usinas termoelétricas em operação faz das atividades vinculadas à exploração do carvão o principal agente de alteração da paisagem em escala regional (Guerra, 2000).

O rejeito é potencial poluidor em função do pH ácido e do teor de sólidos totais elevados, enquanto as cinzas podem afetar o ambiente por não serem inertes. Elas são mais facilmente recuperáveis porque suas características físico-químicas facilitam o crescimento de vegetação natural (Guerra, 2000).

A disposição de cinzas e rejeito de forma descontrolada, principalmente em áreas próximas ao rio Jacuí, provocou alterações cuja importância excede os limites físicos da área. Ocorre acidificação dos cursos d'água superficiais e subterrâneos, assoreamento dos arroios, rios e reservatórios associados a alterações da geomorfologia local. Falhas no controle da destinação final dos resíduos provenientes das atividades do processamento do carvão dificultam o monitoramento das áreas de depósito. Sabe-se que os rejeitos foram dispostos em São Jerônimo, no entorno da usina, da década de 40 ao final da década de 80 (Guerra, 2000).

O presente estudo foi realizado no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo (Fig. 3.1). Foram estabelecidas seis subáreas com diferentes históricos e fitofisionomias, das quais duas são áreas de campo (CAU e CPA), duas de mata ciliar (MCA e MCG), uma em ecótono de campo e vegetação de sucessão primária (CCL) e uma é um gramado (GRA).



Fotomosaico georeferenciado para o Datum Córrego Alegre. Origem das coordenadas UTM Equador e Meridiano 51°W, acrescidas as constantes 1000km e 500km respectivamente.



Figura 3.1 Foto de satélite da região onde está inserida a Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, e localização das seis subáreas onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de armadilhas tipo Barber (pitfall traps) no período de março de 2006 a novembro de 2006.

A subárea denominada campo úmido (CAU) é uma área bastante próxima a Usina e fica na zona de inundação de um pequeno arroio que desemboca no Rio Jacuí. É uma área que costuma alagar em períodos de muita precipitação, o que justifica o nome dado à área. Esporadicamente são deixados para pastar cavalos e gado no local.

O campo de pousio de arroz (CPA) também é bastante úmido e anteriormente era utilizada para plantio de arroz. As curvas de nível utilizadas para melhorar a produção da rizicultura ainda permanecem no local, o que favorece o acúmulo de água em épocas de muita chuva. Essa área também recebe cavalos e gado alguns dias do ano.

A mata ciliar contígua ao pousio de arroz (MCA) está às margens de um tributário do Rio Jacuí, abaixo de um viaduto. Possui vegetação típica de zona de inundação, principalmente ingás (*Inga uruguensis*), que permanecem grande parte do ano com sua base imersa em água. É uma área de grande circulação de pessoas, que sofre impacto de resíduos deixados por transeuntes ou pescadores e possui subbosque ralo ou ausente.

A outra subárea de mata ciliar foi alvo durante muitas décadas da deposição de cinzas grossas (por isso MCG). Hoje essa mata se resume a uma pequena faixa que varia de 3-5 metros de árvores ao lado de uma estrada utilizada para manobra dos caminhões da Usina, que no lado voltado para o rio está sofrendo forte assoreamento.

Outra antiga área de depósito de cinzas é a área denominada campo sob cinzas leves (CCL). Essa área foi local de depósito de cinzas leves durante o mesmo período que MCG. É observada a presença e crescimento contínuo de mamona (*Ricinus communis*) no local, que vem avançando em direção ao campo (CCL). A mamona é uma espécie rústica, que se adapta a ambientes impactados e de solo pobre, possui uma dispersão muito eficiente e tem apresentado tolerância a metais pesados (Azzolini, M. dados não publicados) e tem se mostrado como uma possibilidade para utilização em projetos de restauração ambiental e fitorremediação em locais impactados por cinzas de carvão mineral, pois a decomposição foliar razoavelmente rápida, a dispersão muito eficiente e a resistência aos metais pesados e a condições adversas do solo auxiliam no aporte de matéria orgânica (Rosenfield *et al.*, 2007), tão necessária em locais degradados.

A sexta subárea de estudo é um gramado (GRA) mantido pela empresa ao lado da guarita dos guardas. A grama desse local é mantida em altura, não permitindo sucessão das árvores que estão ao lado.

Métodos

Foram realizadas amostragens sazonais da fauna de solo no verão (março), outono (maio), inverno (agosto) e primavera (novembro) de 2006, através do método de armadilhas de solo tipo Barber (pitfall traps), descrito no Capítulo I (p.8-9).

Os dados de abundância da fauna em todas as armadilhas de solo foram submetidos à transformação escalar logarítmica. Foram realizados testes de hipótese e de aleatorização para identificar possíveis diferenças na distribuição da fauna entre as subáreas, entre as estações do ano e na interação entre estes fatores. Para a ordenação das ordens mais abundantes ($n > 100$), das subáreas e das estações do ano, foi realizada análise de componentes principais (PCA). A significância dos eixos de ordenação foi obtida a partir de reamostragem Bootstrap. As análises estatísticas foram realizadas com o software MULTIV v.2.4.2 (Pillar, 2006). Índices de diversidade e equidade de Shannon-Wiener foram calculados para as ordens da fauna.

3.3 Resultados e discussão

No período compreendido entre março e novembro de 2006 foram realizadas quatro saídas a campo, uma para cada estação do ano, que resultaram num total de 16880 indivíduos coletados, distribuídos em 23 ordens, sendo catorze de insetos, quatro de aracnídeos, duas de miriápodes, duas de crustáceos, uma de anelídeo, uma de gastrópode e uma de anfíbio. Os grupos mais abundantes foram Hymenoptera, com 10394 indivíduos (61%) e Collembola, com 2033 indivíduos (12%). Foram verificadas diferenças significativas na abundância das ordens entre as subáreas ($p= 0,001$), entre as estações do ano ($p= 0,001$) e na interação entre estes fatores ($p= 0,001$).

A estação do ano com maior abundância de animais de solo foi o verão, representando 50% dos indivíduos coletados e a de menor abundância foi o inverno (12%). A temperatura e a oferta de recursos são máximas no verão e mínimas no inverno e a distribuição da fauna pode ser explicada como adaptação dos organismos a essas variações. A maior riqueza de ordens foi encontrada para a primavera (20 táxons).

Os resultados da PCA indicaram que os dois principais eixos de ordenação explicaram mais de 50% do total da variação dos dados. Projetadas negativamente ao eixo um, situaram-se as amostras das coletas de inverno e outono, e, positivamente ao eixo 2, todas as unidades amostrais da primavera e do verão (com exceção de CPA). Este resultado pode sugerir uma distinção entre as comunidades do outono/inverno das comunidades de primavera/verão, uma vez que as curvas Bootstrap indicaram uma grande tendência à significância dos dois principais eixos de ordenação.

A subárea com maior tamanho amostral foi CPA (41%), que também apresentou a menor riqueza (12 táxons) e diversidade de ordens (0,30) do estudo. A subárea com o maior índice de diversidade (0,98) e equidade de ordens (0,77) foi MCG (Tabela 3.1), que apresentou 19 ordens e o menor número de indivíduos coletados (7%). A variação espacial de habitats, ainda que em pequena escala, pode indicar mudanças estruturais significativas para a fauna, uma vez que cada estação de coleta apresentou uma matriz vegetal distinta, bem como diferentes níveis de alteração do solo em função do tipo de material depositado (rejeito ou cinzas).

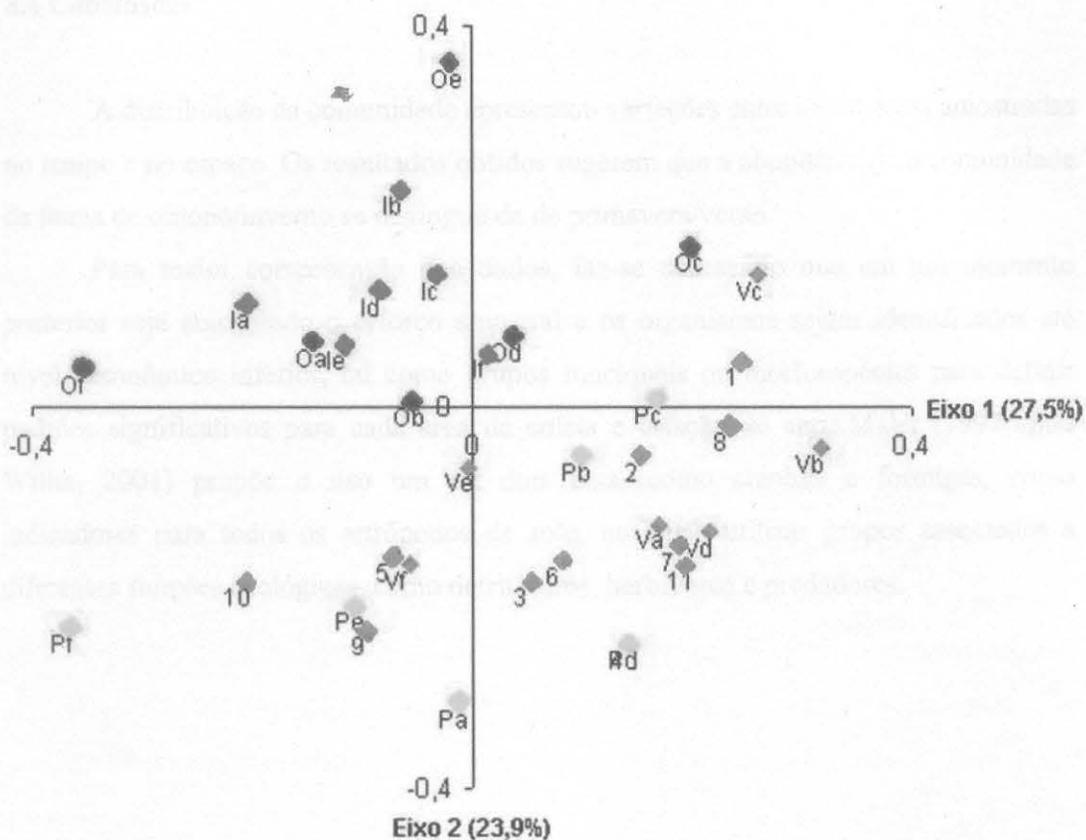


Figura 3.2. Análise de Componentes Principais (PCA) para as ordens da fauna do solo mais abundantes (n>100) e unidades amostrais (estações do ano e subáreas), em 2006, no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo - Rio Grande do Sul. Ordens: 1- Hymenoptera; 2- Collembola; 3- Aranae, 4- Acarina, 5- Diptera, 6- Coleoptera, 7- Hemiptera, 8- Larvas, 9- Isopoda, 10- Amphipoda, 11- Orthoptera. Unidades amostrais – primeira sigla: P-Primavera (amarelo), V-Verão (vermelho), O-Outono (verde), I-Inverno (azul). Segunda sigla: subáreas a (CAU), b (CCL), c (CPA), d (GRA), e (GRA) e f (MCG). Notar agrupamento outono/inverno e primavera/verão.

Tabela 3.1. Índices de diversidade e eqüidade de Shannon-Wiener para as ordens encontradas no levantamento da fauna de solo no ano de 2006, em áreas sob influência do processamento de carvão mineral, São Jerônimo - Rio Grande do Sul (software multiv v.2.4.2).

Subáreas	CAU	CCL	CPA	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	17	19	12	16	15	19
Tamanho amostral (N)	1634	2235	6888	2159	2759	1205
Dominância de Berger- Parker (d)	0,2747	0,5829	0,8388	0,4316	0,6168	0,1933
Diversidade de Shannon-Wiener (H')	0,8681	0,6868	0,2976	0,8035	0,6031	0,9844
Eqüidade (E')	0,7055	0,5371	0,2758	0,6673	0,5128	0,7698

3.4 Conclusões

A distribuição da comunidade apresentou variações entre as subáreas amostradas no tempo e no espaço. Os resultados obtidos sugerem que a abundância e a comunidade da fauna de outono/inverno se distingue da de primavera/verão.

Para maior compreensão dos dados, faz-se necessário que em um momento posterior seja aumentado o esforço amostral e os organismos sejam identificados até nível taxonômico inferior, tal como grupos funcionais ou morfoespécies para definir padrões significativos para cada área de coleta e estação do ano. Majer (1997 *apud* Willet, 2001) propõe o uso um ou dois taxa, como aranhas e formigas, como indicadores para todos os artrópodes de solo, ou então utilizar grupos associados a diferentes funções ecológicas, como detritívoros, herbívoros e predadores.

LAVELLE, J.M., Soil: the environmental indicator. In: Pellerin, C.B.; Allwood, J.A., McGill W.B. (eds). Environmental soil science: environmental change and soil quality criteria. Brandon: Canadian Society of Soil Science, 1995. p. 1-21.

MAJER, J.D. Invertebrates assist the restoration process. An Australian perspective. In: URBANSKA, K.M. & EDWARDS, P. J. (eds). Restoring ecology and sustainable development. Eys International Conference, 27-29 Mayo, Zurich, Switzerland. New York: Columbia University Press, p.217-244. *apud* WILLET, T. R. Spiders and other arthropods as indicators of Old-World versus Legged-Beetle World. Restoration Ecology, v. 9, n. 4, p. 419-420, 2001.

OLIVEIRA, P. L. & BALBUENO, P. A. Cobrança vegetal na Região Capixaba do Estado do Rio de Janeiro - PARQUE JAMBE. In: Curso de Ecologia de GRUPO. Cursão e aula práticas. Foz de Iguaçu, RJ de Universidade, 2006. Capítulo 5, p. 77-80.

PARISI, V.; MENA, C.; GARDI, C.; JACOMINI, C. & MOZZANI, A. E. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. Agricultura, Ecosystems and Environment, v. 103, 2005. p. 323-333.

PILLAR, V. D. MULTIV - User's Guide v.2.4. Foz de Iguaçu: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 3 p.

RODRIGUES, G.H. Benthic Fauna of Estuarine and Lake Lakes (p. 2-3). UFZ - Bericht Nr. 11/2001. Tese de Doutorado. (Dip. (ISBN 978-3-941-2001-2), 2001).

3.5 Referências

- AZZOLINI, M. dados não publicados.
- DUARTE, M.M.. **Microartrópodes do solo (Acari e Collembola) em três áreas de campo na micro-região carbonífera do baixo Rio Jacuí, RS**. Tese de Doutorado, PPG-ERN/UFSCar. 92p. 1998.
- ERNST, W. H. O. Mine vegetation in Europe. *In*: SHAW, A. J. (ed). **Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects**. Florida :CRC, 1989. 21-38p.
- FERRARO, L.W. & HASENACK, H.. Clima *In*: Centro de Ecologia da UFRGS. **Carvão e meio ambiente**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 2000. Capítulo 3 p. 26- 44.
- GUERRA,T. Geologia. *In*: Centro de Ecologia da UFRGS. **Carvão e meio ambiente**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 2000. Capítulo 2, p. 18-25.
- LAVKULICH, L.M.. Soil: the environmental integrator. *In*: Powter, C.B.; Abboud, S.A.; McGill W.B. (eds). **Environmental soil science: anthropogenic chemicals and soil quality criteria**. Brandon: Canadian Society of Soil Science, 1995. p. 1-43.
- MAJER, J.D. Invertebrates assist the restoration process: Na Australian perspective. *In*: URBANSKA, K.M. & EDWARDS, P. J. (eds). Restoration ecology and sustainable development: Firs International Conference, 27-29 Março, Zurich, Zwitterland. New York: Cambridge University Press p.212-237 *apud* WILLET, T. R.. Spiders and other arthropods as indicators in Old-Growth versus Logged Redwood Stands. **Restoration. Ecology**, v. 9 n. 4, p.410-420. 2001.
- OLIVEIRA, P. L. & BALBUENO, R. A.. Cobertura vegetal na Região Carbonífera do baixo Rio Jacuí – PADCT/CIAMB. *In*: Centro de Ecologia da UFRGS. **Carvão e meio ambiente**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 2000. Capítulo 5 p. 77-107.
- PARISI, V.; MENTA, C.; GARDI, C.; JACOMINI, C. & MOZZANICA, E.. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 105, 2005. p.323-333.
- PILLAR, V. D.. **MULTIV - User's Guide v.2.4**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 51p.
- RODRIGUES, G.G.. **Benthic Fauna of Extremely Acidic Lakes (pH 2-3)**. UFZ-Bericht Nr. 23/2001. Tese de Doutorado. 131p. (ISSN 0948-9452). 2001a.

- RODRIGUES, G.G. & SCHARF, W.B. **Review of benthic invertebrates fauna in extremely acidic environments (pH < 3)**. *Mine Water and the Environment*, 20: 114-121. 2001b.
- ROHDE, G. M.; ZWONOK, O.; CHIES, F. & DA SILVA, N. I. W.. **Cinzas de carvão fóssil no Brasil: Aspectos Técnicos e Ambientais**. Porto Alegre: CIENTEC, 2006. v. 1., 202p.
- ROSENFELD, M. F. RODRIGUES, G. G. Influência dos resíduos carboníferos na decomposição de *Ricinus Communis* L.. **Revista Brasileira de Biociências** (no prelo).
- ROSENFELD, M. F.; AZZOLINI, M., PORTO, M.L. & RODRIGUES, G. G.. Influência dos resíduos carboníferos na decomposição de *Ricinus Communis* L. **57º Congresso Nacional de Botânica**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Resumo expandido, Gramado, Rio Grande do Sul, 2007.
- SCHNEIDER, P.; KÄMPF, NESTOR & GIASSON, E.. Solos. *In*: Centro de Ecologia da UFRGS. **Carvão e meio ambiente**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 2000. Capítulo 4 p. 45-76.
- SILVA, A. P da. **Crescimento e fotossíntese de populações de mamona (*Ricinus communis* L.)** cultivadas em solo e cinzas de carvão mineral. Monografia (Trabalho de conclusão do curso de Biologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- UTE São Jerônimo. Disponível em
<http://www.cgtee.gov.br/content/unidades/ute_sao_geronimo.php> [Acesso em 10 nov 2007]
- ZANARDI, V. JR & PORTO, M. L.. Avaliação do sistema de lagoas em áreas de mineração de carvão a céu aberto: metais pesados em águas, plantas e substratos. **Boletim do Instituto de Biociências**, v.49, n.1. 1991.
- ZOCHE, J. J.; PORTO, M. L.. Florística e fitossociologia de campo natural sobre banco de carvão e áreas mineradas, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta botanica brasílica**, São Paulo, v. 6, n. 2, 1993. p. 47-84.

Anexo 3.1 Variação sazonal dos táxons coletados em nível de Ordem e Classe* nas subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de armadilhas tipo Barber (pitfall traps) no período de março de 2006 a novembro de 2006.

Estações	Inverno		Outono		Primavera		Verão	
Ordem	média± d.p		média± d.p		média± d.p		média± d.p	
Hymenoptera	39,9	97,5	49	89,4	65,5	86,6	278,8	483,2
Collembola	13,9	14	19,8	22,4	29,9	22,8	21,2	26,5
Araneae	10,8	6,8	5,2	3,6	15,2	12,4	7,6	5,2
Diptera	9,1	6,7	1,5	1,4	11,7	6,5	4,4	3,7
Coleoptera	2,7	2,4	1,9	2,4	12,2	10,9	5,5	5,9
Acarina	1,5	2,3	2,1	3	11,4	20,7	13,6	17,3
Hemiptera	1,5	1,5	2,1	2,2	7,5	8,7	6,8	11
Isopoda	1,2	1,6	2,5	3,3	4,4	4,5	4,7	10,4
Diplopoda*	0,4	0,6	0,2	0,4	0,5	1	0,1	0,3
Orthoptera	0,3	0,5	0,5	0,6	2	2,3	3,3	2,3
Opiliones	0,2	0,6	0,9	2,1	0,5	1,2	0,2	0,4
Psocoptera	0,1	0,6	0,04	0,2	-	-	-	-
Oligochaeta*	0,1	0,3	0,04	0,2	0,5	1,4	-	-
Blattodea	0,1	0,3	0,04	0,2	0,1	0,4	0,1	0,3
Gastropoda*	0,04	0,2	-	-	0,4	1,2	0,04	0,2
Amphipoda	0,04	0,2	1	2,6	9,3	17,7	0,6	2,1
Lepidoptera	-	-	0,1	0,3	0,3	0,6	0,5	0,7
Anura	-	-	0,1	0,4	0,1	0,4	-	-
Thysanura	-	-	0,04	0,2	0,04	0,2	0,1	0,3
Chilopoda*	-	-	-	-	-	-	0,1	0,3
Dermaptera	-	-	-	-	-	-	0,04	0,2
Scorpiones	-	-	-	-	0,1	0,3	-	-
Larvas	4,9	19,6	2,2	4,3	1	1,5	6,6	13,5

Capítulo IV - Macro e mesofauna de solo em área influenciada por uma usina termoeétrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul

4.1 Introdução

A degradação causada por distúrbios físicos, associados ao cultivo, esgotamento da matéria orgânica do solo, redução da diversidade da flora e ausência de cobertura vegetal durante algum período do ano leva à diminuição da população dos microartrópodes de solo (Adejuyigbe *et al.*, 1999).

Segundo Culik *et al.* (2002) o conhecimento científico sobre a ocorrência e ecologia dos microartrópodes de solo ainda é muito escasso e pouco se sabe sobre sua variação sazonal, em especial na região Neotropical.

Estudos na Nigéria verificaram que as populações de microartrópodes eram mais abundantes na estação de chuvas do que na estação seca (Adejuyigbe *et al.*, 1999). Outros trabalhos confirmaram esse padrão, verificando aumento da população nos meses de chuva e acentuado declínio durante o verão (Hazra & Sanyal 1996; Jam *et al.* 1986; Reddy & Venkataiah 1990; Reddy *et al.* 1992). Especificamente para Collembola e Acari, Roy *et al.* (2006) encontraram pico de Acari na estação das chuvas e declínio no verão e para Collembola apenas declínio no verão.

Artrópodes de solo foram escolhidos como ferramenta para monitoramento de áreas onde houve o depósito de cinzas de carvão, porque são importantes para a manutenção dos processos ecológicos do ecossistema; são agentes integradores dos horizontes orgânicos do solo - através da decomposição da matéria orgânica (Heneghan *et al.* 1999) - e, como estão em contato direto com o solo, podem ser importante ferramenta para elucidar o que ocorre nesse ambiente: o solo.

O objetivo do presente trabalho é conhecer a fauna de solo de uma área influenciada por uma Usina Termoeétrica de Carvão na Região Carbonífera do Rio Grande do Sul através de amostras de solo processadas em extrator tipo Berlese-Tullgren. Os objetivos específicos foram conhecer a composição e a distribuição de ordens da fauna de solo, procurando verificar variação espacial da composição da fauna em distintas subáreas no entorno da usina e variação temporal ao longo de quatro estações do ano de 2006.

4.2 Material e métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado em sete subáreas, com diferentes históricos e fitofisionomias, no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo. A área compreende seis subáreas amostradas - duas áreas de campo (CAU e CPA), duas de mata ciliar (MCA e MCG), uma de ecótono de campo e vegetação de sucessão primária (CCL) e uma de gramado (GRA). Estas áreas são anteriormente descritas no Capítulo III (p.38-40). Além dessas subáreas foi acrescida uma subárea que compreende em uma monocultura de eucalipto (EUC) localizada nas proximidades da Usina (ver figura 4.1). Historicamente tem-se o relato de que esta monocultura de eucalipto foi plantada como fonte de madeira, para subsidiar pequenas construções para a usina. Atualmente o sub-bosque local apresenta-se colonizado por indivíduos jovens de camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*). Esta subárea foi incluída neste estudo por estar na direção do vento (predominantemente SE) e estar na mesma altitude que a chaminé da Usina, o que resulta em grande depósito de partículas geradas pela combustão do carvão (ver Fig 4.2).

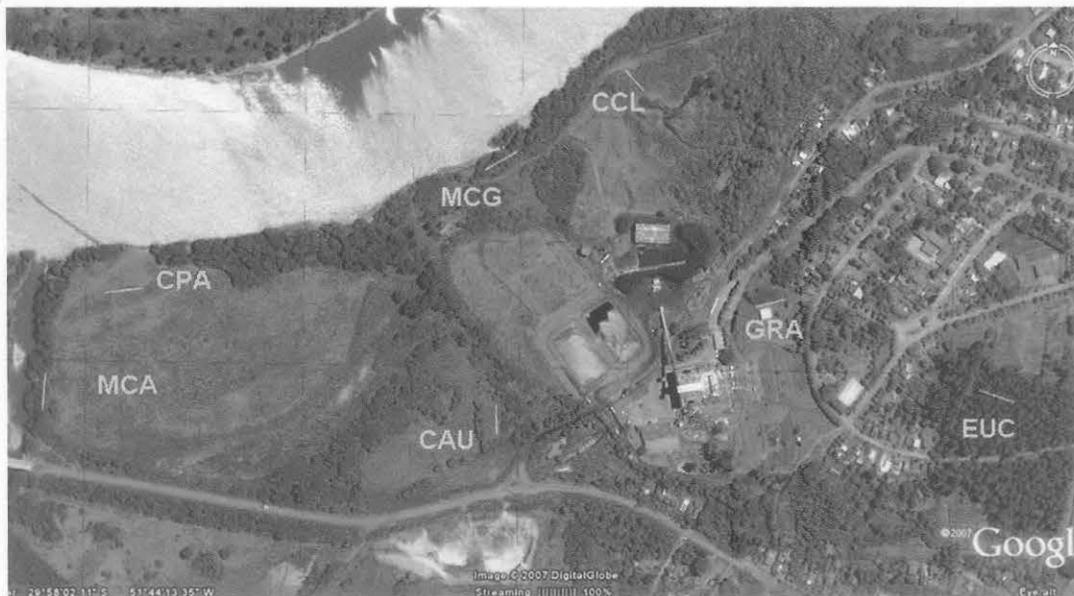


Figura 4.1. Foto de satélite da região onde está inserida a Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, e localização das sete subáreas onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de amostras de extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006. Legenda das sete subáreas amostradas: CPA-Campo de Pousio de Arroz; CAU- Campo Úmido; MCA – Mata Ciliar contígua ao pousio de Arroz; MCG – Mata Ciliar sob Cinzas Grossas; CCL – Campo sob cinzas Leves; GRA- Gramado ao lado da guarita; EUC – Eucaliptal ao lado da usina.

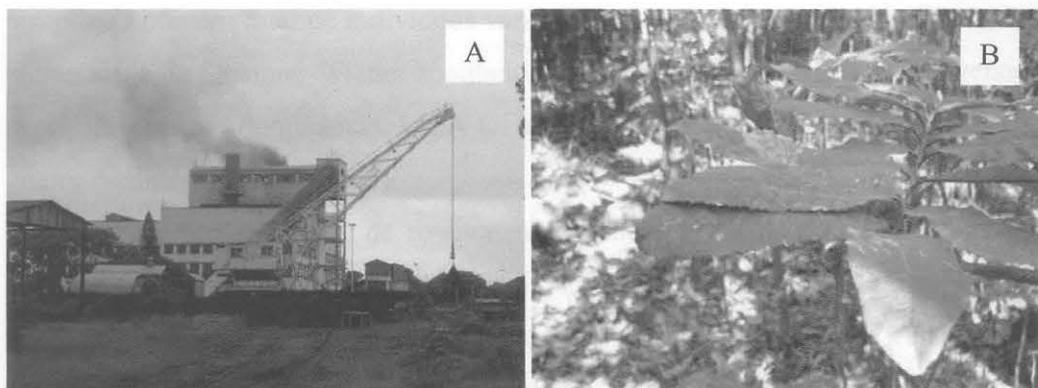


Figura 4.2. a) Vista da Usina Termoeletrica de São Jerônimo Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de amostras de extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006; b) detalhe da deposição de cinzas sobre as folhas de um jovem camboatá (*Cupania vernalis*) no sub-bosque da subárea de coleta denominada eucaliptal (EUC).

Métodos

Foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo no verão (março), outono (maio), inverno (agosto) e primavera (novembro) de 2006, através do método de extrator tipo Berlese-Tullgren, descrito no Capítulo I (p. 7-9).

Os dados de abundância da fauna de todas as amostras de solo foram submetidos à transformação escalar logarítmica ($\log x+1$) para a Análise de Componentes Principais (PCA). Tanto a PCA como os índices de diversidade e equidade foram calculados com o software PAST versão 1.74 (agosto 2007).

4.3 Resultados

No total foram coletados 13100 organismos representantes da meso e macrofauna de solo, pertencentes a 26 grupos taxonômicos (Tabela 4.1). Os grupos mais abundantes, que juntos constituíram 93% das amostras, foram Acari (63,7%), Collembola (22,9%), e Hymenoptera (6,4%).

As duas subáreas com presença de pequena faixa de mata ciliar remanescente (MCA e MCG) apresentaram maior percentual de ácaros oribatídeos (73% e 69% dos ácaros) em relação às demais áreas, cuja média de oribatídeos foi de $53,9\% \pm 8,2$ (Tabela 4.2).

Os índices de diversidade mostram MCG e EUC como as subáreas de maior riqueza de grupos taxonômicos (23 e 21 respectivamente) e CPA apresentou apenas 11

Tabela 4.1. Ordens e Classes* encontradas nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de amostras de extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006. Legenda das sete subáreas amostradas: CPA-Campo de Pousio de Arroz; CAU- Campo Úmido; MCA – Mata Ciliar contígua ao pousio de Arroz; MCG – Mata Ciliar sob Cinzas Grossas; CCL – Campo sob cinzas Leves; GRA- Gramado ao lado da guarita; EUC – Eucaliptal ao lado da usina.

Ordem	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG	Soma ordem	%
Acari Oribatida	280	719	609	443	709	1317	1066	5143	39.26
Acari outros	391	444	414	452	536	487	474	3198	24.41
Collembola	196	411	350	651	415	351	631	3005	22.94
Hymenoptera	112	64	21	37	461	4	140	839	6.4
Nematoda	24	20	1	62	55	11	21	194	1.48
Homoptera	46	5	9	1	70	8	11	150	1.15
Coleoptera	21	11	13	26	17	19	17	124	0.95
Isoptera	22	7	4	12	20	13	25	103	0.79
Isopoda	11	8	-	57	2	-	10	88	0.67
Diplura	-	11	-	5	10	14	18	58	0.44
Thisanoptera	3	2	26	-	1	1	8	41	0.31
Symphyla	6	1	-	6	2	5	5	25	0.19
Aranae	2	4	3	1	2	2	7	21	0.16
Diplopoda	-	7	-	2	1	2	5	17	0.13
Chilopoda*	-	1	-	1	-	3	11	16	0.12
Diptera	3	1	2	1	1	5	2	15	0.11
NI	1	-	-	4	-	1	8	14	0.11
Oligocheta*	-	-	-	11	-	1	2	14	0.11
Lepidoptera	1	3	-	1	-	-	1	6	0.05
Protura	-	-	-	2	-	-	4	6	0.05
Pseudoscorpione	-	4	-	-	-	-	1	5	0.04
Gastropoda*	-	-	-	4	-	-	-	4	0.03
Amphipoda	-	-	-	-	-	-	3	3	0.02
Opilionidae	2	-	-	-	1	-	-	3	0.02
Orthoptera	-	-	-	1	-	2	-	3	0.02
Hemiptera	-	1	-	-	-	1	-	2	0.02
Pauropoda	-	-	-	-	-	-	2	2	0.02
Ceratopogonidae	-	1	-	-	-	-	-	1	0.01
Soma subárea	1121	1725	1452	1780	2303	2247	2472	13100	100

Tabela 4.2. Percentual de Ácaros Oribatídeos encontradas nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de amostras de extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 e novembro de 2006.

Área	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Oribatida(%)	41.73	61.82	59.53	49.50	56.95	73.00	69.22
outros (%)	58.27	38.18	40.47	50.50	43.05	27.00	30.78

Tabela 4.3. Índices de Diversidade encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de amostras de extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006.

Subáreas	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	16	20	11	21	16	19	23
Número de indivíduos (N)	1121	1725	1452	1780	2303	2247	2472
Diversidade Shannon-Wiener (H')	1.75	1.5	1.31	1.6	1.66	1.16	1.54
Eqüidade (E')	0.63	0.48	0.55	0.53	0.6	0.39	0.49
Dominância de Berger-Parker	0.35	0.42	0.42	0.37	0.31	0.59	0.43

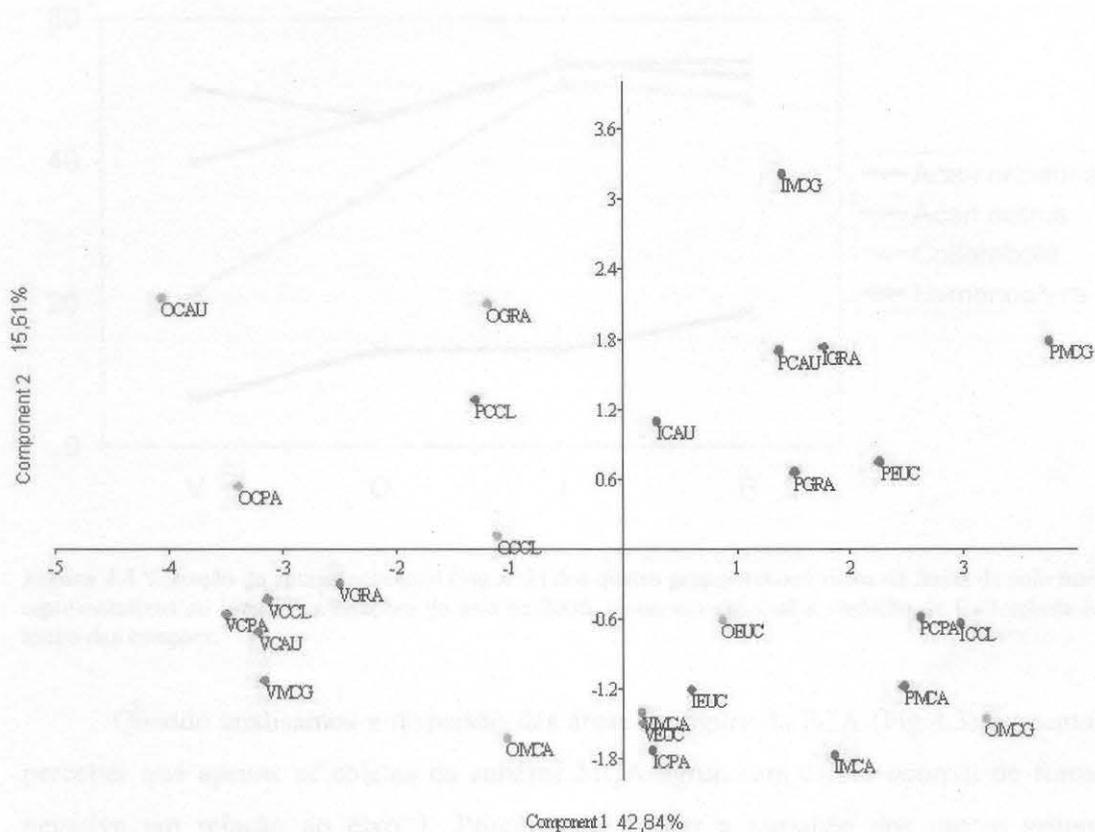


Figura 4.3 Análise de componentes principais (PCA) realizada para os dados de abundância logaritimizados ($\log x+1$) das coletas sazonais da fauna de solo pelo método de amostras de extrator tipo Berlese-Tullgren no período de março de 2006 a novembro de 2006 na Usina Termoeétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul. Legenda das sete subáreas amostradas: CPA-Campo de Pousio de Arroz; CAU- Campo Úmido; MCA - Mata Ciliar contígua ao pousio de Arroz; MCG - Mata Ciliar sob CinzasGrossas; CCL - Campo sob cinzas Leves; GRA- Gramado ao lado da guarita; EUC - Eucaliptal ao lado da usina. Estações do ano: V- Verão, O - Outono; I - Inverno; P- Primavera.

Para a confirmação dos agrupamentos encontrados, procurou-se observar a variação da abundância das quatro ordens mais representativos nas quatro estações

do ano de 2006 (Fig. 4.4). A partir disso, verificou-se que o verão é a estação do ano que apresenta as menores abundâncias, especialmente para Collembola, grupo para o qual ocorreu grande diferença entre as coletas de verão e inverno. Também é possível notar que as coletas de inverno e primavera tiveram resultados bastante semelhantes da abundância de Acari (oribatídeos e outros), Hymenoptera e Collembola, o que justifica o agrupamento dessas duas estações em relação ao eixo 2 na PCA.

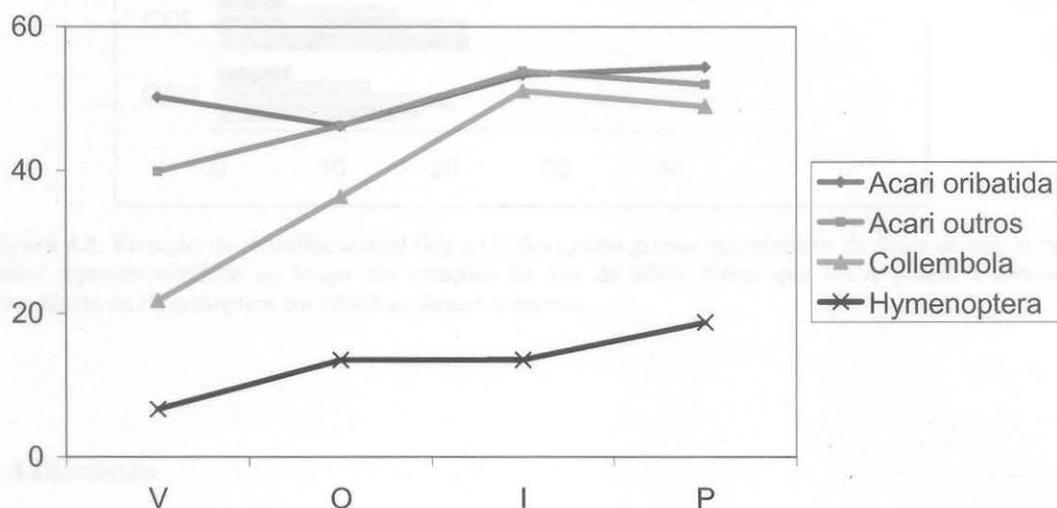


Figura 4.4 Variação da abundância total ($\log x+1$) dos quatro grupos taxonômicos da fauna de solo mais representativos ao longo das estações do ano de 2006. Notar em especial a variação de Collembola ao longo das estações.

Quando analisamos a dispersão das áreas na figura da PCA (Fig.4.3), podemos perceber que apenas as coletas da subárea MCA agruparam e isso ocorreu de forma negativa em relação ao eixo 1. Procurou-se avaliar a variação dos quatro grupos taxonômicos mais abundantes nas sete subáreas amostradas para verificar o que diferencia MCA das demais áreas (Figura 4.5). Observa-se que MCA é a área que apresenta menor abundância média para Hymenoptera e maior abundância de ácaros Oribatida durante as coletas.

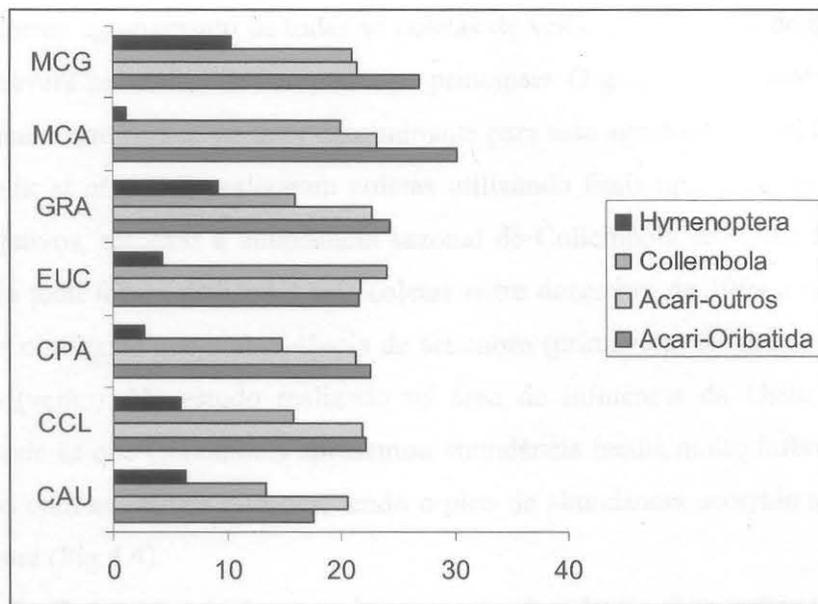


Figura 4.5. Variação da abundância total ($\log x+1$) dos quatro grupos taxonômicos da fauna de solo com maior representatividade ao longo das estações do ano de 2006. Notar que MCA possui a menor abundância de Hymenoptera em relação as demais subáreas.

4.4 Discussão

Os dados obtidos nesse trabalho apontam Acari como ordem dominante em todas as subáreas e estações do ano, confirmando dados existentes (Scheu & Schultz, 1996; Wallwork, 1983 *apud* Duarte, 1998). Ácaros oribatídeos (Cryptostigmata) geralmente são o grupo com a maior abundância de indivíduos e a maior diversidade de espécies entre os artrópodes de solo maduros. Variações na população desse grupo podem indicar distúrbios no ambiente devido a características ecológicas da história de vida desses organismos que retarda sua velocidade de resposta (Beham-Pelletier, 1999). A análise dos ácaros oribatídeos indica que as matas ciliares remanescente no local de estudo (MCA e MCG) fornecem habitat de melhor qualidade que as fitofisionomias das demais subáreas, enquanto CAU, onde há circulação de gado, cavalos e inundação periódica (ou seja, vários distúrbios de diferentes origens) o percentual de oribatídeos é menor.

A análise dos índices de diversidade apontou CAU como a subárea de maior diversidade. Como esta também é a subárea de menor percentual de oribatídeos, esta comunidade deve ser composta por espécies tolerantes aos distúrbios que ocorrem nessa área.

4.5 Conclusões

Acari (63,7%), Collembola (23%) e Hymenoptera (6,4%) são os grupos mais abundantes nas amostras de solo processadas em extrator tipo Berlese-Tullgren. Confirmando dados pretéritos, Acari foi a ordem mais abundante em todas as subáreas amostradas.

Os ácaros oribatídeos apontam as subáreas com remanescentes de mata ciliar (MCA e MCG) como áreas menos perturbadas, embora os índices de diversidade apontem CAU como o ambiente de maior diversidade, maior equidade e menor dominância.

Dos quatro taxa mais abundantes Collembola é o que apresenta maior variação ao longo das estações do ano amostradas, tendo a menor abundância média ocorrido no verão e o pico de abundância, no inverno e primavera.

A PCA indica uma grande variabilidade dos dados, no entanto, o agrupamento das amostras de solo de acordo com as estações do ano - e não conforme subárea de coleta - sugere que na área de entorno da Usina termoeétrica de São Jerônimo a variação temporal afeta os organismos de forma preponderante em relação à variação espacial, o que pode ocorrer em função de conectividade entre as subáreas amostradas.

4.6 Referências

- ADEJUYIGBE, C.O.; TIAN, G. & ADEOYE, G.O.. Soil microarthropod populations under natural and planted fallows in southwestern Nigeria. **Agroforestry Systems** 47 : 263-272, 1999.
- BEHAN-PELLETIER, V. M.. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, Amsterdam, 74:411-423. 1999.
- CULIK, M. P.; SOUZA, J. L.; VENTURA, J. A.. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. **Applied Soil Ecology** 21. 2002 . p. 49-58.
- DUARTE, M.M.. **Microartrópodes do solo (Acari e Collembola) em três áreas de campo na micro-região carbonífera do baixo Rio Jacuí, RS**. Tese de Doutorado, PPG-ERN/UFSCar. 92p. 1998
- HAMMER, O., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Eletrônica** 4 (1): 9pp. versão 1.74 (agosto 2007).
- HAZRA, A.K. & SANYAL, A.K.. Ecology of collembola in a periodically inundated newly emerged alluvial island in the river Hooghly, West Bengal. **Proceeding Zoological Society Calcutta** 49: 157-169. 1996.
- HENEGHAN, L. H.; COLEMAN, D.C.; ZOU, X.; CROSSLEY JR, D. A.; HAINES, B. L.. Soil microarthropod contributions to decomposition dynamics: tropical-temperate comparisons of a single substrate. (Statistical data included). **Ecology**, v.80 i. 5 p1872. p. 1-11. 1999.
- JAM, B. S. T., P. S. YADAV & J. S. Elangbam.. Population density of soil arthropods in the subtropical forest ecosystems at Shiroy Hill, Manipur. pp. 272-288. In: **Proceedings of National Symposium on Pesticide Residues and Environmental Pollution**. Muzaffarnagar, 1986.
- PETERSEN, H. & LUXTON, M. A.. comparative analysis of soil fauna and their role in decomposition processes. **Oikos** 39, 287-388. 1982.
- REDDY, M. V. & B.VENKATAIAH.. Effect of tree plantation on seasonal community structure of soil microarthropods in a tropical semi-arid savanna. **Tropical Ecology** 31: 96 -105. 1990.

- REDDY, M. V., V. R. REDDY, V. P. K. KUMAR, D. F. YULE & A. L. COGLE.. Soil management and seasonal community structure of soil microarthropods in semi-arid tropical alfisols. pp. 204-218. *In*: M. Herman (ed.) **Proceedings of International Conference on Problems in Modern Soil Management**. Research Institute of Agroecology and Soil Management, Hrusovany (near Brno), Czechoslovakia. 1992.
- ROY, S. & ROY, M. M.. Spatial distribution and seasonal abundance of soil mites and collembola in grassland and *Leucaena* plantation in a semi arid region. **Tropical Ecology** 41 (1): 56-62, 2006.
- SCHEU, S. & SCHULTZ, E.. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribatid and saprophagous soil macro-invertebrates. **Biodiversity and Conservation**, v. 5, p. 235-250. 1996.
- WALLWORK, J. A.. Oribatida in forest ecosystems. *Annual Review of Entomology*, v. 28, p. 109-130. 1983. *apud* DUARTE, M.M.. **Microartrópodes do solo (Acari e Collembola) em três áreas de campo na micro-região carbonífera do baixo Rio Jacuí, RS**. Tese de Doutorado, PPG-ERN/UFSCar. 92p. 1998

Capítulo V - Macro e mesofauna de solo: subsídios ao monitoramento da qualidade do solo

5.1. Introdução

Atualmente, a maioria dos ecossistemas terrestres no mundo apresenta áreas degradadas, resultantes principalmente da agricultura, da mineração e outras atividades humanas impactantes (Jasen, 1997).

A linha de processamento do carvão causa diversos impactos diretos e indiretos, desde sua extração (alteração da paisagem), passando pela queima (liberação de partículas poluentes no ar) e por fim, pela disposição - muitas vezes inadequada - dos rejeitos gerados na queima do mineral fóssil. As cinzas apresentam pH alcalino e aderidos à superfície das partículas existem muitos metais, resultado do processo de deposição durante a queima (Adriano, 1980; Rohde *et al.*, 2006).

Os depósitos de cinzas e de rejeitos de carvão são potenciais contaminantes de águas subterrâneas, uma vez que contém elementos como Al, Fe, Mn e Cu, os quais são lixiviados em grandes quantidades (Costa *et al.*, 2002).

A ausência de nutrientes, acidificação de águas superficiais e subterrâneas e altas concentrações de metais pesados são características do solo em áreas de mineração e depósitos de rejeitos e cinzas de carvão (Zanardi & Porto, 1991; Zoche & Porto, 1993; Duarte, 1998, Rodrigues, 2001a; 2001b) principalmente em função da forma inadequada da disposição final desses resíduos gerados. Essas condições influenciam fortemente o estabelecimento da vegetação (Prochnow e Porto, 2000) e por consequência, a fauna de solo.

A reduzida quantidade de vegetação natural em áreas de mineração influencia tanto variáveis abióticas como bióticas. O solo fica mais suscetível à erosão eólica e hídrica pela ausência de raízes que o retenham. Já a biota, além de perder capacidade de restabelecimento em função das alterações físico-químicas causadas no solo pelos depósitos de rejeito e cinza (variação do pH do solo e presença de metais pesados), fica suscetível a escassez de matéria orgânica, devido a dificuldade de restabelecimento da comunidade vegetal. Como os organismos que habitam os horizontes orgânicos do solo são responsáveis por disponibilizar nutrientes e influenciar as condições físico-químicas do solo, eles também influenciam, conseqüentemente, no restabelecimento da

vegetação. Essa interação vegetação – organismos do solo, onde um fornece o substrato para o outro, só voltará a funcionar em áreas mineradas quando houver interferência no local em prol da restauração, com adição de matéria orgânica no solo, recompondo as camadas perdidas após a mineração ou depósito prolongado de cinzas (como é o caso em São Jerônimo).

A transposição de pequenas porções de solo incorpora a proposta de restauração ecológica através de técnicas de nucleação. Quando o solo provém de locais não degradados, representa grandes probabilidades de recolonização da área. Além da diversidade de micro, meso e macroorganismos, o material contém estoque de sementes viáveis (banco de sementes), o que aumenta a velocidade da restauração, porque permite o estabelecimento de várias espécies de diferentes formas de vida. Esse maior número de espécies é o que caracteriza os núcleos de diversidade, que proporcionam maior resiliência na sucessão de áreas degradadas (Tres, 2006).

Maraun *et al.* (1998) sugerem que os microartrópodes, ao se alimentarem de fungos, promovem rápida recuperação da biomassa microbiana, a recolonização da serapilheira pelos fungos e a estabilização dos nutrientes após algum distúrbio, sendo, portanto, fundamentais para a resiliência de sistemas florestais.

Diversos autores relatam que em locais onde houve acréscimo de matéria orgânica no solo - após a sedimentação das cinzas oriundas da queima do carvão - o pH tornou-se circum-neutral e as concentrações de matéria orgânica aumentaram (Swift *et al* 1979; Anderson, 1988). O maior aporte de nutrientes influenciou a colonização da fauna e favoreceu o aumento da diversidade. Além disto, a matéria orgânica promove a complexação de elementos tóxicos presentes na solução do solo, diminuindo a lixiviação destes para o lençol freático (McBride, 1994).

O § 2.º do artigo 225 da Constituição Federal de 1988, estabelece: “*Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei*”. No entanto, segundo Prochnow & Porto (2000) poucos estudos são realizados no Brasil enfocando a recuperação destas áreas. Já Zanardi & Porto (1991) e Zocche & Porto (1993), verificaram que na maioria dos casos onde ocorreu restauração, esta não foi adequada, apontando a necessidade de melhores soluções tecnológicas, entre elas, o uso de plantas tolerantes que auxiliem na regeneração ou fitorremediação destes locais.

Segundo IBAMA (1990) recuperar é retornar o sítio degradado a uma forma e utilização de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo. Este plano deverá considerar que uma condição estável será obtida somente quando a área estiver em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança e tiver condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem. A fauna tem papel fundamental na pedogênese e recuperação dos solos, seja na ciclagem de nutrientes ou no revolvimento de suas camadas (Bigarelli, 2003).

A restrição na cobertura vegetal nas áreas de deposição das cinzas e dos rejeitos do carvão acentua a magnitude do impacto ambiental gerado pela cadeia carbonífera. Isso ocorre devido às relações ecológicas interespecíficas que envolvem a necessidade de matéria orgânica disponível para que ocorra a colonização de organismos terrestres e conseqüente liberação de nutrientes para o solo que viabilizem a sucessão vegetal e recuperação da funcionalidade da área.

Estudos que visam a recuperação de áreas degradadas devem englobar todos os elementos da paisagem para, primeiramente, caracterizar de forma adequada o problema e, posteriormente, propor um sistema de recuperação (Porto, 2006). Entre os aspectos que devem ser considerados para formulação do plano de remediação estão: o grau de contaminação, as propriedades físico-químicas do contaminante, os recursos disponíveis, as características do solo ou substrato e o uso final da área (Porto, 2006).

Segundo Sautter (1998), analisando o solo, há uma sucessão de organismos da meso e macrofauna que estão presentes em cada fase da recuperação das áreas, sugerindo que cada etapa tenha seus bioindicadores.

O conhecimento da variação da estrutura da comunidade da macro e mesofauna de solo ao longo do tempo permite inferir sobre o potencial de restauração de uma área e fazer sugestões para melhorar o gerenciamento dos danos ambientais.

O objetivo geral desse estudo é conhecer a fauna de invertebrados de solo de uma área impactada pelo processo de geração de energia a partir do carvão fóssil utilizando dois métodos de coleta: extrator Berlese-Tullgren e armadilhas de solo. Os objetivos específicos desta pesquisa foram (i) verificar a dinâmica espaço-temporal da macro e meso fauna de solo em uma área influenciada pelo processamento do carvão (ii) discutir sobre a utilização de diferentes métodos de coleta de fauna de solo como subsídio ao monitoramento ambiental.

5.2. Material e Métodos

O presente estudo foi realizado em sete subáreas com diferentes históricos e fitofisionomias no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo. Elas compreendiam duas subáreas de campo (CAU e CPA), duas de mata ciliar (MCA e MCG), uma de ecótono de campo e vegetação de sucessão primária (CCL), uma de gramado (GRA) e uma monocultura de eucalipto (EUC); anteriormente descritas no Capítulo III (p.41-45) e Capítulo IV (p. 51,52). A localização das subáreas de estudo podem ser vistas na figura 4.1 do Capítulo IV.

Foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo entre agosto de 2004 e junho de 2007, totalizando 10 saídas a campo (Tabela 5.1).

Tabela 5.1. Data das dez coletas de fauna de solo realizadas em área influenciada pelo processo de geração de energia da Usina Termoelétrica de Carvão de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, durante os anos de 2004/5, 2006 e 2007.

Estação do ano	Ocasão amostral
Inverno 2004	agosto de 2004
Primavera 2004	novembro de 2004
Verão 2005	março de 2005
Outono 2005	junho de 2005
Verão 2006	março de 2006
Outono 2006	maio de 2006
Inverno 2006	agosto de 2006
Primavera 2006	novembro de 2006
Verão 2007	março de 2007
Outono 2007	junho de 2007

A fauna de solo foi coletada através de amostras de solo e armadilhas tipo Barber, conforme descrito no Capítulo I (p. 7-10). As variáveis ambientais pH, condutividade elétrica e percentual de matéria orgânica do solo foram analisadas a partir de março de 2006, através de uma alíquota do solo, conforme descrito no Capítulo 1, p.11-12.

Foram analisadas a abundância e a diversidade dos grupos de fauna de solo cuja abundância total de indivíduos foi >5% na soma das unidades amostrais. Este critério de redução de matriz biológica, que considera somente os táxons com abundância acima de 5%, é sugerido e utilizado por Field *et al.* (1982); Szalay & Resh (1997) e Silveira (2007), considerando que espécies ou taxa muito raros não formam padrões analisáveis.

Como análise exploratória, foi feita uma análise multivariada de componentes principais (PCA) para todos os grupos taxonômicos encontrados nas coletas realizadas entre agosto de 2004 e junho de 2007. Para tanto, a abundância dos taxa encontrada nas

quatro unidades amostrais de cada subárea foi somada e logaritmicada ($\log(x+1)$), totalizando 70 amostras. As análises foram feitas através do programa PAST versão 1.74, no qual também foram calculados índices de diversidade através da abundância média das quatro unidades amostrais de cada subárea.

5.3. Resultados e discussão

Extrator Berlese-Tullgren

A variação espacial dos taxa mais abundantes (total de indivíduos representando mais de 5%) nesse método de coleta pode ser observada na figura 5.1. No método de amostras de solo (Berlese-Tullgren) foram registrados quatro taxa mais representativos: Acari Oribatida, seguido por Acari-Outros, Collembora e Hymenoptera.

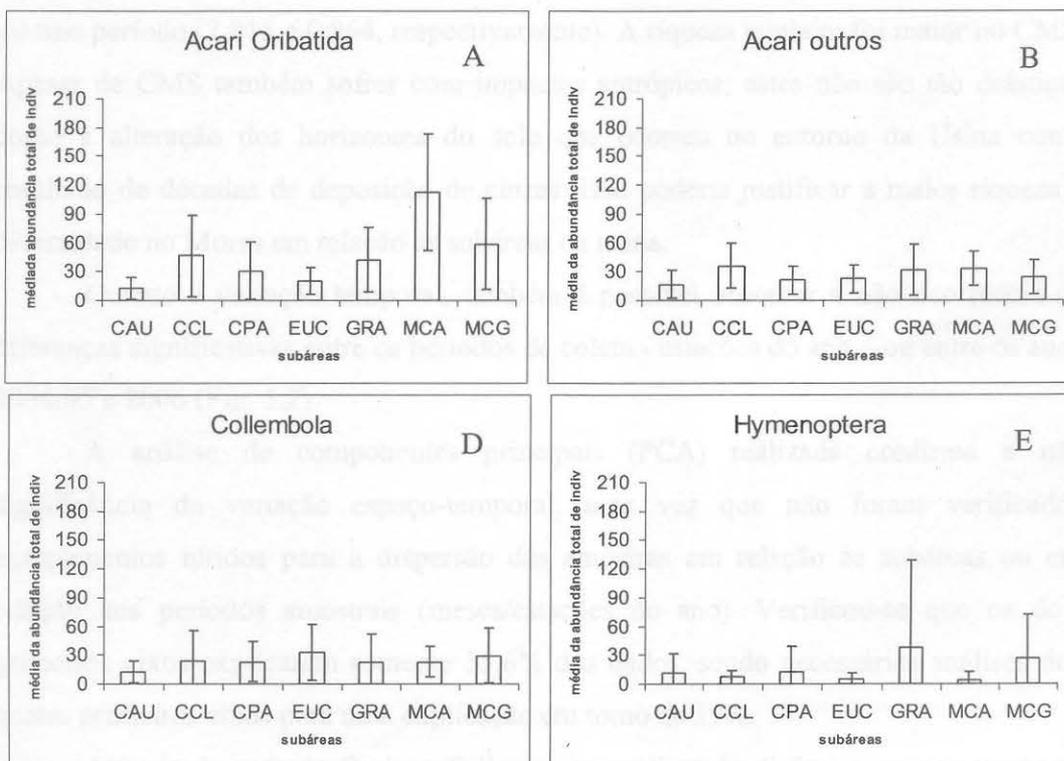


Figura 5.1. (a-d). Variação da média da abundância total de indivíduos das ordens de fauna de solo mais representativas (abundância total $\geq 5\%$) nas sete subáreas amostradas a partir de extrator Berlese-Tullgren em uma área influenciada por uma usina termoeletrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a novembro de 2006. a) Acari Oribatida (Cryptostigmata); b) Acari outros (Mesostigmata/Prostigmata); c) Collembola; d) Hymenoptera. Legenda das sete subáreas amostradas: CPA-Campo de Pousio de Arroz; CAU- Campo Úmido; MCA – Mata Ciliar contígua ao pousio de Arroz; MCG – Mata Ciliar sob Cinzas Grossas; CCL – Campo sob Cinzas Leves; GRA- Gramado ao lado da guarita; EUC – Eucaliptal ao lado da usina.

Quanto à variação espacial dos taxa, o coeficiente de variação das ordens mais abundantes (Acari, Collembola e Hymenoptera) foi maior para GRA e menor para MCA (Anexo 5.2). Foi possível verificar que dos quatro taxa mais representativos, somente Acari Oribatida apresentou variação significativa entre as subáreas amostradas, sendo que em MCA ocorreu abundância total significativamente maior que EUC e CAU (Fig. 5.1).

Essa diferença entre MCA, EUC e CAU também foi observada nos valores obtidos para os índices de diversidade (Shanon), Equidade e Dominância, sendo que MCA apresentou menor índice de diversidade (1.666) e Equidade (0.5561) em relação a EUC e CAU (Tabela 5.1). Observa-se que tanto estas duas últimas subáreas quanto as demais (CCL, CPA, GRA e MCG) apresentaram índices de diversidade e equidade superiores a 2.086 e 0.7168 (respectivamente).

Pode-se observar no anexo 5.6 que a diversidade e equidade encontradas em uma área campestre no Morro Santana (CMS), em Porto Alegre são maiores para o mesmo período (2.815 e 0.864, respectivamente). A riqueza também foi maior no CMS. Apesar de CMS também sofrer com impactos antrópicos, estes não são tão drásticos como a alteração dos horizontes do solo que ocorreu no entorno da Usina como resultado de décadas de deposição de cinzas. Isso poderia justificar a maior riqueza e diversidade no Morro em relação às subáreas da usina.

Quanto à variação temporal, também é possível observar a não ocorrência de diferenças significativas entre os períodos de coleta - estações do ano - ou entre os anos 2004/05 e 2006 (Fig. 5.2).

A análise de componentes principais (PCA) realizada confirma a não significância da variação espaço-temporal, uma vez que não foram verificados agrupamentos nítidos para a dispersão das amostras em relação às subáreas ou em relação aos períodos amostrais (meses/estações do ano). Verificou-se que os dois primeiros eixos explicaram somente 35,6% dos dados, sendo necessárias análises dos quatro primeiros eixos para uma explicação em torno de 59%.

Através do método Berlese-Tullgren, as análises da dinâmica espaço-temporal das abundâncias da comunidade não demonstraram diferença significativa entre as estações do ano ou entre as subáreas de diferentes fitofisionomias. No entanto, é possível que uma análise mais refinada com um grupo taxonômico específico - como Acari Oribatida - permita a aceitação de suposições sobre a dinâmica de determinadas subáreas - como MCA, que parece se diferenciar das demais áreas quanto à diversidade.

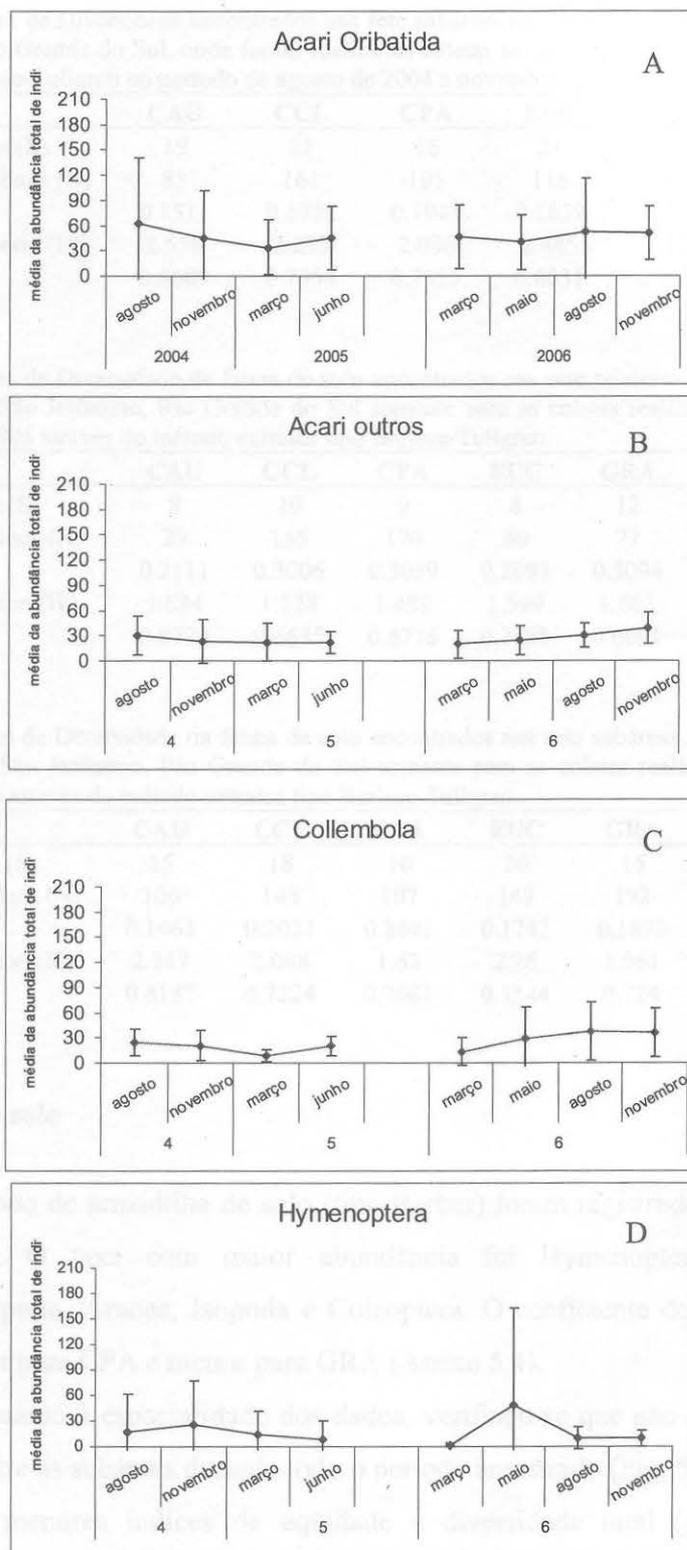


Figura 5.2. (a-d). Variação da média da abundância total de indivíduos das ordens de fauna de solo mais representativas (abundância total $\geq 5\%$) ao longo dos períodos amostrados a partir de extrator Berlese-Tullgren em uma área influenciada por uma usina termoeletrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a novembro de 2006. a) Acari Oribatida (Cryptostigmata); b) Acari outros (Mesostigmata/Prostigmata); c) Collembola; d) Hymenoptera.

Tabela 5.2. Índices de Diversidade encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método extrator tipo Berlese-Tullgren no período de agosto de 2004 a novembro de 2006.

2004/5 e 2006	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	19	21	16	21	18	20	23
Número de indivíduos (N)	85	161	105	116	166	197	169
Dominância D	0.1311	0.1728	0.1943	0.1639	0.183	0.373	0.2
Diversidade Shannon (H')	2.558	2.239	2.086	2.445	2.118	1.666	2.247
Eqüidade (J)	0.8689	0.7354	0.7525	0.8031	0.7327	0.5561	0.7168

Tabela 5.3. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre agosto de 2004 e junho de 2005 através do método extrator tipo Berlese-Tullgren.

2004/5	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	8	10	9	8	12	8	11
Número de indivíduos (N)	29	155	170	60	77	203	200
Dominância D	0.2111	0.3006	0.3039	0.2693	0.3094	0.5465	0.3661
Diversidade Shannon (H')	1.824	1.528	1.489	1.599	1.663	0.9765	1.409
Eqüidade (J)	0.8773	0.6635	0.6776	0.7688	0.6691	0.4696	0.5875

Tabela 5.4. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre março e novembro de 2006 através do método extrator tipo Berlese-Tullgren.

2006	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	15	18	10	20	15	18	22
Número de indivíduos (N)	106	143	107	143	192	155	184
Dominância D	0.1463	0.2031	0.2641	0.1742	0.1872	0.3426	0.2174
Diversidade Shannon (H')	2.217	2.088	1.63	2.26	1.961	1.653	2.141
Eqüidade (J)	0.8187	0.7224	0.7081	0.7544	0.724	0.5718	0.6925

Armadilhas de solo

No método de armadilha de solo (tipo Barber) foram registrados seis taxa mais representativos. O taxa com maior abundância foi Hymenoptera, seguido por Collembola, Diptera, Aranae, Isopoda e Coleoptera. O coeficiente de variação dessas ordens foi maior para CPA e menor para GRA (Anexo 5.4).

Ainda quanto à espacialidade dos dados, verificou-se que não ocorreu variação significativa entre as subáreas durante todo o período amostrado (Fig. 5.3). Porém, CPA apresentou os menores índices de eqüidade e diversidade total (1.325 e 0.4676, respectivamente) e diversidade e eqüidade relativas (ano a ano) (Tabelas 5.5 – 5.8). Através da PCA realizada, verificou-se que os dois primeiros eixos explicam somente 41,7% dos dados, enquanto que seria necessário o somatório dos cinco primeiros eixos para uma explicação acima de 60%.

Os dados para essa metodologia de coleta, quando comparados aos dados no Morro Santana (anexo 5.7) são bastante semelhantes quanto à riqueza, diversidade e eqüidade.

Verificou-se que Diptera foi significativamente mais abundante no período de agosto 2004 em relação a março dos anos de 2005, 2006 e 2007 e junho 2007 (Fig. 5.4). O período de junho 2005 difere da mesma forma em relação a março de 2006 e 2007 e maio 2006. Observa-se que as coletas de março registraram as menores abundâncias de Díptera, fato relacionado ao decréscimo das populações após um alto período reprodutivo. Os demais taxa não apresentaram diferenças significativas quanto temporalidade.



Figura 5.4 - Variação da média de abundância total de indivíduos por coletas de campo de sete taxa representativas (abundância total \pm SE) em seis coletas realizadas no período de agosto de 2004 a junho de 2007, na região experimental do M. Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a junho de 2007. A) Hymenoptera; B) Coleoptera; C) Diptera; D) Araneae; E) Insecta; F) Coleoptera. Legendas das seis coletas realizadas: CPA - Campo de Pesquisa de Agosto; CCB - Campo de Pesquisa de Setembro; MCA - Mata Ciliar de Agosto; MCB - Mata Ciliar de Setembro; MCA - Mata Ciliar de Outubro; MCB - Mata Ciliar de Novembro.

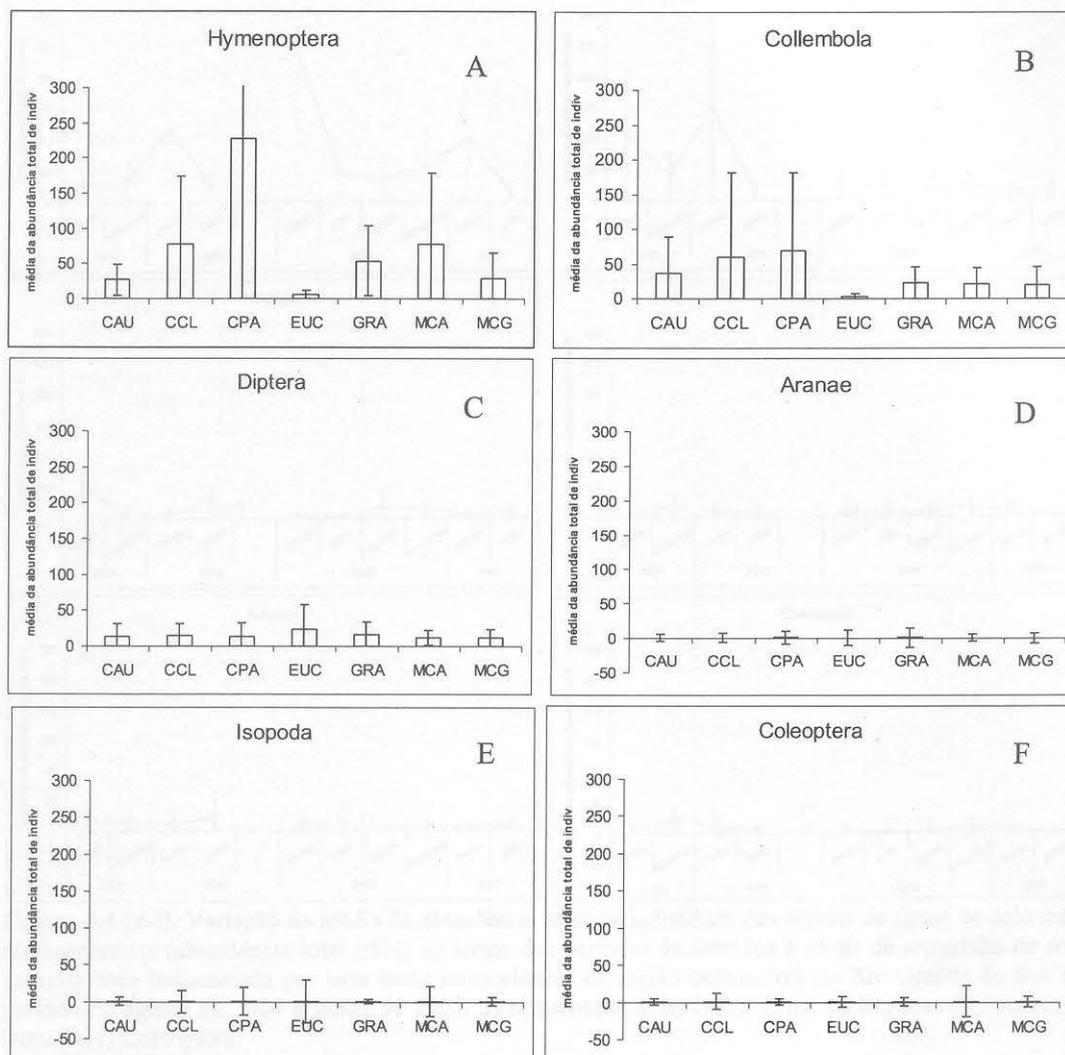


Figura 5.3 (a-f). Variação da média da abundância total de indivíduos das ordens de fauna de solo mais representativas (abundância total $\geq 5\%$) nas sete subáreas amostradas a partir de armadilha de solo em uma área influenciada por uma usina termoeétrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a junho de 2007. a) Hymenoptera; b) Collembola; c) Diptera; d) Aranae; e) Isopoda; f) Coleoptera. Legenda das sete subáreas amostradas: CPA-Campo de Pousio de Arroz; CAU-Campo Úmido; MCA – Mata Ciliar contígua ao pousio de Arroz; MCG – Mata Ciliar sob Cinzas Grossas; CCL – Campo sob cinzas Leves; GRA- Gramado ao lado da guarita; EUC – Eucaliptal ao lado da usina.

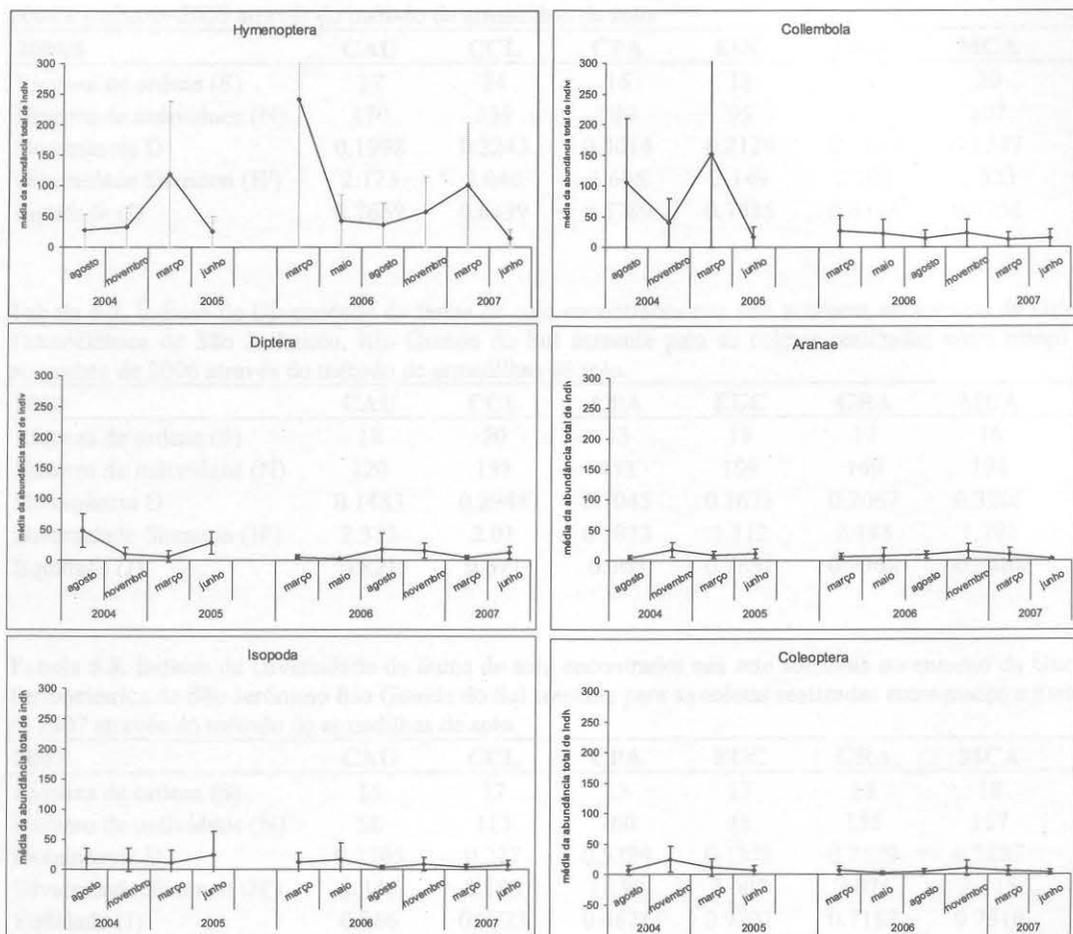


Figura 5.4 (a-f). Variação da média da abundância total de indivíduos das ordens de fauna de solo mais representativas (abundância total $\geq 5\%$) ao longo dos períodos amostrados a partir de armadilha de solo em uma área influenciada por uma usina termoeletrica na região carbonífera do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a junho de 2007. a) Hymenoptera; b) Collembola; c) Diptera; d) Araneae; e) Isopoda; f) Coleoptera.

Tabela 5.5. Índices de Diversidade encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelo método de armadilhas de solo no período de agosto de 2004 a junho de 2007.

2004/5, 2006 e 2007	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	20	24	17	22	20	24	24
Número de indivíduos (N)	129	227	353	93	171	194	130
Dominância D	0.1559	0.205	0.4591	0.1654	0.1571	0.2042	0.116
Diversidade Shannon (H')	2.442	2.211	1.325	2.517	2.431	2.305	2.722
Eqüidade (J)	0.8151	0.6957	0.4676	0.8142	0.8115	0.7253	0.8566

Tabela 5.6. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre agosto de 2004 e junho de 2005 através do método de armadilhas de solo.

2004/5	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	17	24	16	18	14	20	21
Número de indivíduos (N)	170	339	299	95	176	207	169
Dominância D	0.1998	0.2243	0.3014	0.2129	0.1523	0.1547	0.1623
Diversidade Shannon (H')	2.173	2.046	1.605	2.149	2.201	2.323	2.368
Equidade (J)	0.7669	0.6439	0.5789	0.7435	0.8338	0.7756	0.7778

Tabela 5.7. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre março e novembro de 2006 através do método de armadilhas de solo.

2006	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	18	20	13	19	17	16	20
Número de indivíduos (N)	120	158	433	109	149	198	101
Dominância D	0.1483	0.2948	0.7045	0.1673	0.2067	0.3205	0.1202
Diversidade Shannon (H')	2.373	2.01	0.7823	2.312	2.143	1.792	2.57
Equidade (J)	0.821	0.671	0.305	0.7851	0.7562	0.6462	0.8579

Tabela 5.8. Índices de Diversidade da fauna de solo encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo Rio Grande do Sul somente para as coletas realizadas entre março e junho de 2007 através do método de armadilhas de solo.

2007	CAU	CCL	CPA	EUC	GRA	MCA	MCG
Riqueza de ordens (S)	15	17	13	17	18	18	16
Número de indivíduos (N)	58	113	260	45	155	117	86
Dominância D	0.2205	0.227	0.5329	0.1378	0.2579	0.2287	0.1673
Diversidade Shannon (H')	2.345	2.188	1.198	2.607	2.076	2.115	2.333
Equidade (J)	0.866	0.7723	0.4671	0.9201	0.7182	0.7316	0.8416

Variáveis ambientais

Todas as variáveis ambientais apresentaram valores bastante constantes ao longo de 2006, ocorrendo alguma variação nas amostras de 2007 (Fig. 5.5).

No ano de 2006 é possível observar que a condutividade se manteve bastante constante em todas as subáreas, oscilando entre valores baixos ($2-15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Já para o ano de 2007, ocorreu um pico bastante alto no período de março (verão) para MCA ($30,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), MCG ($92,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e, principalmente, para EUC ($132,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Em junho o mesmo ocorreu para CCL ($32 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Com exceção de CCL, as demais áreas apresentaram queda de pH no mesmo período, fato já esperado. O aumento de matéria orgânica (MO) poderia ser uma explicação para o aumento da condutividade e baixo pH, uma vez que a decomposição da MO disponibilizaria íons no ambiente e

aumentariam o potencial hidrogeniônico. No entanto, em março de 2007 não ocorreram flutuações no percentual de matéria orgânica em nenhuma das áreas.

O anexo 5.6 apresenta dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) da chuva acumulada mensal e do número de dias com chuva durante o mês para os anos de coleta (2004, 2005, 2006 e 2007). Pode-se observar na figura do ano de 2007 que em março a chuva acumulada mensal foi pouco mais baixa que a média anual, no entanto, choveu durante 17 dias do mês, diferente de 2006, onde a média foi de 10 dias de chuva no mesmo período de tempo. Esse nível baixo, porém constante de precipitação, diferentemente de uma chuva mal distribuída, pode ter favorecido a lixiviação dos íons para o meio, provocando o aumento da condutividade.

Ainda que seja incerta a causa da alteração da condutividade e do pH na coleta de verão de 2007, pode-se afirmar que foi um fator de larga escala, uma vez que todas as áreas apresentaram variação –em maior ou menor grau.

Quanto a matéria orgânica, pode-se observar que há baixo percentual em todas as áreas e que o valor se manteve constante ao longo das estações do ano e ao longo dos anos. A média para todas as subáreas foi de $13,6 \pm 3,9$ %. Para as áreas de campo (CCL, CAU e CPA) o percentual médio de matéria orgânica foi $14,1 \pm 3,4$ %, enquanto que para as áreas de mata ciliar remanescente (MCG e MCA), o percentual médio foi de $16,8 \pm 2,3$. Para o Morro Santana, Mohr (1995) encontrou que o percentual médio de MO em áreas de vegetação arbórea era de $11,48\% \pm 4,18\%$, enquanto que no estudo apresentado no Capítulo II, realizado em uma área campestre, o percentual de MO foi de $9,45 \pm 1,23\%$. Assim, pode-se concluir que o percentual de matéria orgânica nas áreas de campo e mata do Morro Santana e das áreas no entorno da Usina de Carvão de São Jerônimo não são significativamente diferentes. Já o percentual médio de matéria orgânica encontrado na área de monocultura de eucalipto (EUC) foi de $7,3 \pm 0,5\%$, o que diferencia significativamente essa área das áreas do Morro Santana quanto ao percentual de MO. Para o gramado (GRA) não houve diferença significativa.

A subárea EUC apresentou o menor percentual de MO de todas as áreas amostras. Considerando-se o fato de o eucalipto ser um vegetal exótico, é possível que os organismos desse ambiente tenham maior limitação enzimática para processar a matéria orgânica e disponibilizá-la no solo. Pode-se observar na figura 5.1a e 5.3b que EUC está entre as áreas de menor abundância média de ácaros oribatídeos e colembolas, organismos estes responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (Adejuyigbe *et al.*, 1999; Hennegan *et al.* 1999; Duarte, 1998). A relação entre abundância de Acari e

Collembola com o percentual de matéria orgânica da subárea EUC necessita de mais investigação para afirmações concisas, mas pode indicar a dificuldade da população dessas ordens em se adaptar a serapilheira composta predominantemente de eucalipto.

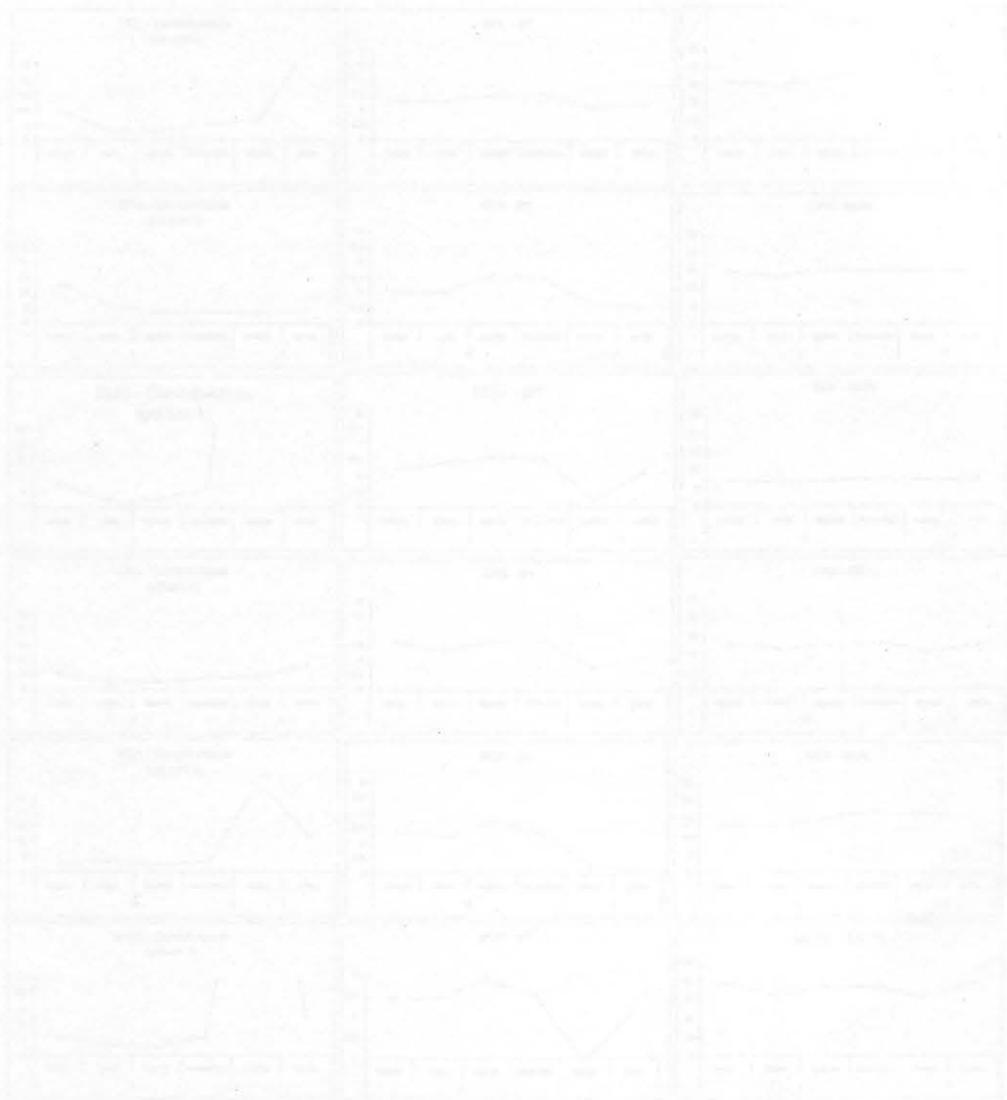


Figura 2.8. Valores percentuais nos análises das amostras coletadas (condições naturais) sob as 7 áreas (percentual de matéria orgânica) no perfil de solo de 0-10 e 10-20 e 20-30 e 30-40 e 40-50 e 50-60 e 60-70 cm. Legenda das 7 áreas: CA - Campo de Forças de Amor; CAE - Campo de Amor; MCA - Campo de Amor; MCE - Campo de Amor; EUC - Campo de Amor; EUC - Campo de Amor; EUC - Campo de Amor.

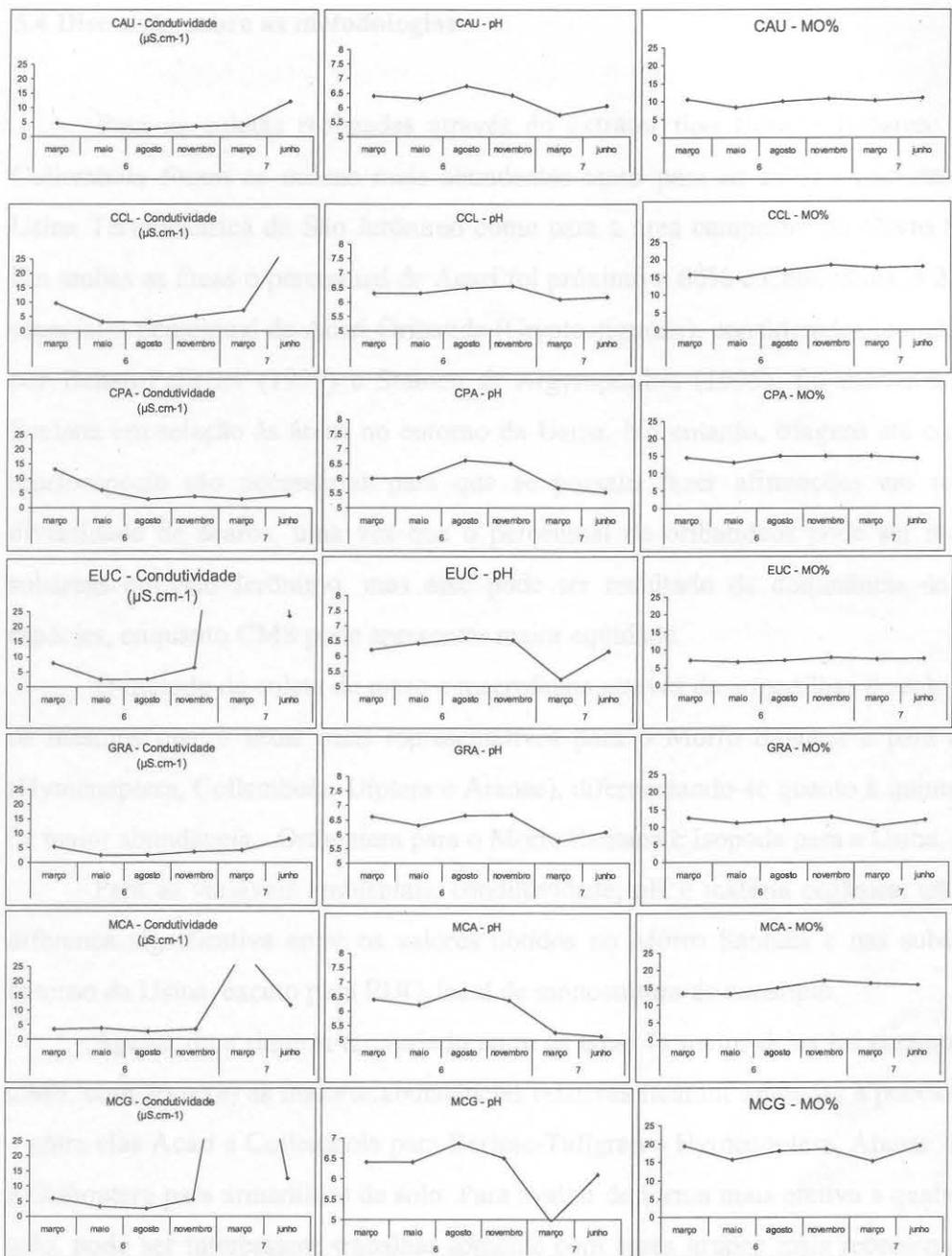


Figura 5.5. Valores encontrados nas análises das variáveis ambientais (condutividade elétrica, pH e percentual de matéria orgânica) no período de março de 2006 a junho de 2007. Legenda das 7 subáreas amostradas: CPA-Campo de Pousio de Arroz; CAU- Campo Úmido; MCA – Mata Ciliar contígua ao pousio de Arroz; MCG – Mata Ciliar sob Cinzas Grossas; CCL – Campo sob cinzas Leves; GRA-Gramado ao lado da guarita; EUC – Eucaliptal ao lado da usina.

5.4 Discussão sobre as metodologias

Para as coletas realizadas através do extrator tipo Berlese-Tullgren, Acari e Collembola foram as ordens mais abundantes tanto para as subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo como para a área campestre no Morro Santana. Em ambas as áreas o percentual de Acari foi próximo a 60% e Collembola, a 20%. Em especial o percentual de Acari Oribatida (Cryptostigmata), considerados bioindicadores por Behan-Pelletier (1999) e Stamou & Argyropoulou (1995), foi menor no Morro Santana em relação às áreas no entorno da Usina. No entanto, triagens até o nível de morfoespécie são necessárias para que se possam fazer afirmações em relação à diversidade de ácaros, uma vez que o percentual de oribatídeos pode ser maior nas subáreas em São Jerônimo, mas esse pode ser resultado da dominância de poucas espécies, enquanto CMS pode apresentar maior equidade.

O método de coleta de meso e macrofauna através de armadilhas de solo revelou os mesmos quatro taxas mais representativos para o Morro Santana e para a Usina (Hymenoptera, Collembola, Díptera e Aranae), diferenciando-se quanto à quinta ordem de maior abundância - Orthoptera para o Morro Santana e Isopoda para a Usina.

Para as variáveis ambientais, condutividade, pH e matéria orgânica, não houve diferença significativa entre os valores obtidos no Morro Santana e nas subáreas no entorno da Usina, exceto para EUC, local de monocultura de eucalipto.

Apesar de a riqueza ter variado entre as áreas (a maior delas foi encontrada em CMS, com 26 taxa) as maiores abundâncias relativas ficaram limitadas a poucas ordens – entre elas Acari e Collembola para Berlese-Tullgren e Hymenoptera, Aranae, Isopoda e Orthoptera para armadilhas de solo. Para avaliar de forma mais efetiva a qualidade do solo, pode ser interessante trabalhar somente com esses grupos mais representativos e baixar o nível taxonômico até morfoespécies, uma vez que todos esses grupos são citados como bioindicadores e ferramentas adequadas para o monitoramento ambiental.

Ácaros oribatídeos (Cryptostigmata) geralmente são o grupo com a maior abundância de indivíduos e a maior diversidade de espécies entre os artrópodes de solo maduros (Scheu & Schultz, 1996; Wallwork, 1983 *apud* Duarte 1998). Como esses organismos não respondem com rapidez aos distúrbios no meio, o estudo da redução da sua abundância e diversidade pode ser utilizado para monitorar a qualidade do solo (Behan-Pelletier, 1999).

A densidade populacional de colembola também é utilizada como indicadora de áreas degradadas e para reconhecer a contaminação de solos por defensivos agrícolas. Colembolas são resistentes a metais pesados e outros agentes poluentes, o que justifica o aumento de sua população, já que seus predadores e competidores não apresentam a mesma resistência (Zeppelini Filho, 2004). Culik *et al.* (2002) também trabalham com a diversidade de Collembola para avaliar a qualidade do meio onde esses organismos vivem. No entanto, é citada a necessidade de dados multianuais da abundância destes organismos para o entendimento de sua função nos sistemas ecológicos (Petersen and Luxton, 1982).

Quase a totalidade dos indivíduos da ordem Hymenoptera coletados nos estudos apresentados nesse trabalho pertenciam à família Formicidae. Essa família é considerada como indicadora da qualidade do solo em diversos trabalhos de Andersen e também por outros autores (Andersen, 2003; Andersen 2004; Pik, 2002). Em Andersen (2003) as coletas de formigas são realizadas apenas em janeiro, período de maior atividade desses insetos. Isso permitiria avaliação mais rápida da qualidade do solo, quando o bioindicador fosse utilizado para comparar áreas.

As aranhas de serapilheira são exploradas como bioindicadoras da qualidade do solo por Willet (2001), devido a sua facilidade de coleta e identificação, em função da taxonomia mais desenvolvida desse grupo.

Devido as funções de agente integrador desempenhadas pelo solo (Lavkulich, 1995) é de fundamental importância manter a qualidade do mesmo para que todo o ecossistema se mantenha funcional.

Ambed os métodos de coleta - Barileiro-Fuligosa e armadilhas de solo - são imprescindíveis para o estudo da fauna de solo, uma vez que são métodos complementares. Mesmo utilizando amostras em nível de grande grupo - Ordem - foi possível observar variações temporais.

A utilização de grupos taxonômicos de menor abrangência (nível específico ou morfotaxa) ou a utilização conjunta de outros macroinvertebrados - como os processos de decomposição de serapilheira e sua colonização da fauna por insetos de solo - pode servir de recursos adicionais para uma análise mais aprofundada.

5.2. Considerações finais

Como já discutido por Osenberg *et al.* (1994), um dos principais desafios de análises ambientais é isolar a variação espaço-temporal natural daquela causada por impactos ambientais. Os distúrbios constantes de diferentes naturezas e intensidades no entorno da UTSJ comprometem a análise dos dados de forma mais eficaz, uma vez que é difícil distinguir a variação espacial e temporal dos organismos da variação em resposta aos distúrbios. No entanto, os dados apresentados servem de subsídio para um acompanhamento das condições locais.

Na área da Usina Termoeletrica de São Jerônimo (UTSJ), além dos distúrbios, a proximidade das áreas e o espaçamento entre os períodos amostrais, tornam difícil uma análise mais consistente dos dados. No entanto, através das duas metodologias abordadas, foi possível perceber certa tendência temporal de alguns grupos e variação espacial quanto às áreas amostradas.

Observações na área do entorno da Usina apontam a necessidade de interferência humana para manutenção das matas ciliares e cuidados especiais nas áreas que representam planícies de inundação. A redução dos impactos de origem antrópica, como poda de vegetação indesejada, pastejo de animais exóticos e depósito de lixo e rejeito nas áreas próximas ao rio Jacuí, permitiria a sucessão da vegetação no local e promoção de maior estabilidade para o ecossistema dessas APPs.

Métodos de restauração – utilizando o aporte de matéria orgânica, como elemento funcional – podem acelerar a colonização dos organismos e assim aumentar a complexidade do ecossistema terrestre, a partir do aumento da estrutura da fauna e dos habitats.

Ambos os métodos de coleta - Berlese-Tullgren e armadilhas de solo- são imprescindíveis para o estudo da fauna de solo, uma vez que são métodos complementares. Mesmo utilizando análises em nível de grande grupo - Ordem - foi possível observar variações temporais.

A utilização de grupos taxonômicos de menor abrangência (nível específico ou morfoespécies) ou a utilização conjunta de outras metodologias – como os processos de decomposição de serapilheira e sua colonização da fauna por invertebrados de solo –, pode servir de recursos adicionais para uma análise mais acurada.

54 R As informações obtidas nesse estudo geraram dados-referência passíveis de comparação para estudos subsequentes de meso e macrofauna de solo em áreas de morros graníticos, áreas impactadas pelo processamento do carvão, ou em Regiões Neotropicais, que avaliem a variação temporal ou sazonal desses organismos ou que utilizam a fauna do solo como ferramenta para o monitoramento da qualidade desse ambiente.

DE PAGE, A.L.; ELSEW, A.A.; CHANG, A.C.; STRAUGHAN, L.
Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems: A review. *Journal Environmental Quality*, v. 9, p. 333-344, 1980.

ANDERSEN, A.N.; BOFFMANN, B.D. & SOMEN, I. Ants as indicators of mine-site restoration: community recovery at one of eight rehabilitated sites in central Queensland. *Ecology Management & Restoration*, v. 4, supplement, 67-71, 2003.

ANDERSEN, A. N. & MAJER, J. D. Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. *The Ecological Society of America*, v. 7 no 6, p. 291-295, 2004.

ANDERSON, J.M. Spatio-temporal effects of invertebrates on soil porosity. *Biology and Fertility of Soils* 6, 216-227, 1988.

BERNARDI, V. M. Oriband mix biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, Amsterdam, 74:411-423, 1999.

BRASILELLI, Luis Felipe Gomes. Avaliação de projetos para seleção de indicadores de áreas restauradas. Monografia (Condução em: Tapabana Floresta) - Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Gama, São Paulo, 2002.

BRASIL, 1988. Constituição Federal: promulgada em 05 de outubro de 1988. Fed. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2003. Artigo 225 parágrafo 2, p. 152.

COSTA, M. C. B.; MACHADO, N. A. F. & GUERRA, Y. Mapeamento da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas no estuário da Uva Hidrográfica São Jerônimo (UTSJ). *Est. In: Sessão de Iniciação Científica* (14. : 2002 : Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2002. p. 104, resumo 151.

CULIK, M. P.; SOUZA, J. L.; VENTURA, J. A. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. *Applied Soil Ecology* 24, 2005. p. 49-58.

5.4. Referências

- ADEJUYIGBE, C.O.; TIAN, G. & ADEOYE, G.O.. Soil microarthropod populations under natural and planted fallows in southwestern Nigeria. **Agroforestry Systems** 47 : 263-272, 1999.
- ADRIANO, D. C.; PAGE, A.L.; ELSEEWI, A.A. CHANG, A.C.; STRAUGHAN, I.. Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems: A review. **Journal Environmental Quality**, v. 9, p. 333-344. 1980.
- ANDERSEN, A.N.; HOFFMANN, B.D. & SOMES, J.. Ants as indicators of minesites reclamation: community recovery at one of eight rehabilitation sites in central Queensland. **Ecology Management & Restoration**, v. 4, supplement, S12-19. 2003.
- ANDERSEN, A. N. & MAJER, J. D.. Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. **The Ecological Society of America**, v.2 no 6, p. 291- 298. 2004.
- ANDERSON, J.M.. Spatio-temporal effects of invertebrates on soil process. **Biology and Fertility of Soils**. 6, 216-227. 1988.
- BEHAN-PELLETIER, V. M.. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, Amsterdam, 74:411-423. 1999.
- BIGARELLI, Luís Felipe Guedes. **Avaliação de projetos para seleção de indicadores de áreas restauradas**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça, São Paulo, 2003.
- BRASIL, 1998. **Constituição Federal**: promulgada em 05 de outubro de 1988/ 6ed. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2003. Artigo 225 parágrafo 2, p. 152.
- COSTA, M. C. O.; MACHADO, N. A. F. & GUERRA, T.. **Mapeamento da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas no entorno da Usina Hidrelétrica São Jerônimo (UTSJ), RS**. In: Salão de Iniciação Científica (14. : 2002 : Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2002. p. 384, resumo 151.
- CULIK, M. P.; SOUZA, J. L.; VENTURA, J. A.. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. **Applied Soil Ecology** 21. 2002 p. 49-58.

- DUARTE, M.M.. **Microartrópodes do solo (Acari e Collembola) em três áreas de campo na micro-região carbonífera do baixo Rio Jacuí, RS.** Tese de Doutorado, PPG-ERN/UFSCar. 92p. 1998
- FIELD, J. G.; CLARKE, K. R. & WIRWICK, R. M.. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. **Marine Ecology – Progress Series** 8, p. 37-52. 1982.
- HAMMER, O., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Eletrônica** 4(1): 9pp. versão 1.74 (agosto 2007).
- HENEGHAN, L. H.; COLEMAN, D.C.; ZOU, X.; CROSSLEY JR, D. A.; HAINES, B. L.. Soil microarthropod contributions to decomposition dynamics: tropical-temperate comparisons of a single substrate. (Statistical data included). **Ecology**, v.80 i. 5 p1872. p. 1-11. 1999.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Variação da chuva acumulada mensal e número de dias com chuva por mês para a região de Porto Alegre durante os anos de 2004, 2005, 2006 e 2007. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/> [acesso em 11 nov 2007].
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação.** Brasília, 1990.
- JASEN, A.. Terrestrial invertebrate community structure as an indicator of the success of a tropical rainforest restoration project. **Restoration Ecology**, 5 (2): 115-124. 1997.
- LAVKULICH, L.M. Soil: the environmental integrator. *In*: Powter, C.B.; Abboud, S.A.; McGill W.B. (editores). **Environmental soil science: anthropogenic chemicals and soil quality criteria.** Brandon: Canadian Society of Soil Science, 1995, p.1-43
- MARAUN, M.; VISSER, S. & SCHEU, S.. Oribatid mites enhance the recovery of the microbial community after a strong disturbance. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, 9:175-181. 1998.
- MCBRIDE, M.. **Environmental chemistry of soils.** New York: Oxford. 1994, 406p.
- PETERSEN, H., LUXTON, M.. A comparative analysis of soil fauna and their role in decomposition processes. **Oikos** 39, 287-388. 1982.

- PIK, A.; DANGERFIELD, J. M.; BRAMBLE, . A.; ANGUS, C. & NIPPERESS, D. A.
The use of invertebrates to detect small-scale habitat heterogeneity and its application to restoration practices. **Environmental Monitoring and Assessment**, 75: 179-199. 2002.
- PORTO, Maria Luiza (coord). Métodos e técnicas para diagnóstico, zoneamento e restauração ecológica de áreas impactadas pela extração e uso do carvão mineral. Porto Alegre, RS , 2006.
- PROCHNOW, T. R. e PORTO, M. L. 2000. Avaliação de uma área de rejeitos da mineração de carvão com vistas a bioindicadores vegetais para metais pesados. *In: Carvão e meio ambiente*. Porto Alegre, Ed. da Universidade, 2000. p. 673-694.
- OSENBERG, C. W.; SCHMITT, R. J.; HOLBROOK, S. J.; ABU-SABA, K. E. & FLEGAL, A.R.. Detection of environmental impacts. *In: SCHMITT, R. J. & OSENBERG, C. W. (eds). Detecting Ecological Impacts: Concepts and Applications in Coastal Habitats*. San Diego: Academic Press, 1996. p.83- 108.
- RODRIGUES, G.G. **Benthic Fauna of Extremely Acidic Lakes (pH 2-3)**. UFZ-Bericht Nr. 23/2001. Tese de Doutorado. 131p. (ISSN 0948-9452). 2001a.
- RODRIGUES, G.G. & SCHARF, W.B. Review of benthic invertebrates fauna in extremely acidic environments (pH < 3). **Mine Water and the Environment**, 20: 114-121. 2001b.
- ROHDE, G. M.; ZWONOK, O.; CHIES, F. & DA SILVA, N. I. W.. **Cinzas de carvão fóssil no Brasil: Aspectos Técnicos e Ambientais**. Porto Alegre: CIENTEC, 2006. v. 1., 202p.
- SAUTTER, K.D. Meso (Acari e Collembola) e macrofauna (Oligochaeta) na recuperação de solos degradados. *In: DIAS, L.E.; & MELLO, J. Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. Cap.2 , p. 110-170.
- SCHEU, S. & SCHULTZ, E.. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribatid and saprophagous soil macro-invertebrates. **Biodiversity and Conservation**, v. 5, p. 235-250. 1996.
- SILVEIRA, T. C. L.. **Impacto do corte das macrófitas aquáticas *Schoenoplectus californicus* e *Typha domingensis* sobre a fauna de macroinvertebrados: subsídios para o extrativismo sustentável**. Dissertação (Mestrado em Biologia

- Animal) – Instituto de Biociências Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. 122p.
- STAMOU G. P., ARGYROPOULOU; M. D.. A preliminary study on the effect of Cu, Pb and Zn contamination of soils on community structure and certain life-history traits of oribatids from urban areas. **Experimental and Applied Acarology**, 19: 381–390. 1995.
- SZALAY, F. A. DE & RESCH, V.. Spatial and temporal variability of trophic relationships among aquatic macroinvertebrates in a seasonal marsh. **Wetlands** 16 (4): 458-466.1997.
- SWIFT, M.J. HEAL, O.W. & ANDRESON, J.M.. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. **Blackwell Scientific Publication**, Oxford. 1979.
- TRES, D. R... Tendências da restauração ecológica baseada na Nucleação. In: MARIATH, Jorge Ernesto de Araujo e SANTOS, Rianldo Pires dos (orgs.). **Os avanços da Botânica no início do século XXI: morfologia, fisiologia, taxonomia, ecologia e genética: Conferências, Plenárias e Simpósios do 57º Congresso Nacional de Botânica**. Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, 2006. Simpósio 33, 2006. p. 462.
- ZANARDI, V. JR & PORTO, M. L.. Avaliação do sistema de lagoas em áreas de mineração de carvão a céu aberto: metais pesados em águas, plantas e substratos. **Boletim do Instituto de Biociências**, v.49, n.1. 1991.
- ZOCHE, J. J.; PORTO, M. L.. Florística e fitossociologia de campo natural sobre banco de carvão e áreas mineradas, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta botanica brasílica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 47-84. 1993.
- FIELD, J. G.. CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M.. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. **Marine Ecology – Progress Series** 8, p. 37-52. 1982.
- SILVEIRA, T.C. L.. **Impacto do corte de macrófitas aquáticas *Schoenoplectus californicus* e *Thipha domingensis* sobre a fauna de macroinvertebrados: subsídios para o extrativismo sustentável**. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

- SZLAY, F. A. de & RESH, V.. Spatial and temporal variability of trophic relationships among aquatic macroinvertebrates in a seasonal marsh. **Wetlands** 16 (4): 458-466. 1996.
- WALLWORK, J. A.. Oribatida in forest ecosystems. Annual Review of Entomology, v. 28, p. 109-130. 1983. *apud* DUARTE, M.M.. **Microartrópodes do solo (Acari e Collembola) em três áreas de campo na micro-região carbonífera do baixo Rio Jacuí, RS.** Tese de Doutorado, PPG-ERN/UFSCar. 92p. 1998.
- WILLET, T. R.. Spiders and other arthropods as indicators in Old-Growth versus Logged Redwood Stands. **Restoration. Ecology**, v. 9 n. 4, p.410-420. 2001.

Anexo 5.1. Abundância total das ordens amostradas através de extrator Berlese-Tullgren ao longo dos anos de 2004/5 e 2006 encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul. Os taxa estão listados conforme o percentual de abundância total.

Ordem	2004/2005										2006									
	agosto	novembro	março	junho	Soma	%	média	±dp	CV	CV%	março	maio	agosto	novembro	Soma	%	média	±dp	CV	CV%
Acari Oribatida **	1754	1221	917	1203	5095	45.57	1273.75	349.14	0.27	27.41	1248	1001	1477	1417	5143	39.57	1285.75	213.16	0.17	16.58
Acari outros**	842	658	628	592	2720	25.36	680.00	111.32	0.16	16.37	548	687	865	1098	3198	24.61	799.50	237.56	0.30	29.71
Collembola**	686	588	219	580	2073	19.61	518.25	205.24	0.40	39.60	287	654	1038	1026	3005	23.12	751.25	357.16	0.48	47.54
Hymenoptera**	317	410	248	129	1104	11.38	276.00	118.36	0.43	42.89	19	537	127	156	839	6.46	209.75	225.99	1.08	107.74
Homoptera	35	33	126	42	236	4.01	59.00	44.83	0.76	75.99	16	7	59	42	124	0.95	31.00	23.85	0.77	76.92
Isopoda	13	19	52	42	126	2.97	31.50	18.52	0.59	58.79	0	0	0	3	3	0.02	0.75	1.50	2.00	200.00
Larvas	19	24	18	44	105	2.77	26.25	12.12	0.46	46.17	12	1	1	7	21	0.16	5.25	5.32	1.01	101.24
Chilopoda	16	17	28	28	89	2.42	22.25	6.65	0.30	29.90	6	7	84	53	150	1.15	37.50	37.97	1.01	101.25
Colcoptera	17	24	15	14	70	2.09	17.50	4.51	0.26	25.77	9	14	20	15	58	0.45	14.50	4.51	0.31	31.10
Diplura	11	8	30	12	61	1.52	15.25	9.98	0.65	65.44	1	10	1	4	16	0.12	4.00	4.24	1.06	106.07
Oligochaeta	7	6	2	10	25	1.21	6.25	3.30	0.53	52.86	33	21	14	20	88	0.68	22.00	7.96	0.36	36.17
Aranae	5	0	5	9	19	1.16	4.75	3.69	0.78	77.59	3	4	10	24	41	0.32	10.25	9.67	0.94	94.38
Diplopoda	4	3	3	4	14	1.12	3.50	0.58	0.16	16.50	1	5	1	18	25	0.19	6.25	8.06	1.29	128.91
Protura	0	9	2	0	11	0.09	2.75	4.27	1.55	155.35	8	1	3	4	16	0.12	4.00	2.94	0.74	73.60
Thysanoptera	0	0	3	7	10	0.08	2.50	3.32	1.33	132.66	0	0	14	3	17	0.13	4.25	6.65	1.57	156.52
Gastropoda	1	6	0	0	7	0.06	1.75	2.87	1.64	164.13	0	2	1	11	14	0.11	3.50	5.07	1.45	144.75
Diptera	3	0	0	1	4	0.03	1.00	1.41	1.41	141.42	4	0	0	0	4	0.03	1.00	2.00	2.00	200.00
Opilioniida	0	1	0	0	1	0.01	0.25	0.50	2.00	200.00	1	1	0	4	6	0.05	1.50	1.73	1.15	115.47
Amphipoda	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	2	0	2	0.02	0.50	1.00	2.00	200.00
Hemiptera	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	132	36	23	3	194	1.49	48.50	57.30	1.18	118.14
Lepidoptera	0	0	0	0	0	204.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0	7	4	3	14	0.11	3.50	2.89	0.82	82.48
Nematoda	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	3	3	0.02	0.75	1.50	2.00	200.00
NI	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Orthoptera	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	1	2	0	3	0.02	0.75	0.96	1.28	127.66
Paupoda	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	2	0	0	2	0.02	0.50	1.00	2.00	200.00
Symphyla	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	6	0	0	6	0.05	1.50	3.00	2.00	200.00
Pseudoscorpiones	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	1	4	0	5	0.04	1.25	1.89	1.51	151.44
Soma	3730	3027	2296	2717	11770						2328	3005	3750	3914	12997					
Média	138.15	112.11	85.04	100.63	435.93						86.22	111.30	138.89	144.96	481.37					
d.p.	384.50	284.29	212.16	269.20	1140.91						260.10	267.31	367.66	378.74	1244.15					
Unidades amostrais	36	36	36	36							36	36	36	36						

*estações do ano: verão = março 2005 e 2006; outono = junho 2005 e maio 2006; inverno = agosto 2004 e 2006; primavera = novembro 2004 e 2006.

** ordens com abundância ≥ 5%.

Anexo 5.2. Abundância média e coeficiente de variação (C.V.) das ordens amostradas através de extrator Berlese-Tullgren nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a novembro de 2006.

Ordem	CAU			CCL			CPA			EUC			GRA			MCA			MCG		
	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV
Acari Oribatida**	12.81	11.44	0.89	46.61	42.45	0.91	30.78	29.75	0.97	20.35	14.43	0.71	41.84	33.46	0.80	112.94	60.84	0.54	58.69	47.57	0.81
Acari outros**	16.63	14.41	0.87	35.84	23.76	0.66	20.91	14.60	0.70	22.63	14.61	0.65	31.81	26.87	0.84	32.97	17.85	0.54	24.16	17.77	0.74
Collembola**	12.97	11.07	0.85	24.04	31.52	1.31	23.22	20.51	0.88	32.75	28.97	0.88	22.87	29.55	1.29	23.38	15.51	0.66	29.68	28.44	0.96
Hymenoptera**	11.48	20.01	1.74	7.38	6.91	0.94	13.00	25.81	1.99	4.47	6.29	1.41	38.50	90.01	2.34	4.29	8.26	1.93	26.50	45.33	1.71
Larvas	2.00	1.00	0.50	2.00	1.20	0.60	2.50	1.38	0.55	1.33	0.58	0.43	1.50	0.80	0.53	3.50	4.52	1.29	1.33	0.58	0.43
Oligochaeta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	3.21	1.28	0.00	0.00	0.00	3.00	2.77	0.92	1.50	0.71	0.47
Nematoda	12.00	15.56	1.30	10.00	5.66	0.57	1.00	0.00	0.00	8.86	11.99	1.35	13.75	22.29	1.62	2.75	2.06	0.75	5.25	5.68	1.08
Isopoda	2.40	1.95	0.81	2.67	1.53	0.57	1.00	0.00	0.00	5.83	7.11	1.22	1.86	0.90	0.48	2.29	1.98	0.86	2.00	1.48	0.74
Chilopoda	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.40	0.89	0.64	2.15	1.99	0.93	1.67	1.21	0.73	2.25	1.28	0.57	2.79	1.81	0.65
Diplopoda	1.00	0.00	0.00	2.00	0.82	0.41	1.00	0.00	0.00	1.50	0.71	0.47	1.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.57	0.79	0.50
Araneae	2.25	2.50	1.11	1.83	0.98	0.54	1.50	0.58	0.38	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.60	0.89	0.56
Orthoptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera	1.92	2.50	1.30	1.69	0.87	0.52	1.64	0.67	0.41	4.67	8.50	1.82	1.72	0.83	0.48	1.90	1.25	0.66	1.80	0.86	0.48
Diplura	1.67	0.58	0.35	2.40	1.67	0.70	1.00	0.00	0.00	1.60	0.55	0.34	2.44	1.01	0.41	1.88	1.13	0.60	3.50	2.92	0.83
Symphyla	3.00	2.83	0.94	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.73	0.87	2.00	0.00	0.00	1.67	1.15	0.69	1.67	1.15	0.69
Diptera	1.67	1.15	0.69	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.50	0.58	0.38	2.00	0.00	0.00
Homoptera	4.86	7.52	1.55	15.17	29.35	1.94	3.40	2.59	0.76	1.00	0.00	0.00	7.60	18.09	2.38	1.00	0.00	0.00	1.78	1.99	1.12
Thysanoptera	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.20	2.04	0.64	0.00	0.00	0.00	1.33	0.58	0.43	1.00	0.00	0.00	2.00	1.15	0.58
NI	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	2.67	0.58	0.22
Hemiptera	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Protura	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	2.50	0.71	0.28	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	2.12	0.85
Opilionida	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gastropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.83	1.33	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lepidoptera	1.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Pseudoscorpiones	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.71	0.47
Pauropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00
Soma	91.65			165.63			109.55			123.98			173.90			204.29			178.47		

**ordens com abundância ≥ 5%.

Anexo 5.3. Abundância total das ordens amostradas através do método de armadilhas de solo tipo Barber ao longo dos anos de 2004/5, 2006 e 2007 encontrados nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul. Os taxa estão listados conforme o percentual de abundância total.

Ordem	2004/2005										2006									
	agosto	novembro	março	junho	Soma	%	média	±dp	CV	CV%	agosto	maio	março	novembro	Soma	%	média	±dp	CV	CV%
Hymenoptera**	704	881	551	3334	5470	27.42	1367.50	1317.92	0.96	96.37	968	1190	6754	1613	10525	57.76	2631.25	2761.49	1.05	104.95
Collembola**	1087	981	510	3576	6154	30.85	1538.50	1381.29	0.90	89.78	341	477	514	718	2050	11.25	512.50	155.89	0.30	30.42
Diptera**	1353	223	647	157	2380	11.93	595.00	550.00	0.92	92.44	470	43	130	416	1059	5.81	264.75	210.03	0.79	79.33
Aranac**	114	452	225	247	1038	5.20	259.50	140.92	0.54	54.30	255	198	196	366	1015	5.57	253.75	79.68	0.31	31.40
Isopoda**	384	401	266	203	1254	6.29	313.50	95.03	0.30	30.31	48	274	215	203	740	4.06	185.00	96.46	0.52	52.14
Coleoptera**	181	536	174	399	1290	6.47	322.50	176.55	0.55	54.74	93	52	193	342	680	3.73	170.00	129.06	0.76	75.92
Acarina	39	121	119	180	459	2.30	114.75	57.89	0.50	50.45	39	52	326	290	707	3.88	176.75	152.36	0.86	86.20
larvas	94	418	185	111	808	4.05	202.00	149.32	0.74	73.92	118	55	163	26	362	1.99	90.50	61.73	0.68	68.21
Homoptera	47	52	112	42	253	1.27	63.25	32.76	0.52	51.79	31	48	143	164	386	2.12	96.50	66.74	0.69	69.16
Amphipoda	55	39	69	8	171	0.86	42.75	26.21	0.61	61.31	4	44	22	249	319	1.75	79.75	114.01	1.43	142.96
Orthoptera	17	90	21	114	242	1.21	60.50	48.94	0.81	80.89	7	12	91	50	160	0.88	40.00	39.05	0.98	97.62
Hemiptera	10	39	14	57	120	0.60	30.00	22.11	0.74	73.69	4	4	21	20	49	0.27	12.25	9.54	0.78	77.84
Opiliones	22	23	19	17	81	0.41	20.25	2.75	0.14	13.60	6	22	4	14	46	0.25	11.50	8.23	0.72	71.53
Diplopoda	30	29	26	7	92	0.46	23.00	10.80	0.47	46.96	10	6	3	12	31	0.17	7.75	4.03	0.52	52.01
Blattodea	6	9	2	22	39	0.20	9.75	8.66	0.89	88.77	2	6	2	2	12	0.07	3.00	2.00	0.67	66.67
Lepidoptera	8	3	5	23	39	0.20	9.75	9.07	0.93	93.02	0	3	11	7	21	0.12	5.25	4.79	0.91	91.18
Oligochaeta	2	9	8	0	19	0.10	4.75	4.43	0.93	93.16	3	0	0	13	16	0.09	4.00	6.16	1.54	154.11
Gastropoda	1	5	6	1	13	0.07	3.25	2.63	0.81	80.92	1	1	1	10	13	0.07	3.25	4.50	1.38	138.46
Anura	1	1	0	6	8	0.04	2.00	2.71	1.35	135.40	0	3	0	2	5	0.03	1.25	1.50	1.20	120.00
Dermaptera	0	2	1	0	3	0.02	0.75	0.96	1.28	127.66	0	0	9	0	9	0.05	2.25	4.50	2.00	200.00
Escorpiones	0	2	0	4	6	0.03	1.50	1.91	1.28	127.66	0	0	0	3	3	0.02	0.75	1.50	2.00	200.00
Psocoptera	1	3	2	0	6	0.03	1.50	1.29	0.86	86.07	3	1	0	0	4	0.02	1.00	1.41	1.41	141.42
Thysanura	0	1	0	0	1	0.01	0.25	0.50	2.00	200.00	0	1	3	1	5	0.03	1.25	1.26	1.01	100.66
Chilopoda	3	1	0	0	4	0.02	1.00	1.41	1.41	141.42	0	1	2	0	3	0.02	0.75	0.96	1.28	127.66
Thysanoptera	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
diplura	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pseudoescorpiones	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	1	1	0.01	0.25	0.50	2.00	200.00
Soma	4159	4321	2962	8508	19950						2403	2493	8803	4522	18221					
Média	154.04	160.04	109.70	315.11	738.89						2403	2493	8803	4522	18221					
d.p.	344.06	274.14	183.61	910.89	1569.89						210.58	243.61	1290.68	339.82	2026.34					
Unidades amostrais	36	35	31	36							36	36	36	36						

*estações do ano: verão = março 2005, 2006 e 2007; outono = junho 2005, maio 2006, junho 2007; inverno = agosto 2004 e 2006; primavera = novembro 2004 e 2006.

**ordens com abundância ≥ 5%.

Anexo 5.3 continuação

Ordem	2007		Soma	%	média	±dp	CV	CV%
	junho	março						
Hymenoptera**	401	2840	3241	51.81	1620.50	283.55	0.17	17.50
Collembola**	462	265	727	11.62	363.50	326.68	0.90	89.87
Diptera**	342	120	462	7.38	231.00	241.83	1.05	104.69
Aranac**	68	269	337	5.39	168.50	48.08	0.29	28.54
Isopoda**	159	126	285	4.56	142.50	112.43	0.79	78.90
Coleoptera**	104	203	307	4.91	153.50	73.54	0.48	47.91
Acarina	25	40	65	1.04	32.50	17.68	0.54	54.39
larvas	6	18	24	0.38	12.00	4.24	0.35	35.36
Homoptera	144	76	220	3.52	110.00	101.82	0.93	92.57
Amphipoda	134	101	235	3.76	117.50	94.75	0.81	80.64
Orthoptera	52	74	126	2.01	63.00	36.77	0.58	58.36
Hemiptera	19	37	56	0.90	28.00	13.44	0.48	47.98
Opiliones	9	74	83	1.33	41.50	6.36	0.15	15.33
Diplopoda	11	10	21	0.34	10.50	7.78	0.74	74.08
Blattodea	9	13	22	0.35	11.00	6.36	0.58	57.85
Lepidoptera	3	4	7	0.11	3.50	2.12	0.61	60.61
Oligochaeta	15	1	16	0.26	8.00	10.61	1.33	132.58
Gastropoda	4	1	5	0.08	2.50	2.83	1.13	113.14
Anura	1	0	1	0.02	0.50	0.71	1.41	141.42
Dermaptera	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Escorpiones	0	3	3	0.05	1.50	0.00	0.00	0.00
Psocoptera	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Thysanura	3	0	3	0.05	1.50	2.12	1.41	141.42
Chilopoda	0	1	1	0.02	0.50	0.00	0.00	0.00
Thysanoptera	1	5	6	0.10	3.00	0.71	0.24	23.57
diplura	3	0	3	0.05	1.50	2.12	1.41	141.42
Pseudoescorpiones	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soma	1975	4281	6256					
Média	73.14815	158.5556	231.7037					
d.p.	128.67	541.77	627.00					
Unidades amostrais	36	36						

Anexo 5.4. Abundância média e coeficiente de variação (C.V) das ordens amostradas através do método de armadilhas de solo tipo Barber nas sete subáreas no entorno da Usina Termoelétrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2004 a junho de 2007.

Ordem	CAU			CCL			CPA			EUC			GRA			MCA			MCG		
	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV	média	±dp	CV
Hymenoptera**	27.26	22.33	0.82	78.25	96.15	1.23	228.00	411.72	1.81	6.54	6.41	0.98	54.13	49.52	0.91	77.49	101.19	1.31	28.33	37.37	1.32
Collembola**	36.33	53.07	1.46	60.15	121.88	2.03	69.03	111.98	1.62	3.61	3.84	1.06	23.76	23.03	0.97	22.20	22.18	1.00	19.92	26.23	1.32
Diptera**	13.19	18.49	1.40	15.00	16.22	1.08	13.00	19.91	1.53	23.87	34.59	1.45	16.11	18.35	1.14	12.06	10.02	0.83	11.81	11.41	0.97
Aranae**	9.14	5.19	0.57	9.26	6.61	0.71	10.95	9.56	0.87	5.81	11.34	1.95	15.25	14.28	0.94	7.09	5.73	0.81	7.61	7.29	0.96
Isopoda**	4.90	5.57	1.14	11.04	15.21	1.38	8.92	19.20	2.15	25.14	29.34	1.17	3.54	2.97	0.84	20.27	21.03	1.04	5.45	5.89	1.08
Colcoptera**	4.03	4.71	1.17	11.38	10.89	0.96	5.83	4.77	0.82	9.40	7.53	0.80	5.73	5.50	0.96	20.97	21.18	1.01	7.66	6.60	0.86
Acarina	11.89	16.03	1.35	9.68	11.73	1.21	2.17	1.59	0.73	2.75	4.52	1.64	10.96	18.49	1.69	5.12	2.82	0.55	5.70	7.44	1.30
larvas	3.60	3.92	1.09	10.03	15.44	1.54	2.96	2.53	0.86	2.24	1.25	0.56	15.83	35.41	2.24	2.89	3.05	1.05	10.59	22.86	2.16
Homoptera	3.88	5.23	1.35	3.07	2.39	0.78	3.59	3.69	1.03	1.27	0.59	0.47	11.41	11.03	0.97	1.93	1.16	0.60	3.00	3.26	1.09
Amphipoda	5.71	5.65	0.99	2.67	1.53	0.57	0.00	0.00	0.00	3.79	3.46	0.91	1.00	0.00	0.00	6.86	7.10	1.04	16.61	16.29	0.98
Orthoptera	3.14	2.29	0.73	3.63	3.46	0.95	4.16	3.35	0.80	2.00	2.72	1.36	2.68	2.64	0.99	3.25	1.87	0.58	3.10	3.29	1.06
Hemiptera	2.17	1.95	0.90	2.91	3.33	1.14	1.85	1.41	0.76	1.25	0.50	0.40	2.79	2.35	0.84	2.80	1.75	0.63	1.00	0.00	0.00
Opiliones	2.85	2.32	0.82	2.37	2.31	0.98	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	4.89	5.53	1.13	2.92	1.51	0.52	1.62	0.87	0.54
Diplopoda	1.50	0.85	0.57	1.42	0.51	0.36	0.00	0.00	0.00	1.63	0.74	0.46	1.75	1.45	0.83	2.00	1.26	0.63	3.90	5.88	1.51
Blattodea	1.33	0.58	0.43	1.00	0.00	0.00	2.00	1.55	0.77	1.33	0.52	0.39	1.70	0.95	0.56	1.58	1.00	0.63	1.17	0.41	0.35
Lepidoptera	1.00	0.00	0.00	1.14	0.38	0.33	1.20	0.45	0.37	1.50	0.71	0.47	2.55	2.11	0.83	1.20	0.42	0.35	1.25	0.50	0.40
Oligochaeta	1.00	0.00	0.00	2.78	1.99	0.71	2.67	2.08	0.78	1.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.50	3.00	1.20	1.00	0.00	0.00
Gastropoda	1.00	0.00	0.00	1.67	1.66	0.99	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.50	0.84	0.56
Anura	1.33	0.58	0.43	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.41	0.35	1.00	0.00	0.00
dermaptera	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.82	0.41	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Escorpiones	0.00	0.00	0.00	1.40	0.89	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00
Psocoptera	0.00	0.00	0.00	1.50	0.71	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.41	0.71	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Thysanura	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Chilopoda	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Thysanoptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.58	0.38
diplura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pseudoescorpiones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**ordens com abundância ≥ 5%.



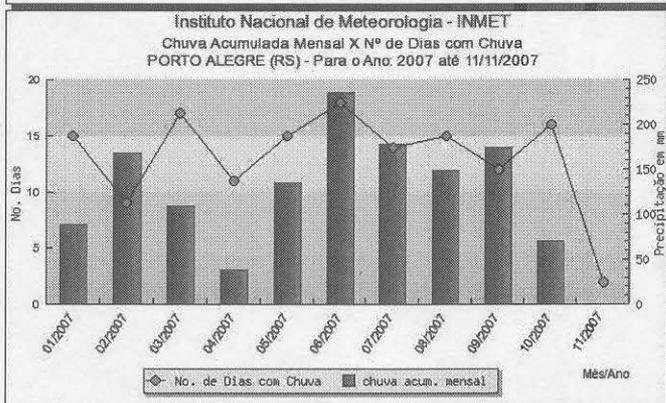
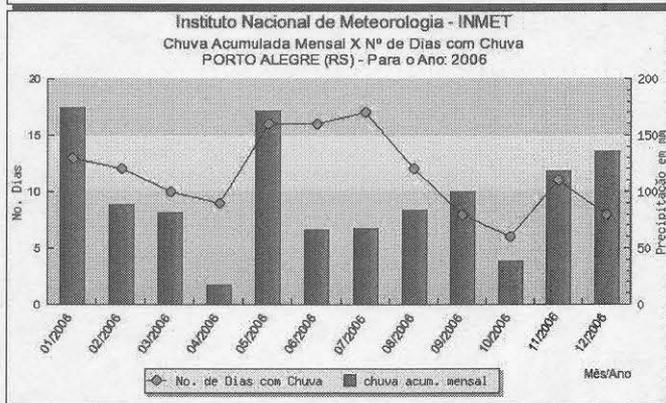
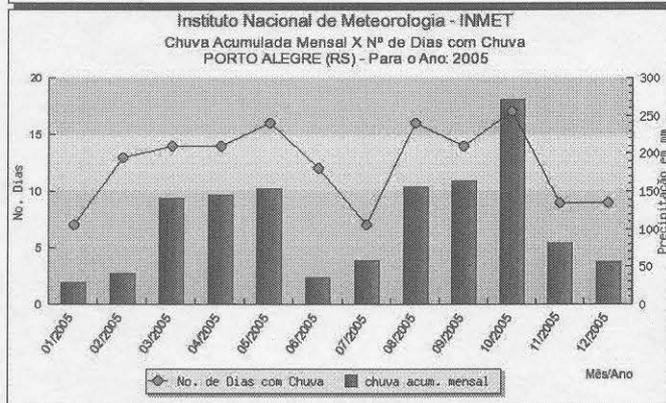
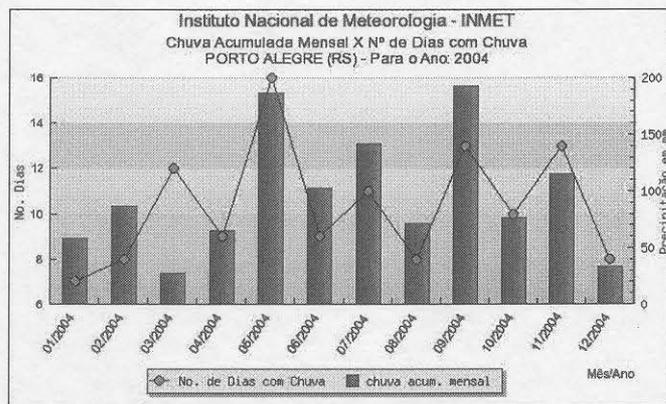
Anexo 5.5 Fotos ilustrando três subáreas no entorno da Usina Termoeletrica de São Jerônimo, Rio Grande do Sul, onde foram realizadas coletas sazonais da fauna de solo pelos métodos de amostras de solo processadas em extrator tipo Berlese-Tullgren e armadilhas de solo tipo Barber (pitfall traps) no período de agosto de 2004 a junho de 2006. a) Mata Ciliar contígua ao pousio de arroz (MCA) e ingás parcialmente submersos; b) Campo de Pousio de Arroz (CPA) inundado após longo período de chuvas no inverno de 2007, c) Campo sob cinzas leves (CCL) com sucessão de mamona em março de 2005 d) CCL em outubro de 2007.

Anexo 5.6. Índices de Diversidade encontrados em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, nas coletas da fauna de solo realizadas através do método Berlese-Tullgren no período de outubro de 2004 a agosto de 2006.

Berlese-Tullgren	2004-6	2004/5	2006
Riqueza de ordens (S)	26	18	23
Número de indivíduos (N)	94	71	110
Dominância D	0.1381	0.1435	0.1659
Diversidade Shannon (H')	2.815	2.448	2.493
Eqüidade (J)	0.864	0.847	0.7952

Anexo 5.7. Índices de Diversidade encontrados em uma área campestre do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, nas coletas da fauna de solo realizadas através do método de armadilhas de solo no período de outubro de 2004 a agosto de 2006.

Armadilha de solo	2004/6	2004/5	2006
Riqueza de ordens (S)	22	21	17
Número de indivíduos (N)	77	100	48
Dominância D	0.1793	0.2714	0.1155
Diversidade Shannon (H')	2.539	2.151	2.633
Eqüidade (J)	0.8215	0.7065	0.9292



Anexo 5.8. Variação da chuva acumulada mensal e número de dias com chuva por mês para a região de Porto Alegre durante os anos de coleta (2004, 2005, 2006 e 2007). Fonte: <http://www.inmet.gov.br/> [acesso em 11 nov 2007].