

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV**  
**PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**DAYANA DA SILVA CORREIA**

**FAUNA EDÁFICA COMO INDICADORA EM AMBIENTE**  
**RECONSTRUÍDO APÓS MINERAÇÃO DE CARVÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Pires Santos

**LAGES – SC**

**2010**

## **Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária**

Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14<sup>a</sup> Região  
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Correia, Dayana da Silva  
Fauna edáfica como indicadora em ambiente reconstruído  
após mineração de carvão. / Dayana da Silva Correia  
– Lages, 2010.  
55 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências  
Agroveterinárias / UDESC.

1. Mineração de carvão. 2. Fauna edáfica. 3. área reconstruída.  
I. Título.

CDD – 631.46

**DAYANA DA SILVA CORREIA**

**FAUNA EDÁFICA COMO INDICADORA EM AMBIENTE  
RECONSTRUÍDO APÓS MINERAÇÃO DE CARVÃO.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Aprovado em: / /2010

Homologado em: / /2010

**Banca Examinadora:**

---

**Orientador/presidente:** Dr. Julio Cesar  
Pires Santos  
(UDESC/Lages - SC)

---

Dr. Luciano Colpo Gatiboni  
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado  
em Ciência do Solo e Coordenador do  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Agrárias – UDESC/Lages – SC

---

**Membro:** PhD. Zaida Inês Antonioli  
(UFSM)

---

Dr. Adil Knackfuss Vaz  
Diretor Geral do Centro de Ciências  
Agroveterinárias – UDESC/Lages - SC

---

**Membro:** Dr. David José Miquelluti  
UDESC/Lages - SC

---

**Membro:** Dra. Mari Lúcia Campos  
UDESC/Lages - SC

Lages, Santa Catarina  
26 de Fevereiro de 2010

A minha avó Cecília, e a  
Minha mãe Anadir,  
Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e saúde e por colocar em meu caminho pessoas maravilhosas.

A minha avó Cecília meu verdadeiro porto seguro, exemplo de coragem, determinação e luta que com seu amor e carinho me deu forças para que eu seguisse sem desanimar.

A minha mãe Anadir pelo amor incondicional.

As minhas tias Magali e Simone pelo incentivo em toda minha trajetória acadêmica, pelo exemplo de persistência que temos que ter para realizar os nossos objetivos.

A todos da minha família, pela compreensão e carinho. Amo vocês!

Ao meu Orientador Julio Cesar Pires Santos “O Tchê” pela amizade, paciência (que não foi pouca), e pela imensa oportunidade de conhecer o universo da fauna do solo.

À Professora Mari Lucia Campos pelo incentivo, colaboração, amizade e por ter sido a pessoa que despertou em mim, a curiosidade e o interesse pela Ciência do Solo.

Ao Professor David José Miquelluti, pela orientação e execução das análises estatísticas. Sem dúvida, este trabalho não teria metade das conclusões se não fosse sua ajuda e boa vontade.

Aos Professores, Paulo Roberto Ernani, Paulo Cesar Cassol, Jackson Adriano Albuquerque, Osmar Klauberg Filho, Álvaro Luiz Mafra, Jaime Antonio de Almeida, Luciano Colpo Gatiboni, Cleimon Dias, João Fert Neto, Cristian Berto da Silveira, pelo ensinamento, amizade e por me proporcionarem o desafio de como bióloga pensar em sistema produtivo.

Aos meus irmãos de orientação Dennis, Janaina, Vinicius, Jacson, Guilherme, Juliano, Nicoli, Rafael e Myrcia pela grande amizade, e descontração nas horas mais difíceis e de modo especial ao irmão mais velho Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho, durante esses dois anos foi meu braço direito, me orientando em toda jornada. Sem vocês não seria possível realizar este trabalho, muitíssimo obrigado.

Aos amigos, Vitor, Douglas “Chapinha”, Jaqueline, Jovani, Cristiane, Ronaldir e demais colegas. Grandes e verdadeiros amigos, obrigado pela passagem de vocês em minha vida.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Zaida Inês Antonioli, Dr. Dilmar Baretta, Dr. David José Miquelluti e Dra. Mari Lucia Campos , pela grande contribuição científica.

Aos funcionários, Fernando, Leandro, Mario, Mauricio, Julio e demais, pela boa vontade e ajuda prestada.

A UDESC- CAV e ao Programa de Pós – Graduação em Ciências do Solo, o qual, tenho um grande apreço.

A CAPES pela bolsa concedida.

**A todos o meu “Muito Obrigado”**

## RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar, a fauna edáfica como indicadora de uma área reconstruída após mineração de carvão com diferentes tratamentos. Neste estudo, além da área reconstruída denominada de Mina do Apertado, adotamos mais dois tratamentos complementares, Campo Nativo e Mata Nativa, servido de referência. A área experimental localiza-se, em Lauro Müller-SC. O delineamento na área minerada foi de blocos ao acaso, com três repetições, com os respectivos tratamentos: (1) testemunha; (2) dregs; (3) calcário; (4) calcário+ *Brachiaria brizantha*; (5) calcário+ *Brachiaria brizantha*+ cama de aviário. Em todos os tratamentos, foram transplantadas mudas de *Pinus taeda* e de *Eucalyptus saligna* em subparcelas. O calcário dolomítico e o “dregs” foram incorporados a 10 cm de profundidade. As amostragens da fauna foram realizadas em três períodos fevereiro, junho e outubro de 2009. As coletas da fauna do solo foram realizadas a partir de duas metodologias distintas, catação manual e Funil de Berlese. O método de catação manual em monólitos de solo foi adaptado de ANDERSON E INGRAM (1993), por BARETTA et al. (2002), em que utilizou-se área de coleta de 25 x 25 cm, nas camadas de 0-10 cm de profundidade, identificando apenas organismos da macrofauna. No segundo método de extração pelo Funil de Berlese, foi utilizado um coletor constituído por cilindro com 17 cm diâmetro, coletando-se os 5cm de profundidade de solo, metodologia proposta por BARETTA (2003). Os organismos foram, contados e identificados em grandes grupos taxonômicos a nível de ordem com auxílio de microscópio estereoscópico com 40 aumentos, identificados organismos da macro e mesofauna. Todas as análises foram conduzidas usando-se os procedimentos GLM e CANDISC do software SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis System, 2003) e também o software R (R Development Core Team, 2008). Para todos os testes efetuados foi considerado o nível mínimo de significância de 5%. De forma geral observamos que não houve diferença significativa de densidade de organismos entre as áreas da Mina do Apertado. As Ordens mais abundantes na área minerada foram Hymenoptera e Acarina. A ACP demonstrou - se eficiente para estabelecer diferenças entre as áreas estudadas.

**Palavras-chave:** Mineração de carvão. Fauna edáfica e área reconstruída.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the soil fauna as an indicator of an area rebuilt after coal mining with different treatments. In this study, in addition to the reconstructed area called Mina Tight, we adopted two complementary treatments, Native and Native Forest Camp, served as a reference. The experimental area is located at Lauro Muller, SC. The design within the mined area was randomized blocks with three replications, with the respective treatments: (1) control, (2) dregs, (3) Limestone, (4) Lime + *Brachiaria brizantha*, (5) Lime + *Brachiaria brizantha* + bed aviary. All treatments were transplanted seedlings of *Pinus taeda* and *Eucalyptus saligna* in subplots. The lime and dregs were incorporated to 10 cm deep. Sampling of fauna were carried out in three periods in February, June and October 2009. Sampling of soil fauna were made from two different methodologies, manual scavenging and Berlese funnel. The method of manual scavenging in soil monoliths was adapted from Anderson and Ingram (1993), by Baretta et al. (2002) where we used the collection area of 25 x 25 cm, at 0-10 cm depth, identifying only bodies of macrofauna. The second method of extraction by a Berlese was used consisting of a collector cylinder with 17 cm diameter, collecting the 5 cm soil depth, as proposed by Baretta (2003). The organisms were counted and identified to major taxonomic groups level of order with the aid of a stereoscopic microscope with 40 magnification, identified bodies of macro-and mesofauna. All tests were conducted using the GLM and CANDISC software SAS ® (Statistical Analysis System, 2003) and also using the software R (R Development Core Team, 2008). For all tests performed was considered the minimum level of significance of 5%. Generally observed that there was no significant difference in density of organisms between the areas of Mina Tight. Orders more abundant in the area were mined Hymenoptera and Acarina. The PCA has shown to be efficient to establish differences between study areas.

**Key - words:** Coal Mining. Edafic fauna the area reconstructed.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 -	Características químicas do solo na profundidade de 0 a 10 cm nas áreas estudadas. Lauro Muller (SC), em 2009.....	30
Tabela 02 -	Valores de Cu e Zn na profundidade de 0 a 10 cm nas áreas estudadas. Lauro Muller (SC), em 2009.....	30
Tabela 03 -	Densidade (indivíduos m <sup>-2</sup> ) dos organismos da macrofauna edáfica na T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + <i>Brachiaria brizantha</i> ; T4: Calcário + <i>Brachiaria brizantha</i> + Cama –de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino).....	33
Tabela 04 -	Densidade (ind.m <sup>-2</sup> ) dos organismos da mesofauna edáfica na T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + <i>Brachiaria brizantha</i> ; T4: Calcário + <i>Brachiaria brizantha</i> + Cama –de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino).....	35
Tabela 05 -	Intervalos de confiança com 95% para as variáveis, dos índices ecológicos de diversidade de Shannon, dominância de Simpson, uniformidade de Pielou e Riqueza, referentes aos organismos da macrofauna edáfica.....	36
Tabela 06 -	Intervalos de confiança com 95% para as variáveis, dos índices ecológicos de diversidade de Shannon, dominância de Simpson, uniformidade de Pielou e Riqueza, referentes aos organismos da mesofauna edáfica.....	37
Tabela 07 -	Maiores correlações entre fatores extraídos nas análises de ACP dos grupos da macrofauna do solo e índices ecológicos.....	38
Tabela 08 -	Maiores correlações entre fatores extraídos nas análises de ACP dos grupos da macrofauna do solo e índices ecológicos.....	41

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 - Densidade total dos organismos da macrofauna do solo na Mina do Apertado com seus respectivos tratamentos iniciais T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino)..... 32
- Figura 02 - Densidade total dos organismos da mesofauna do solo na Mina do Apertado com seus respectivos tratamentos iniciais T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino)..... 34
- Figura 03 - Círculo de correlações entre os grupos da macrofauna, índices ecológicos e as variáveis intervenientes dos teores de elementos químicos do solo (A), e diagrama de ordenação, das áreas amostradas (B). Oligochaeta; Hymenoptera, Isoptera, Coleoptera, Aranea, Chilopoda, Isopoda, Heteroptera, Outros; H (Shannon), Is (Simpson), e (Pielou), Total; Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, Al: Alumínio, P: Fósforo, Na: Sódio, K: Potássio, Cu: Cobre, Zn: Zinco e MO: Matéria Orgânica; T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa..... 39
- Figura 04 - Círculo de correlações entre os grupos da mesofauna, índices ecológicos e as variáveis intervenientes dos teores de elementos químicos do solo (A), e diagrama de ordenação, das áreas amostradas (B). Oligochaeta; Hymenoptera, Isoptera, Coleoptera, Aranea, Chilopoda, Isopoda, Heteroptera, Outros; H (Shannon), Is (Simpson), e (Pielou), Total; Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, Al: Alumínio, P: Fósforo, Na: Sódio, K: Potássio, Cu: Cobre, Zn: Zinco e MO: Matéria Orgânica; T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa..... 42
- Figura 05 - Dendrograma apresentando as distâncias de ligação entre as áreas, através da abundância da macrofauna edáfica fauna, capturados com o método do monólito (TSBF). T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário; T5:

Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa..... 44

Figura 06 Dendrograma apresentando as distâncias de ligação entre as áreas, através da abundância da mesofauna edáfica, extraído com o método do Funil de Berlese. T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama -de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa..... 44

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 HISTÓRICO DA MINERAÇÃO DE CARVÃO NO BRASIL E EM SANTA CATARINA.....	15
2.2 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DO CARVÃO.....	16
2.3 PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO.....	17
2.4 PROBLEMAS AMBIENTAIS OCACIONADO PELO PROCESSO DE EXTRAÇÃO E REABILITAÇÃO DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	18
2.5 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	19
2.6 FAUNA DO SOLO.....	20
2.6.1 Funções ecológicas da fauna do solo.....	20
2.6.2 Comportamento da fauna edáfica em áreas degradadas.....	22
2.6.3 Fauna do solo como bioindicador.....	23
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
3.1 ÁREAS EXPERIMENTAIS.....	26
3.2 AMOSTRAGEM DA FAUNA EDÁFICA.....	28
3.3 ANÁLISES QUÍMICAS .....	29
3.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>

4.1 DENSIDADE.....	32
4.1.1 Densidade da macrofauna do solo (método de monólito).....	32
4.1.2 Densidade da mesofauna do solo (Funil de Berlese).....	33
4.2 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	38
4.3 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO PARA FAUNA EDÁFICA.....	43
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>45</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A extração do carvão mineral é uma atividade de grande importância para a economia nacional, correspondendo a 2/3 da energia não renovável no país (CAMPOS, 2003). As maiores reservas, de carvão mineral do Brasil estão localizadas nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. De acordo SANCHEZ & FORMOSO (1990 apud, CAMPOS, 2003) Santa Catarina dispõe de reservas de 4,3 bilhões de toneladas, o que corresponde a 13% do total do país. A bacia carbonífera catarinense constitui uma faixa de aproximadamente 100 km de comprimento e largura média de 20 km, entre a Serra Geral a Oeste e o maciço granítico da Serra do Mar a Leste, onde se desenvolveram importantes centros de mineração de carvão, especialmente nos municípios de Criciúma, Araranguá, Lauro Müller, Siderópolis e Urussanga (BELOLLI et al., 2002).

Do ponto de vista ambiental, a mineração de carvão resulta em processos que fragilizam o ambiente, alterando as características originais do solo, sendo uma das práticas de maior degradação ambiental na região Sul de Santa Catarina. Desta forma a legislação ambiental estabelece projetos de recuperação das áreas mineradas que deve seguir as normas da resolução 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A recuperação de áreas de mineração de carvão a céu aberto implica na utilização dos solos naturais e materiais litológicos sobrejacentes às camadas de carvão para a reposição da paisagem e construção dos solos, visando reconstituir a qualidade e a capacidade produtiva original do solo onde deverá ser novamente estabelecida uma vegetação de cobertura.

Nas camadas litológicas sobrejacentes ao carvão, é comum encontrar materiais que não são utilizados para fins econômicos e são denominados de rejeitos ou estéreis. Entre estas matérias, destaca-se a pirita ( $\text{FeS}_2$ ), quando exposto a condições oxidantes, desencadeia fortes reações de acidificação nos solos.

Embora ainda não existam na legislação diagnósticos precisos na reconstrução de áreas mineradas, pesquisas buscam diferentes alternativas e inovações para um melhor processo da recuperação de áreas reconstruídas.

As características de um solo, bem como a sua qualidade, podem ser determinadas pelos organismos nele presentes. Essa interferência pode ser clara em processos tais como a

decomposição ou fixação de nitrogênio, ou menos óbvias, como no caso da textura e da estrutura do solo ou capacidade de retenção de água (PANKHURST & LYNCH, 1994). Praticamente são inexistentes dados na literatura relacionados à diversidade da fauna edáfica sob áreas reconstruídas após a mineração de carvão.

O uso de indicadores biológicos associados a outros fatores ambientais que refletem adequadamente as condições do habitat em estudo torna-se extremamente útil FOWLER, (1998), pois atuam antecipando eventos, o que permite a intervenção no momento adequado. Fatores desse tipo podem ser encontrados na fauna, pois o retorno de diversos animais nas áreas em recuperação acontece de forma gradativa. FOWLER (1998), afirma que, embora a contribuição da fauna à reabilitação de ambientes degradados ainda precise ser mais bem pesquisado no Brasil, alguns organismos podem ter grande utilidade como bioindicadores, fornecendo informações sobre a situação do ambiente. Nesse sentido, o conhecimento da composição da comunidade no ambiente edáfico e as alterações que esta comunidade sofre em função da intervenção poderá dar subsídios aos programas que visam à reabilitação de áreas mineradas a céu aberto na região sul de Santa Catarina.

Diante deste contexto elaboramos as seguintes hipóteses: a comunidade da fauna edáfica é influenciada pelos diferentes tratamentos na área reconstruída após mineração de carvão. O presente estudo objetivou avaliar a fauna edáfica como indicadora de recuperação uma área reconstruída após mineração de carvão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 HISTÓRICO DA MINERAÇÃO DE CARVÃO NO BRASIL E EM SANTA CATARINA

A mineração de carvão no Brasil exerce um papel importante do ponto de vista econômico, contribuindo indiretamente com 60% do Produto Interno Bruto (PIB) no país LOPES, (1998). O carvão mineral constitui dois terços dos recursos energéticos não renováveis do Brasil, sendo suas reservas 20 vezes maiores do que as reservas de petróleo e 75 vezes maiores que as reservas de gás natural. A maioria das reservas de carvão mineral do Brasil está localizada nos Estados do Rio Grande do Sul (86,5 % do total) e Santa Catarina (13,2 % do total), totalizando 99,7 % do País (SANCHEZ & FORMOSO, 1990 apud, CAMPOS, 2003).

No Brasil, a descoberta do carvão mineral data de 1795 e, a partir desta época, pesquisadores estrangeiros desenvolveram trabalhos analíticos pioneiros sobre o carvão brasileiro, por meio do envio de amostras para o exterior (MÜLLER et al., 1987).

O período anterior a 1ª Guerra Mundial, não representou grande impulso para a mineração de carvão. Somente, após 1939 é que houve uma política voltada à extração de carvão nacional. O carvão assumiu posição de destaque no cenário nacional, em virtude de suas características metalúrgicas, após instalação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) no ano de 1945. Em 1980 houve incremento significativo na pesquisa relacionada aos diversos programas de desenvolvimento do Setor Carbonífero (MÜLLER et al., 1987).

As reservas de carvão passíveis de serem mineradas a céu aberto no Brasil, são da ordem de 1 bilhão de toneladas, com uma camada de cobertura de estéril que cobre o minério de até 50 metros. A tecnologia empregada está atualizada com o estado da arte do setor e o carvão bruto apresenta um poder calorífico baixo, da ordem de 3200 kcal/kg e 53% de teor de cinzas, em base seca (CRM, 2004).

Em 1970 ocorreu uma crise energética, colocando em risco a economia nacional empregando a execução de um Plano Energético Federal proposto a impulsionar a retomada e a ampliação das atividades de mineração de carvão, que passou a constituir alternativas que



considerassem atentamente a demanda energética da região Sul do país (NOER, 1989; SCHNEIDER et al., 2000; NUNES, 2002).

A partir de 1986, a falta de uma política consolidada para esta atividade, levou a diminuição da produção de carvão em Santa Catarina. Em 1990 o governo liberou as importações devido a sua importância energética, mas em virtude à qualidade inferior do carvão catarinense, com teores elevados de enxofre (2% a 4%) e cinzas (40% a 60%), o produto perdeu o mercado e a produção nacional de carvão metalúrgico foi paralisada, sendo mantida apenas a do carvão energético (CETEM, 2002).

Em 2000 houve uma redução devido aos reservatórios das hidrelétricas nacionais terem readquirido seu nível de segurança, desta forma minimizando a formação de termoeletricidade a carvão mineral em 28% no Brasil (DNPM, 2005)

Com a ampliação da Usina Jorge Lacerda IV em 1997, ocorreu aumento na produção de carvão, gerando um rendimento de 35% na produção em relação ao ano anterior. Em 2000, foram criados dois programas governamentais: o Programa Nacional de Incentivo ao Uso do Carvão para Fins Energéticos, com objetivo de ampliar a utilização do carvão e a recuperar áreas carboníferas degradadas; e o Programa Prioritário de Termoeletricidade 2000-2003 (CETEM, 2002).

## 2.2 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DO CARVÃO

A mineração do carvão no Brasil segue dois métodos de extração deles: métodos de lavra subterrânea e de lavra a céu aberto. A escolha do método depende das condições geológicas locais e da profundidade do carvão mineral (KOPPE & COSTA, 2002).

O método a céu aberto envolve a remoção da cobertura vegetal e de todo material sobrejacente a camada de carvão, antes da sua extração. A escolha de um método adequado a mineração a céu aberto requer um sistema de remoção da cobertura vegetal, considerando que este processo demanda investimento e custos operacionais elevados, e consiste no propósito de extrair o máximo de carvão a um custo mínimo e ao mesmo tempo minimizando o impacto ambiental causado pela mineração (KOPPE & COSTA, 2002).

O método de lavra subterrânea é feita através de câmaras e pilares e de caimento do teto (KOPPE & COSTA, 2002). Consiste na utilização de explosivos, e remoção em separado das camadas de solo superficial e substrato sobrejacente as camadas de carvão de formações sedimentares- denominadas de camada estéril- que recobrem as camadas de carvão, as quais devem ser retiradas e dispostas em pilhas separadas, possibilitando a retirada do carvão, que

será lavrado posteriormente. Este método é o mais utilizado na produção de carvão em Santa Catarina.

### 2.3 PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO

Estudos voltados à recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão, ainda são insuficientes em relação a sua intensa exploração. Na região carbonífera de Santa Catarina, alguns trabalhos vêm sendo realizados tendo em vista o monitoramento da recuperação destas áreas, principalmente aquelas submetidas à mineração a céu aberto.

O processo de recuperação das áreas mineradas propõe recompor a paisagem alterada durante a extração mineral, proporcionando ao solo e ao ambiente a aptidão de retornar a um nível de recomposição semelhante às condições iniciais, proporcionando ao solo possíveis condições de capacidade produtiva original. Práticas de recuperação em curto prazo estão inclusas como controle da erosão, correção dos níveis de fertilidade e revegetação. Em médio prazo, os processos de erosão já devem ser inexistentes, dando início ao surgimento da vegetação e reestruturação das propriedades físicas e biológicas com o estabelecimento da fauna. Em longo prazo a área em recuperação deverá atingir o equilíbrio das características naturais do ambiente, podendo ser usadas futuramente (BUGIN, 2002). Para que ocorra a recuperação das áreas mineradas a céu aberto é necessário que a recomposição dos solos reconstruídos, seja adequadamente processados e mantidos através de medidas de conservação e preservação.

Os processos de reabilitação e recomposição topográfica da paisagem da área de mineração são originários de camada de solo superficiais a partir do horizonte A, que posteriormente ocorre mistura dos horizontes B e C, o material estéril que resulta de uma mistura heterogênea de materiais com litologias e graus de intemperização variados. Esta composição forma o solo construído, que deverá proporcionar condições para o desenvolvimento da vegetação (PINTO, 1999).

Esses solos construídos têm seus perfis constituídos por uma sucessão de camadas de espessura variável, diferenciadas entre si pela coloração, normalmente com transições abruptas e onduladas (KÄMPF et al., 2000).

O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) apresenta vários planos de reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão, e definindo como áreas legalmente aceitas. Estes planos estarão submetidos órgãos de fiscalização ambiental, sujeitos à deferimento ou indeferimento de um projeto de recuperação de área degradada.

Este plano sendo deferido segue as seguintes etapas: (1) a remoção do solum no sentido perpendicular ao corte, para estocagem em local pré-determinado; (2) a retirada do regolito argiloso e camadas sobrejacentes ao carvão no sentido do espaço criado pelo corte para último recobrimento; (3) após a retirada do carvão, preenchimento da cava com o “estéril” piritoso e o arenito; (4) recobrimento do estéril reposto com parte do regolito argiloso proveniente do corte adjacente; (5) reposição do solum previamente estocado sobre o corte já preenchido e recoberto; (6) conformação e drenagem do terreno, e (7) plantio, e ou, semeadura de espécies vegetais para fixação do solo (CAMPOS et al., 2003).

Segundo KOPEZINSKI (2000), um adequado estabelecimento de cobertura vegetal poderá auxiliar na correção da reabilitação, selecionando espécies que tenham capacidade para crescer rapidamente, proteger e enriquecer o solo, abrigar e alimentar a fauna, recompor a paisagem e restabelecer o regime hídrico.

Uma reconstrução deficiente do solo de áreas degradadas foi registrada na Mina do Apertado. O problema provavelmente deve-se disposição inadequada dos materiais e resíduos da mineração utilizados, e os impactos negativos ocorridos nas propriedades físicas e químicas do solo reconstruído (CAMPOS et al., 2003).

Os processos de construção de um solo devem ser avaliados, para que se possa evitar a contaminação das camadas superficiais do solo construído com os resíduos do carvão e para que sejam determinadas as influências destes processos sobre os atributos físicos dos mesmos (CAMPOS et al., 2003).

O êxito da recuperação de áreas degradadas resulta de análises pontuais dos processos evolutivos das áreas assegurando a reabilitação do solo nas características químicas, físicas e biológicas após sua reconstrução, estabelecendo suporte às condições ambientais e produtivas do solo.

## 2.4 PROBLEMAS AMBIENTAIS OCACIONADOS PELO PROCESSO DE EXTRAÇÃO E REABILITAÇÃO DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO

Devido aos diferentes processos de lavras e de construção utilizados pelas mineradoras, aos altos custos operacionais e às dificuldades de fiscalização, observa-se na prática que a maioria das áreas construídas encontra-se em avançado estágio de degradação (MAÇANEIRO, 2001). Os fatores limitantes à recuperação destas áreas é a deposição inadequada dos resíduos sólidos (estéreis e rejeitos) ocasionado pela mistura de camadas e horizontes, contaminação das camadas superficiais com o resíduo piritoso do carvão, que

contém minerais sulfetados que propiciam a formação de drenagens ácidas, reduzindo o pH, dissolvendo metais e tornando a água imprópria para o consumo humano e a para produção agropecuária. Segundo STAHL et al. (2002), dentre os impactos causados pelo processo de extração, pode-se citar a perda completa da vegetação da superfície do solo, a destruição da estrutura do solo e a eliminação do habitat dos organismos do solo, expulsando a fauna existente no local. Com isso, são necessários que sejam enfatizados na avaliação os efeitos dos impactos provocados nessas áreas de mineração.

## 2.5 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Em 1989, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), lançou a resolução 001/86, regulamentada pela lei 6.038, que definiu os empreendimentos passíveis de licenciamento ambiental e instituiu a exigência de licenciamento de projetos, incluindo projetos em áreas de mineração fazendo necessário a apresentação de EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental).

O exercício da atividade mineradora é dependente de três instrumentos específicos de controle do Poder Público no que se refere aos riscos potenciais de danos ao meio ambiente resultantes da extração: o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA), o Licenciamento Ambiental (LA) e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) (LOPES, 2000).

CAMPOS et al. (2003), porém, consideram que o tratamento legal dispensado pela legislação brasileira para esta finalidade é deficiente devendo ser aprimorado. Desta forma os planos de extração de carvão e reabilitação da área a ser minerada também devem constar no projeto de mineração, pois é obrigatória a reabilitação das áreas degradadas conforme regulamentado pelo decreto número 97.632 de 10 de abril de 1989.

A Constituição Federal em seu artigo 225, promulgado em 5 de outubro de 1988, diz que “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com consolidação técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei” (LOPES, 2000).

O decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, que regulamentou a Lei no 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Esse decreto estabelece a finalidade dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD, nos seguintes termos: “A recuperação deverá ter por objetivo o retorno

do sitio degradado a uma forma de utilização de acordo com um plano pré – estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”.

Embora ainda não existam, na legislação, diagnósticos mais precisos na reconstrução de áreas mineradas, pesquisas buscam diferentes alternativas e inovações para um melhor progresso destas áreas recuperadas.

## 2.6 FAUNA DO SOLO

### 2.6.1 Funções ecológicas da fauna do solo

A maior parte da biodiversidade mundial, a qual é estimada em 5 a 80 milhões de espécies, são compostos por invertebrados, dentre os quais os organismos mais bem representados são os artrópodes, mais especificamente, insetos. Grande parte dos insetos terrestres passa pelo menos uma fase do seu ciclo no solo, integrando, a comunidade edáfica (GILLER, 1996), que é representada por quase todas as classes ou ordens conhecidas de invertebrados (CORREIA & OLIVEIRA, 2000).

Os organismos que compõem a fauna do solo possuem ampla variação quanto ao diâmetro e tamanho (AQUINO, 2005). Existem diferentes formas de classificar a biota do solo. O tamanho corporal é o critério mais utilizado, pois apresenta alguma relação com o tamanho do tubo digestivo e do aparelho bucal. Aspectos como a mobilidade, hábito alimentar e função que desempenham no solo também são levados em consideração. A classificação mais utilizada abrange a separação da fauna edáfica a partir de seu diâmetro ou comprimento: microfauna (<0,2 mm), mesofauna (0,2 - 2,0 mm) e macrofauna (>2,0 mm) (SWIFT et al., 1979). Outra classificação refere-se à funcionalidade da fauna do solo, a qual então é dividida em: engenheiros do ecossistema, decompositores e micropredadores (LAVELLE et al., 1995).

A microfauna é representada principalmente pelos protozoários e nematóides, inclui organismos aquáticos e que vivem associados ao filme de água no solo. Apresenta indiretamente um importante papel na regulação da ciclagem de nutrientes por meio de ingestão de bactérias e fungos (MELO et. al., 2009).

A mesofauna engloba organismos com funcionalidade alimentar diferentes, entre elas o consumo de microrganismos, regulando suas populações, fragmentação da serapilheira e processos de decomposição e inclui, por exemplo, os grupos Acarina, Collembola, Enchytraeidea e Symphyla (BARETTA, 2007). Acari e collembola se destacam em

abundância e diversidade, no grupo da mesofauna, sendo que os ácaros atuam como predadores, controlando a população de outros organismos no solo especialmente a microbiota, já os colêmbolos são pouco estudados no Brasil, mas exercem importante função detritívora, contribuindo para a decomposição da matéria orgânica e o controle das populações de microrganismos e fungos (MELO et al., 2009).

A macrofauna inclui organismos edáficos visíveis a olho nu, e são representados pelas minhocas (Oligochaeta), aranhas (Araneae), besouros (Coleopteros), centopéias (Diplopoda), cupins (Isoptera), escorpiões (Scorpiones), formigas (Hymenoptera), grilos (Orthoptera), percevejos (Heteroptera), larvas e outros organismos menos frequentes. Estes organismos exercem as mais variadas funções, modificando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (SWIFT et al., 1979). Também são chamados de “engenheiros do solo” por atuarem no funcionamento, formação e estruturação do solo. Os grupos como os cupins, besouros, formigas e minhocas têm mesmas funções dos detritívoros, fragmentando o material vegetal e facilitando a ação decompositora dos microrganismos. Além disso, agem como um componente essencial no processo de ciclagem de nutrientes nos ecossistemas, e sua atuação na dinâmica da decomposição da matéria orgânica, influenciam vários níveis da cadeia trófica (NÜSSLEIN & TIEDJE 1999).

Insetos que vivem em colônias são chamados de insetos sociais e no solo são bem representados pelos cupins e formigas. Os cupins se alimentam de material vegetal celulósico, acelerando a decomposição e a reciclagem dos nutrientes minerais retidos na matéria morta, apresentam também simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (MELO et al., 2009). Na física do solo os cupins atuam na formação de tuneis, agregados e aumentando a aeração, drenagem, infiltração e porosidade. As formigas constituem um dos grupos de invertebrados mais importantes na pirâmide do fluxo de energia, apresentam uma grande diversidade, têm varias funções ecológicas, atuando como predadores, detritívoros, fitófagos e cultivadores de fungo. Apresentam alta capacidade de colonizar ambientes terrestres que oferecem poucos recursos nutricionais, e ambientes que apresentam ações antrópicas como, por exemplo, queimadas (BARETTA et al., 2003) e áreas de minas a céu aberto (MELO et al., 2009). O conhecimento da fauna e suas relações ecológicas são importantes, tanto para a avaliação da qualidade do solo, seja ela de origem química, física e biológica, como para o entendimento de sua funcionalidade no sistema solo serapilheira.

## 2.6.2 Comportamento da fauna edáfica em áreas degradadas

A população de organismos do solo está na dependência direta dos fatores ambientais que, quando são predominantemente favoráveis, a população aumenta; ao contrário, a população diminui (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Segundo TOPP et al. (2001) a fauna do solo melhora as propriedades físicas e químicas do solo em áreas submetidas a processos de recuperação. Esta melhoria depende de como a fauna do solo coloniza o substrato, sua taxa de sobrevivência e sua capacidade de manter altas densidades no solo. Fontes de matéria orgânica, com diferentes espécies de plantas utilizadas na recomposição, possuem diferentes atributos químicos e físicos, e servem de alimento, para espécies saprófagas (ZIMMER & TOPP, 1998). Organismos capazes de ocupar e reproduzir-se no estágio inicial da recuperação são chamados oportunistas (DECAËNS et al., 2005)

Existem diferentes tipos de sucessão e também diferentes estudos em processos sucessionais (CONNEL & SLATYER, 1977). A sucessão primária se inicia no ponto zero de instalação biótica de uma área que nunca foi um habitat biótico e não mostra formação de solo. Assim empresas que realizam a mineração a céu aberto oferecem uma chance única de estudos de sucessões primárias artificiais (DUNGER, 1991).

A sucessão primária apresenta metas as quais devem ser seguidas: a primeira meta tende a esclarecer o desgaste abiótico e a imigração biótica no material rochoso que foi trazido ao ar livre (CLEMENTS, 1928), consistindo na seleção do biótopo, na regulação biocenótica e do biótipo e, finalmente, desenvolvendo um novo ecossistema. A segunda é obter informações na auto-ecologia, na sinecologia e no comportamento energético de certas espécies ou de comunidades. Uma idéia é que o nicho ecológico ocupado por uma espécie se tornará mais estável até que chegue ao estágio de clímax (DOREAU, 1986). A terceira se refere à econômica: a função da fauna do solo, especialmente os artrópodes, no processo de reabilitação das áreas e na utilização destes organismos como indicadores de estágios e/ou tendências de evolução da área (BAIRLEIN et al., 1989).

Nas fases iniciais da sucessão primária, altas densidades populacionais de Collembola, Diptera e Coleoptera são encontradas (DUNGER, 1968, 1989; TOPP et al, 2001). Espécies de minhocas (Oligochaeta) e piolho de cobra (Diplopoda) são conhecidas como colonizadores de áreas em recuperação, durante a segunda ou terceira fase de sucessão (TOPP et al., 1992; DWORSCHAK, 1997; TOPP et al., 2001).

Espécies que são típicas da primeira fase da sucessão primária são adaptadas a condições ambientais extremas e assim mantêm suas chances de sobrevivência, mesmo sob condições adversas (GEMESI & TOPP, 1992). Espécies que normalmente invadem as áreas em recuperação durante a última fase de sucessão (por exemplo, minhocas endogêicas), geralmente não têm qualidades adaptativas necessárias para enfrentar ambientes extremos (TOPP et al., 2001).

OLIVEIRA et al. (2008) em um estudo de diagnóstico dos níveis de recuperação de áreas com o uso de grupos de invertebrados, concluíram que, após três anos a colonização da área experimental pela macrofauna estava acontecendo, lentamente, indicando que a biocenose estava evoluindo para a elevação da diversidade de grupos e riqueza de espécies de Collembola e Formicidae, juntamente com o processo sucessional da vegetação.

### 2.6.3 Fauna do solo como bioindicador

A qualidade do solo está relacionada ao seu funcionamento, observado pelos indicadores químicos, físicos e, de mais difícil mensuração, os biológicos (SCHIMTZ et al., 2003).

Os organismos possuem diferentes capacidades de resistir a mudanças em seu nicho ecológico. Esta resistência tem como limites extremos as zonas de tolerância fisiológicas (SCHUBERT, 1991). A tolerância fisiológica de um indivíduo as mudanças no seu nicho ecológico mostra seu valor como indicador de uma situação abiótica. Esta indicação, tanto dos fatores abióticos quanto bióticos de um nicho ecológico, é conhecida com bioindicação (RABE, 1982). Neste sentido, a degradação biológica se manifesta pelas alterações das inter-relações dos organismos aos processos do solo, caso ocorra alguma perturbação, como a queima da vegetação, a aplicação excessiva de fertilizantes e/ou biocidas (AZEVEDO, 2004), área em processo de recuperação após a extração de carvão a céu aberto.

Bioindicadores devem ser definidos como organismos ou comunidades bastante sensíveis e que reajam às alterações na estrutura de um ecossistema, modificando suas funções vitais e/ou sua composição química e com isso, forneçam informações sobre a situação ambiental caracterizando inclusive a qualidade da cobertura do solo (SCHUBERT, 1991; LIMA et al., 2003; MALUCHE et al., 2003; CORDEIRO et al., 2004; JULIÃO et al., 2005 & FARINHA, 2006).

A fauna do solo reflete o funcionamento do ecossistema devido a sua associação aos processos do sistema serapilheira - solo e sua grande sensibilidade às modificações ambientais



(CORREIA & PINHEIRO, 1999). A degradação ambiental faz com que os insetos edáficos sofram declínios populacionais, uma vez que a diferença estrutural dos recursos causa interrupção no seu ciclo de vida, pela alteração da qualidade do solo e dos microhabitats (KIMBERLING et al., 2001).

Insetos menores são mais sensíveis, diminuindo ou até mesmo desaparecendo após uma perturbação (BROWN, 1997), este autor afirma também que espécies das ordens Orthoptera, Hemiptera, Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera e Coleoptera constituem um dos mais importantes bioindicadores. Estas ordens de insetos contêm subgrupos importantes adaptados para testar níveis de poluição, redução de predadores, aumento de plantas invasoras e inibição da decomposição.

Monoculturas de Pinus e Eucaliptos, apesar de sua importância econômica, também resultam em efeitos negativos devido à baixa diversidade de produtos vegetais, (VALLEJO et al., 1987). Devido à relação organismo-ambiente FERREIRA & MARQUES, (1998), afirmaram, após levantamento de campo, que grande parte das espécies de artrópodes ocorre na área de mata quando comparado a uma área de eucalipto. Isto possivelmente deva-se ao eucalipto apresentar dossel descontínuo, intensa radiação solar, maior temperatura e uma serapilheira pobre. No mesmo estudo as ordens Psocoptera e Thysanoptera foram mais abundantes na área de eucalipto, já em contrapartida, as ordens Hymenoptera, Hemiptera, Coleoptera e Embioptera ocorreram exclusivamente na serapilheira da mata.

Dentro dos Amphipoda, a família Talitridae, é a única com representantes verdadeiramente terrestres pertencente à família *Talitroide topitotum*, distribuída por todo o planeta, geralmente associada a ambientes com plantas não-nativas (ALVAREZ et al., 2000), havendo indícios de que sua propagação está relacionada à cultura desordenada de *Eucalyptus* spp. (LOPES & MASUNARI, 2004).

Os cupins são bastante utilizados como indicadores de contaminação química, devido à acumulação de metais pesados (FILHO, 1995). Em florestas contínuas, cupins geófagos e subterrâneos são dominantes por serem sensíveis às variações microclimáticas, já em fragmentos florestais são importantes como decompositores de serapilheira e intermediários de geófagos e xilófagos (SOUZA & BROWN, 1994).

A exemplo de organismos da ordem Isoptera, Coleoptera (carabeídeos) indicam a poluição de metais no solo (PAOLETTI et al., 1991). Dentro da família Carabidae há espécies generalistas que toleram as perturbações ambientais devido ao hábito alimentar, como *Amara* sp. e *Harpalus* sp., conhecidas por consumirem gramíneas e sementes (KIMBERLING et al., 2001). A sensibilidade de Collembola, para metais pesados tem sido objeto de recentes

investigações, apontando a herdabilidade de resistência nas populações submetidos a longo prazo a contaminação do solo (POSTHUMA, 1990; POSTHUMA et al., 1993; TRANVIKE al., 1994; CHAUVAT & PONGE, 2002).

As formigas, família Formicidae, são o grupo taxonômico dominante na maioria dos ecossistemas, estando presentes nos mais diferentes habitats. Sua riqueza de espécies está correlacionada com o tipo e a variedade da vegetação, sendo que o aumento na complexidade da vegetação garante aumento na sua diversidade ( DIEHL-FLEIG et al., 1998; SOARES et al., 2001).

Os insetos da ordem Hemiptera são suscetíveis a produtos químicos sendo bons indicadores de vários distúrbios em cultivos. Indivíduos da família Miridae são os principais organismos que ocorrem em condições adversas, portanto são importantes na estabilidade do ecossistema (FAUVEL, 1999). Os dípteros do solo desempenham papel significativo na decomposição de matéria orgânica, sendo as famílias mais abundantes do solo Cecidomyiidae, Chironomidae e Sciaridae (FROUZ, 1999).

Os Enchytraeidae, organismos pertencente à classe Oligochaeta, dominantes em ecossistemas de turfa, perfazem 75% do total de biomassa e são encontrados com certa frequência em solos ácidos (WAN, 1993; COLE et al., 2002). Eles têm sido amplamente estudados em sistemas florestais e são considerados úteis indicadores de efeitos antropogênicos (CORTET et al., 1999; WAN & J.RO, 2001; KAPUSTA et al., 2003).

Qualquer que seja a abordagem de estudo da comunidade de organismos edáficos, é necessário um especialista na taxonomia do grupo em questão para perceber o efeito da interferência antrópica no ecossistema (LINDEM et al., 1994). Além de muitos grupos de invertebrados edáficos serem pouco estudados, especialmente em regiões tropicais, os taxonomistas de fauna do solo são hoje incipientes no Brasil (STORK & EGGLETON, 1992).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREAS EXPERIMENTAIS

O estudo foi conduzido no Distrito de Guatá, pertencente ao município de Lauro Müller (SC), em área reconstruída após mineração, denominada Mina do Apertado (coordenadas geográficas 28°20'S e 49°20' W). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo mesotérmico úmido com verão quente (Cfa), com precipitação e temperatura média anual de 1.400 mm e 19 °C.

A área da Mina do Apertado teve o solo reconstruído após a mineração de carvão. Este solo reconstruído apresenta degradação intensa, erosão hídrica e cobertura vegetal incipiente, mesmo tendo transcorrido 12 anos da sua reconstrução. Na sua reconstrução foram utilizados solo e subsolo de um morro vizinho à área, que foi decapeado. A área reconstruída vem servindo de base experimental para estudos científicos sobre a variabilidade espacial de propriedades químicas e físicas do solo (CAMPOS, 2000), do efeito da calagem e da adubação orgânica nas propriedades químicas e no estabelecimento de gramíneas (MAÇANEIRO, 2001), propriedades biológicas (MENDONÇA, 2002) e avaliação de atributos químicos e necessidade de calcário para a elevação do pH do solo, no período de 2001 e 2005 (LUNARDI NETO, 2006).

Em Fevereiro de 2001, foi iniciado o manejo do solo para a implantação do experimento, com escarificação, remoção manual de pedras para fora da área, e incorporação parcial de corretivos, seguida de gradagem para incorporação final de corretivo de acidez (LUNARDI NETO, 2008). Em novembro deste mesmo ano foram aplicados os tratamentos. O aporte de cama de aves constou de dose única (6 Mg ha<sup>-1</sup> de peso seco) e a quantidade de calcário baseado no valor de (H+Al) foi na dose de 25 Mg ha<sup>-1</sup>, PRNT 100 %. As testemunhas foram mantidas sem nenhum tipo de adubação. Na instalação do experimento, em toda a área, o solo foi suplementado com P, K e N nas quantidades de 110 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 110 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 66 kg ha<sup>-1</sup> de N, com base na recomendação oficial. A gramínea foi semeada a lanço na dose de 6,0 kg ha<sup>-1</sup>. A *Brachiaria brizantha* foi a espécie escolhida porque apresentou a melhor capacidade de rebrote entre *Brachiaria brizantha*, *Setaria anceps*,

*Axonopus sp.*, e *Paspalum saurea* (MAÇANEIRO, 2001).

Foi transplantado eucalipto em toda a área do experimento, num espaçamento de 1,5 x 2,5 m, sendo adicionado mais 40 g de calcário por cova. Apesar dos tratamentos com adubos minerais, orgânicos e a calagem, o eucalipto não apresentou crescimento adequado, provavelmente por restrições físicas e químicas do solo ainda existentes. Em função disso, em agosto de 2004 os tratamentos foram reaplicados, introduzindo-se um tratamento adicional com a aplicação de Dregs<sup>1</sup>, um resíduo alcalino da indústria de celulose, geralmente descartado em aterros sanitários e, portanto, de baixo custo para uso agrícola nas regiões próximas às indústrias de papel e celulose. O Dregs foi utilizado como corretivo de acidez do solo, porém cabe informar que este resíduo apresenta elevado conteúdo de óxidos de cálcio e altas quantidades de sódio em sua constituição, o que pode facilitar a dispersão de argila (WALDEMAR & HERRERA, 1986).

A calagem foi efetuada para elevar o pH a 6,0 segundo o método do SMP (CQFS - RS/SC, 2004), com quantidade de 0,150 Mg por parcela, equivalente a 13 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, com PRNT 100 %, espalhado manualmente. Para o Dregs, a dosagem foi equivalente, efetuando-se a correção para umidade (0,24 kg kg<sup>-1</sup>), em dose de 0,225 Mg por parcela. A cama-de-aves foi aplicada na dosagem de 9 Mg ha<sup>-1</sup> em base seca (dosagem maior que a do experimento anterior).

Em agosto de 2004, em todos os tratamentos, exceto na testemunha, aplicaram-se a lanço e sem incorporação doses de N, P e K correspondentes a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia, 110 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo e 110 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio (KCl). Nos tratamentos correspondentes semeou-se a *Brachiaria brizantha*, na dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, sem incorporação.

Em outubro de 2004 foram transplantadas mudas de *Pinus taeda* e *Eucalyptus saligna*, em todos os tratamentos, em covas de 0,2 x 0,2 x 0,2 m. Em cada cova adicionaram-se 72 g de calcário, 0,44 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O e 0,2 g de N. Nas parcelas contendo Dregs, misturou-se na cova 108 g do produto. Em todas as covas houve a homogeneização do adubo e do corretivo com o solo. Utilizou-se o espaçamento de 1,5 m entre plantas x 2,5 m entre fileiras, totalizando 30 mudas/parcela, sendo 15 de *Pinus* e 15 de *Eucalyptus*.

---

<sup>1</sup> O Dregs é um material sólido de cor escura, sedimentado e removido na clarificação do licor verde. Tem sua formação pronunciada na queima do licor negro no processo de recuperação dos licores residuais gerados no polpamento da madeira. Este material, após o tanque clarificador de licor verde passa ao tanque adensador e é enviado para um filtro tipo tambor para posterior descarte (do inglês Dregs: resíduo, refugo, sedimento).

Em dezembro de 2004 foram feitas capinas de coroamento ao redor das mudas transplantadas, assim como o corte da parte aérea das gramíneas, devido ao seu intenso estabelecimento inicial (permanecendo no local a massa vegetal cortada). Na mesma data, também foi aplicado 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, na forma de uréia, sem incorporação.

Desta forma, a área do experimento foi sendo alterado, constituindo-se atualmente em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, as parcelas com dimensões de 12,5 x 9 m, sendo: Testemunha (T1); Calcário (T2); Calcário + *Brachiaria brizantha* (T3); Calcário + *Brachiaria brizantha* + cama de aviário (T4); Dregs (T5); Campo Nativo (CN); Mata Nativa (MN).

Para a realização deste estudo em 2009 foram realizadas coletas de fauna edáfica nesta área reconstruída e para efeito de comparação, foram amostradas área de campo nativo (CN) e mata nativa (MN), localizadas em áreas adjacentes à área experimental. A área considerada como campo nativo é composta por espécies de gramíneas, leguminosas com predominância de capim-limão do gênero *Cymbopogon* e pega- pega do gênero *Desmodium* e outras espécies nativas ou naturalizadas após a retirada da mata em anos anteriores. A área de mata nativa é um pequeno remanescente de (Floresta Tropical Atlântica) Floresta Estacional Semidecidual existente na região, constitui de uma vegetação típica do bioma da Mata Atlântica.

### 3.2 AMOSTRAGEM DA FAUNA EDÁFICA.

As amostragens da fauna do solo foram realizadas em três épocas, sendo a primeira em 20/03/2009, a segunda em 24/07/2009 e a terceira coleta foi realizada em 21/11/2009.

A coleta da fauna do solo foi realizada a partir de duas metodologias distintas. O primeiro método é constituído de monólito de solos (TSBF), metodologia proposta por ANDERSON & INGRAM (1993) que utiliza uma área de 25 x 25 cm nas camadas de 0-10 cm de profundidade, identificando os organismos da macrofauna (maior de 2mm) que foram manualmente extraídos. O segundo método utilizado foi um coletor constituído por cilindro com 17 cm diâmetro, coletando-se os 5cm de profundidade de solo, metodologia proposta por BARETTA (2003), onde foram identificados organismos da mesofauna (menor de 2mm), as amostras foram colocadas nos funis de Berlese, como descrito por SOUTHWOOD, (1968) e adaptado por BARZOTTO et al. (2005), tendo em sua base um recipiente de plástico com cerca de 150 mL de uma solução de álcool 30 %. Acima dos funis, lâmpadas de 25 W foram acesas. As amostras permaneceram no extrator por um período de 72 horas. Após este período o conteúdo de cada frasco proveniente dos extratores foi analisado individualmente,

em placas de Petri. Todos os organismos foram classificados em nível de ordem com auxílio de microscópio estereoscópico com 40 aumentos.

Em cada época de amostragem foi coletada uma amostra de monólitos e uma de cilindro em cada parcela da área reconstruída, totalizando-se 30 amostras por época de coleta. Nas áreas de Campo Nativo e Mata Nativo, as coletas foram realizadas somente na última época, seis repetições em cada área, totalizando-se 12 amostras.

### 3.3 ANÁLISES QUÍMICAS

Para as análises químicas as amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, usando um trado tipo holandês, retirando-se três amostras em cada tratamento, nos mesmos pontos da amostragem do monólito e do cilindro.

Os atributos químicos analisados foram pH em água, pH SMP, Ca, Mg, Al, P, Na, K, Matéria orgânica (MO) (Tabela 1) e teores de Cu e Zn (Tabela 2). Os teores de Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com solução neutra de KCl mol L<sup>-1</sup>, Zn e Cu foram extraídos com HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Para determinação de Ca, Mg, Zn e Cu foi a partir de espectrofotometria de absorção atômica por atomização de chama e o Al por titulometria de neutralização com NaOH. Na e K e P foram extraídos por Mehlich-1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> + HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>). A determinação de Na e K foi realizada por fotometria de emissão atômica e P por fotocolometria. Essas análises seguiram o protocolo descrito por TESDESCO (1995).

Para a determinação do limite de detecção (LDQ) do Cu e Zn em espectrometria de absorção atômica foram realizadas oito provas em branco. Para calcular o LDQ foram utilizados as equações onde LDQ é limite de detecção qualitativa, M é a média, Dp é o desvio padrão e o valor fixo de 3,0 que o coeficiente de Kayser, LDQM é o limite de detecção qualitativa do método e Fd é o fator de diluição das amostras (APHA, 2005).

Limite de Detecção Instrumental

$$LDQ = M \pm (3 \times Dp)$$

$$LDQM = LDQ \times Fd$$

Tabela 1 - Características químicas do solo na profundidade de 0 a 10 cm nas áreas estudadas. Lauro Muller (SC), em 2009.

Áreas	pH	pH	Ca	Mg	Al	P	Na	K	MO
	(H <sub>2</sub> O)	(SMP)							
T1	3,8	4,2	2,3	1,5	5,9	5,1	35	79	1,2
T2	6,7	6,9	10,1	5,4	0	9,7	63	116	1,3
T3	6,1	6,8	9,8	5,3	0	5,7	50	124	1,4
T4	6,5	6,9	10,4	5,5	0	12,4	54	156	1,8
T5	6,9	6,9	15,8	1,8	0	3,1	58	116	1,2
T6	3,5	3,6	0,9	0,8	11,5	6,4	46	84	4,9
T7	3,9	4,3	2,8	0,8	6,6	2,6	42	62	3,8

T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário+*Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama-de-aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); T6: Campo Nativo (CN) e T7: MATA.

Tabela 2 - Valores de Cu e Zn na profundidade de 0 a 10 cm nas áreas estudadas. Lauro Muller (SC), em 2009.

Áreas	Cu	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>	
Testemunha	0,5	1,4
Calcário	< LQD	0,8
Calcário + <i>Brachiaria brizantha</i>	< LQD	1,9
Calcário + <i>Brachiaria brizantha</i> + Cama - de - aviário	< LQD	0,8
Dregs	< LQD	3,0
Campo Nativo	1,1	4,9
Mata Nativa	0,5	3,0

### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS.

A abundância da fauna do solo nas diferentes áreas foi avaliada pelos índices de diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (*e*). O índice de diversidade de Shannon foi obtido pela relação ( $H = -\sum p_i \log p_i$ ), onde:  $p_i = n_i/N$ ;  $n_i$  = densidade de cada grupo, N = número total de grupos. O índice de dominância Simpson é dado pela relação ( $I_s = 1/L$ ), sendo  $L = \sum n_i (n_i - 1) / (N(N - 1))$ ;  $n_i$  = número indivíduos do grupo “i”, N = somatório da densidade de todos os grupos. O índice de uniformidade de Pielou é calculado com base na relação ( $e = H / \log n^\circ$  de grupos). As análises estatísticas foram conduzidas a partir dos dados de todas as unidades experimentais incluídas nos tratamentos estudados, de acordo com o delineamento experimental e esquema amostral utilizados. As comparações referentes às variáveis índice de diversidade de Shannon (H), índice de dominância de Simpson (Is), índice de uniformidade de Pielou (*e*) e riqueza foram

implementadas adotando-se um modelo linear univariado de análise de variância (LITTEL; FREUND; SPECTOR, 1991; LITTEL et al, 2006). As comparações entre os efeitos dos diferentes tratamentos sobre cada uma dessas variáveis foram efetuadas através do uso de intervalos de confiança (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Também foram feitas Análises de Componentes Principais (PCA) com o propósito de identificar os fatores predominantes para suas densidades com as variáveis intervenientes químicas do solo e comparar as comunidades dos invertebrados nas sete áreas de coletas. A abundância da fauna do solo nas diferentes áreas foi analisada pela análise multivariada de agrupamento (Cluster) por ligação completa (vizinho mais distantes). Para isso foi tomando a distância mediana entre o número de indivíduos capturados (ou por m<sup>2</sup>) de cada grupo ou classe taxonômica como medida de similaridade das épocas e metodologias de coleta. Todas as análises foram conduzidas usando-se os procedimentos GLM e CANDISC do software SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis System, 2003) e também se utilizando o software R (R Development Core Team, 2008). Para todos os testes efetuados foi considerado o nível mínimo de significância de 5%.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DENSIDADE

#### 4.1.1 Densidade da macrofauna do solo (método de monólito)

A densidade total dos organismos do solo foi realizada apenas para as amostras coletadas no experimento da Mina do Apertado, não se verificando diferenças significativas entre os tratamentos.

A densidade total da macrofauna edáfica durante os três períodos de coleta, março, julho e novembro foi de 22.562 indivíduos, distribuídos em 7 grupos taxonômicos, dentro das diferentes áreas do experimentos da Mina do Apertado, (T1) Testemunha (1088 ind m<sup>2</sup>), (T2) Calcário (2800 ind m<sup>2</sup>), (T3) Calcário + *Brachiaria brizantha* (3472 indivíduos m<sup>2</sup>), (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário ( 9136 indivíduos m<sup>2</sup>) e (T5) Dregs (6066 indivíduos m<sup>2</sup>), porém, as diferenças não foram significativas entre os tipos de áreas do experimento (Figura 1).

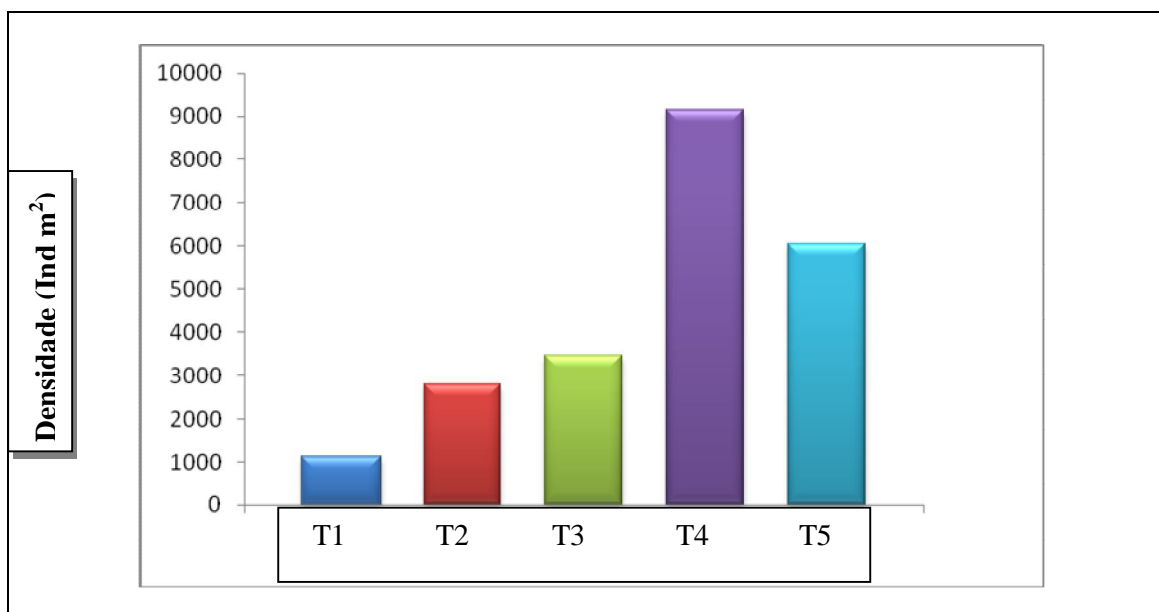


Figura 1 - Densidade total dos organismos da macrofauna do solo na Mina do Apertado com seus respectivos tratamentos iniciais T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino).

Os grupos taxonômicos, identificados nas áreas em ordem decrescente de densidade, foram: Hymenoptera, Oligochaeta, Isopoda, Coleoptera, Heteroptera e Diptera (Tabela 3). A densidade máxima foi observada na área (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário (571 indivíduos m<sup>-2</sup>), enquanto a densidade mínima foi observada na área (T1) Testemunha (68 indivíduos m<sup>-2</sup>) (Tabela 3) e (Figura 1). Os grupos Hymenoptera e Oligochaeta foram os grupos predominantes nas cinco áreas amostradas; os Hymenoptera dominaram o total dos invertebrados capturados, com densidades mais altas nas áreas de (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário (466 indivíduos m<sup>-2</sup>) e (T5) Dregs (319 indivíduos. m<sup>-2</sup>) (Tabela 3). Silva et al. (2007) observaram resultados semelhantes, com predominância do grupo Hymenoptera, em áreas de mucuna e milho no sistema plantio direto, onde este grupo representou 57,3% da densidade total. Embora suas densidades não tenham apresentado diferenças significativas entre as áreas amostradas, observou-se que as Oligochaetas foram mais abundantes na (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário (64 indivíduos m<sup>-2</sup>), seguida pela (T3) Calcário + *Brachiaria brizantha* (52 indivíduos m<sup>-2</sup>) (Tabela 3). Os demais organismos apresentaram baixa densidade o que reflete em uma área reconstruída de forma bastante desuniforme e deficiente.

Tabela 3 - Densidade (indivíduos m<sup>-2</sup>) dos organismos da macrofauna edáfica na T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino).

<b>Ordens dos grupos da macrofauna</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>Oligochaeta</b>	23	28	52	64	22
<b>Hymenoptera</b>	18	100	135	466	319
<b>Coleoptera</b>	4	1	13	5	2
<b>Araneae</b>	5	3	1	3	5
<b>Isopoda</b>	13	37	9	23	22
<b>Heteroptera</b>	1	2	4	4	4
<b>Diptera</b>	0	3	1	4	3
<b>Outros</b>	4	1	2	2	2
<b>TOTAL</b>	68	175	217	571	379

#### 4.1.2 Densidade da mesofauna do solo (Funil de Berlese)

A densidade total da mesofauna edáfica durante os três períodos de coleta, março, julho e novembro foi de 58.127 indivíduos, distribuídos em 7 grupos taxonômicos, seguida pela (T1) Testemunha (12064 indivíduos m<sup>-2</sup>), (T2) Calcário (16256 indivíduos m<sup>-2</sup>), (T3)

Calcário + *Brachiaria brizantha* (8192 indivíduos  $m^{-2}$ ), (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário ( 7871 indivíduos  $m^{-2}$ ) e (T5) Dregs (13744 indivíduos  $m^{-2}$ ), porém, também sem diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 2).

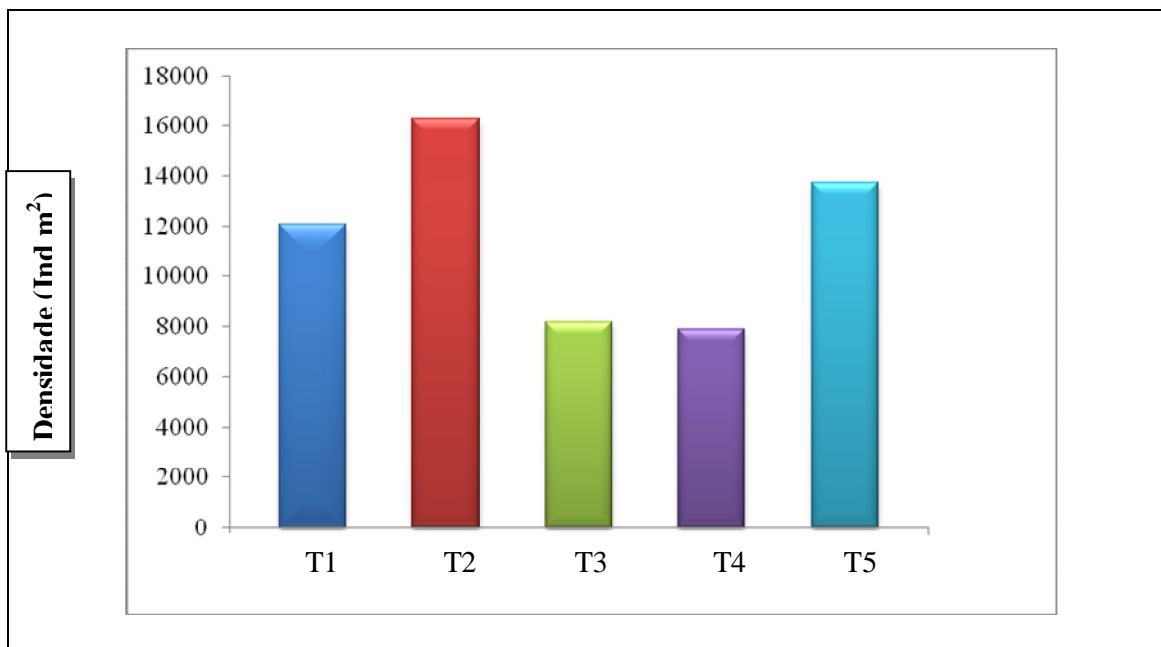


Figura 2 - Densidade total dos organismos da mesofauna do solo na Mina do Apertado com seus respectivos tratamentos iniciais T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino).

Os grupos taxonômicos da mesofauna edáfica, identificados nos tratamentos em ordem decrescente de densidade total, foram: Acarina, Hymenoptera, Collembola, Enchytraeidea, Dermaptera, Diptera, Coleoptera e Araneae (Tabela 4). A densidade máxima foi observada no tratamento (T2) Calcário (1016 indivíduos  $m^{-2}$ ), enquanto a densidade mínima foi observada na área, (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário (492 indivíduos  $m^{-2}$ ) dados estes observados na Tabela 4 e Figura 2. Os grupos, Acarina e Hymenoptera foram os predominantes nas áreas amostradas da Mina do Apertado; os Hymenoptera dominaram o total dos invertebrados capturados nas cinco áreas, com densidades mais altas nas áreas de (T2) Calcário (546 indivíduos  $m^{-2}$ ) (Tabela 4). Sem apresentar diferenças significativas entre as áreas, o grupo Collembola demonstrou uma alta densidade em todas as áreas amostradas. A densidade de Enchytraeidea também não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos; porém observou-se que o grupo foi mais abundante na (T3) Calcário + *Brachiaria brizantha* (53 indivíduos  $m^{-2}$ ) e (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário (46 indivíduos  $m^{-2}$ ) (Tabela 4).

Tabela 4 - Densidade (ind.m<sup>-2</sup>) dos organismos da mesofauna edáfica na T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino).

<b>Ordens dos grupos da mesofauna</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>Collembola</b>	92	174	198	196	91
<b>Acarina</b>	573	232	170	132	247
<b>Hymenoptera</b>	50	546	51	79	487
<b>Coleoptera</b>	4	7	9	7	3
<b>Enchytraeidea</b>	18	32	53	46	10
<b>Araneae</b>	1	4	4	2	2
<b>Diptera</b>	9	19	26	25	19
<b>Outros</b>	7	2	1	5	0
<b>TOTAL</b>	754	1016	512	492	859

Nas tabelas 5 e 6 são apresentadas as diferenças entre áreas e os respectivos intervalos de confiança com 95% para as variáveis dos índices ecológicos de diversidade de Shannon, dominância de Simpson, uniformidade de Pielou e Riqueza, referentes aos organismos da macrofauna e mesofauna edáfica.

Os organismos da macrofauna edáfica (Tabela 5), pode-se observar que houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre as áreas analisadas. Calcário + *Brachiaria brizantha* (T3); Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama- de -aviário (T4) e Dregs (T5), apresentaram menores valores em relação à (MT) Mata, quanto à variável de diversidade de Shannon (H), índice que leva em consideração o número das espécies, as espécies dominantes e a equitatividade. Sendo que a (MT) Mata constituindo-se um habitat mais propício ao desenvolvimento de organismos mais especializados a estas condições, fator este não encontrados na área reconstruída Mina do Apertado com pouco teor de matéria orgânica e material vegetal incipiente para o melhor desenvolvimento de diferentes organismos. Na variável de dominância de Simpson (Is), (T1) testemunha apresentou maiores valores diferindo-se de (T3) Calcário + *Brachiaria brizantha*, (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário e (T5) Dregs, Simpson é um índice de dominância e reflete a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie, quanto mais alto for, maior a probabilidade de os indivíduos serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor a diversidade, é importante salientar a diferença, pois demonstrando certa aptidão das áreas da Mina do Apertado que receberam adubação e conseqüentemente apresentando maior disponibilidade de nutrientes. Quanto à variável uniformidade de Pielou ( $e$ ), índice de equabilidade, onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são

igualmente abundantes (T1) Testemunha diferiu com maiores valores em relação as áreas de (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário e(T5) Dregs. Observa-se que T4 apresentou menores valores se diferenciando da Mata, quanto às variáveis (H), (Is) e (e) (Tabela 5). É importante evidenciar que a área (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário, foi o único tratamento que recebeu adubação orgânica. Para EDWARDS & LOFTY, (1982), adubos orgânicos podem ter efeito benéfico sobre a fauna, pois além de aportarem nutrientes ao solo, representam também fonte alimentar adicional a fauna do solo (KLADIVKO & TIMMENGA, 1990; ALVES, 2008). Quanto à variável riqueza (MT) Mata se diferenciou em relação das áreas (T1)testemunha, (T3)Calcário + *Brachiaria brizantha*, (T5) Dregs (Tabela 5).

Tabela 5 - Intervalos de confiança com 95% para as variáveis, dos índices ecológicos de diversidade de Shannon, dominância de Simpson, uniformidade de Pielou e Riqueza, referentes aos organismos da macrofauna edáfica.

Intervalo de Confiança (95%)					
Tratamentos	Shannon	Simpson	Pielou	Riqueza	
T1 - MT	-0,75	-0,2	-0,4	-3,58	*
T1 - CN	-0,61	-0,18	-0,28	-2,91	
T1 - T2	-0,38	-0,04	-0,08	-1,98	
T1 - T3	-0,19	0,04 *	-0,06	-1,42	
T1 - T4	-0,2	0,06 *	0,26 *	-2,2	
T1 - T5	-0,22	0,05 *	0,15 *	-1,86	
T2 - MT	-0,75	-0,35	-0,77	-2,91	
T2 - CN	-0,61	-0,34	-0,65	-2,24	
T2 - T3	-0,2	-0,11	-0,43	-0,75	
T2 - T4	-0,2	-0,09	-0,11	-1,53	
T2 - T5	-0,22	-0,1	-0,22	-1,2	
T3 - MT	-0,94 *	-0,45	-0,8	-3,46 *	
T3 - CN	-0,8	-0,43	-0,63	-2,8	
T3 - T4	-0,39	-0,18	-0,13	-2,09	
T3 - T5	-0,41	-0,2	-0,24	-1,75	
T4 - MT	-0,93 *	-0,47	-1,12 *	-2,69	
T4 - CN	-0,79	-0,45	-1	-2,02	
T4 - T5	-0,4	-0,21	-0,57	-0,98	
T5 - MT	-0,92 *	-0,45	-1,01	-3,02 *	
T5 - CN	-0,77	-0,44	-0,89	-2,35	
CN - MT	-0,33	-0,23	-0,44	-0,94	

T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de –aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa. (\*): Significativo a 5%.

Tabela 6 - Intervalos de confiança com 95% para as variáveis, dos índices ecológicos de diversidade de Shannon, dominância de Simpson, uniformidade de Pielou e Riqueza, referentes aos organismos da mesofauna edáfica.

Intervalo de Confiança (95%)				
Tratamentos	Shannon	Simpson	Pielou	Riqueza
T1 - MT	-0,74 *	-0,3	-0,42	-5,66 *
T1 - CN	-0,55	-0,24	-0,22	-5,82 *
T1 - T2	-0,44	-0,19	-0,45	-2,11
T1 - T3	-0,62	-0,28	-0,59	-2,78
T1 - T4	-0,6	-0,25	-0,46	-3,56
T1 - T5	-0,5	-0,25	-0,49	-2,45
T2 - MT	-0,62	-0,26	-0,32	-5,32 *
T2 - CN	-0,43	-0,2	-0,12	-5,49 *
T2 - T3	-0,5	-0,24	-0,49	-2,45
T2 - T4	-0,48	-0,21	-0,36	-3,22
T2 - T5	-0,38	-0,21	-0,39	-2,11
T3 - MT	-0,43	-0,17	-0,18	-4,66 *
T3 - CN	-0,24	-0,11	0,14 *	-4,84 *
T3 - T4	-0,02	-0,12	-0,22	-2,56
T3 - T5	-0,2	-0,12	-0,25	-1,45
T4 - MT	-0,46	-0,2	-0,31	-3,88
T4 - CN	-0,27	-0,15	-0,11	-4,05 *
T4 - T5	-0,22	-0,14	-0,38	-0,67
T5 - MT	-0,55	-0,2	-0,28	-4,99 *
T5 - CN	-0,37	-0,14	-0,08	-5,16 *
CN - MT	-0,58	-0,25	-0,62	-2,01

T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama -de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa. (\*): Significativo a 5%.

Para os organismos da mesofauna edáfica, (Tabela 6) houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre as áreas (T1) testemunha e (MT) Mata quanto à variável diversidade de Shannon. Para a dominância de Simpson os tratamentos não se diferenciaram entre si. (T3) Calcário + *Brachiaria brizantha* e (CN) Campo Nativo se diferiram na variável de uniformidade de Pielou. Quanto à variável de Riqueza todas as áreas da Mina do apertado representadas por (T1, T2, T3, T4, T5) diferiram das áreas de (MT) Mata e (CN) Campo nativo estes valores pode estar relacionado ao método de extração Funil de Berlese que nos permite totalizar e identificar organismos da mesofauna (0,2-2,0 mm) como, por exemplo, Araneae, Acarina e Collembola. Estes organismos possuem diferentes estratégias alimentares e diferentes funções nos processos do solo- serapilheira. Suas funções principais, estão no processo de decomposição, regulação da população microbiana e fragmentação do material vegetal. BARETTA, et al., (2003) verificou dominância de Acarina e Collembola em áreas de Pinus,

seguida de Campo Nativo, Campo Nativo Queimado e Mata Nativa. SAUTTER & TREVISAN,(1994) verificando a população de Oribatei (Acari: Cryptostigmata) e Collembola (Insecta), em três solos plantados com *Pinus taeda*, concluíram que estes organismos apareceram em maior número no solo sob maior camada de serapilheira o que corrobora os resultados aqui apresentados. No entanto a densidade e a diversidade de Acarina é maior em relação ao Collembola. A densidade colêmbolos no solo é variável, depende da umidade e da espessura do horizonte orgânico.

#### 4.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de coordenadas principais (ACP), realizada com os dados de densidade dos principais grupos da macrofauna edáfica, revelou que o dois fatores explicaram 64,52% da variabilidade total dos dados, que foram 41,01% e 23,51% pelo primeiro e segundo fatores, respectivamente (Tabela 7). O fator 1 foi influenciado, principalmente, pelos grupos Hymenoptera e Isopoda que apresentaram autovetores positivos (Figura 1 A e B). O fator 2 foi influenciado pelos grupos Heteroptera, Isoptera, Chilopoda e de uma forma mais limitada Hymenoptera , com autovetores positivos. Oligochaeta e Araneae também contribuíram com o fator 2, porém, com autovetores negativos (Tabela 7) e (Figura 3 A e B).

Tabela 7 - Maiores correlações entre fatores extraídos nas análises de ACP dos grupos da macrofauna do solo e índices ecológicos.

<b>Grupos da macrofauna e índices ecológicos</b>	<b>Factor 1 (41,01%)</b>	<b>Factor 2 (23,51%)</b>
<b>Oligochaeta</b>	-0,06	-0,39
<b>Hymenoptera</b>	<b>0,38</b>	<b>0,12</b>
<b>Isoptera</b>	-0,24	<b>0,36</b>
<b>Coleoptera</b>	-0,26	0,03
<b>Araneae</b>	-0,01	-0,21
<b>Chilopoda</b>	-0,26	<b>0,28</b>
<b>Isopoda</b>	<b>0,25</b>	-0,19
<b>Heteroptera</b>	-0,2	<b>0,42</b>
<b>Diptera</b>	0,04	-0,39
<b>Outros</b>	-0,05	0,04
<b>Total</b>	0,37	0,13
<b>Riqueza</b>	-0,25	0,04
<b>H (Shannon)</b>	-0,23	-0,32
<b>Is (Simpson)</b>	-0,36	-0,15
<b>e ( Pielou)</b>	-0,18	-0,18
<b>Indivíduos m<sup>2</sup></b>	0,37	0,13

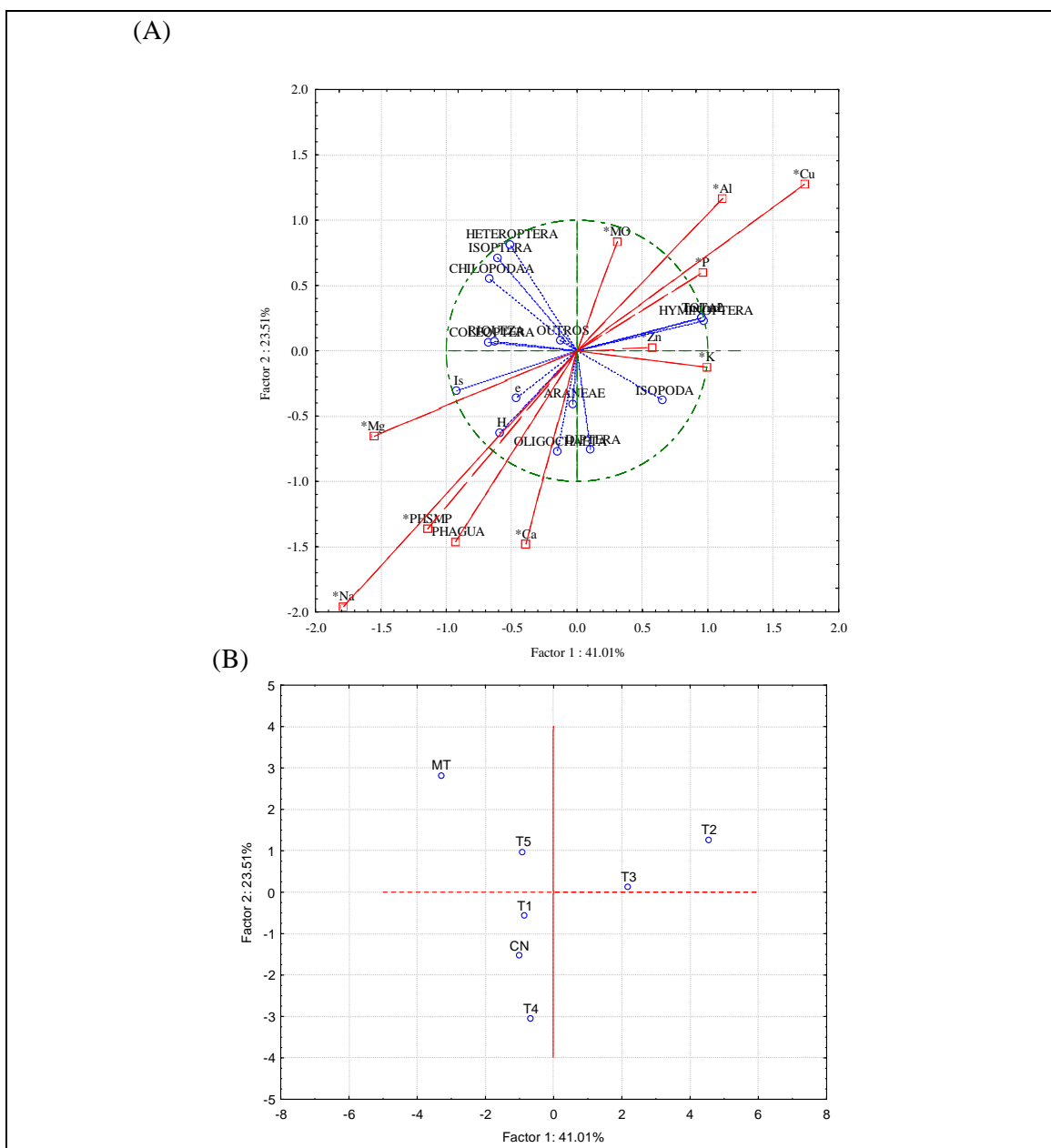


Figura 3 - Círculo de correlações entre os grupos da macrofauna, índices ecológicos e as variáveis intervenientes dos teores de elementos químicos do solo (A), e diagrama de ordenação, das áreas amostradas (B). Oligochaeta; Hymenoptera, Isoptera, Coleoptera, Araneae, Chilopoda, Isopoda, Heteroptera, Outros; H (Shannon), Is (Simpson), e (Pielou), Total; Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, Al: Alumínio, P: Fósforo, Na: Sódio, K: Potássio, Cu: Cobre, Zn: Zinco e MO: Matéria Orgânica; T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa.



Na ordenação em relação ao fator 1, (Figura 3 A), observa-se que os grupos Oligochaeta e Araneae estão presente em maior densidade nas áreas de (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama-de -aviário; e (CN) Campo Nativo. Pela ordenação dos pontos, em relação ao fator 2, demonstrou que a área de Mata Nativa, apresentou maior diversidade, entre eles os grupos da macrofauna Heteroptera, Isoptera e Chilopoda. Para ALTERI,(1993) a menor interferência antrópicas nesta área de Mata Nativa deve ter favorecido a presença desses grupos, uma vez que Heteroptera e Chilopoda são reconhecidos como grupos predadores ou responsáveis pela fragmentação da matéria orgânica e apresentam-se como indicadores sensíveis da qualidade do solo (LAVELLE & SPAIN, 2001), sendo que, ocorrem somente em condições propícias e com maior riqueza de alimentos, pois o cultivo afeta a biodiversidade e conseqüentemente a oferta de alimento. A presença do grupo taxonômico Isoptera na Mata Nativa pode estar associada ao maior aporte de matéria orgânica, o que explica que a qualidade do material orgânico, que é determinado entre outros aspectos, pela diversidade vegetal, que oferece condições propícias ao desenvolvimento deste grupo, pois são animais que se alimentam de raízes que possuem maior teor de celulose, sendo estes capazes de desenvolverem relações mutualísticas com a microflora que habita seu trato digestivo, facilitando a digestão (LAVELLE, 1994). Devido a capacidade de liberar ou receber íons  $H^+$ , a matéria orgânica oferece resistência às modificações do pH do solo, fato este observado na (Figura 3 A), em que sua alta reatividade, regula a disponibilidade de vários micronutrientes essenciais ( $Cu^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ , entre outros), bem como a atividade de metais pesados e de elementos fitotóxicos, como a do  $Al^{+3}$  (SILVA et. al, 2004). As áreas, (T2) Calcário e (T3) Calcário + *Brachiaria brizantha*, apresentaram abundância com os indivíduos Hymenoptera e Isopoda, a presença de Hymenoptera mostra que são solos mais perturbados, pois este grupo apresenta grande plasticidade quanto à adaptação às condições ambientais (FOWLER, 1998). São capazes de modificar a estrutura física do solo pela criação de galerias, influenciando na porosidade, aeração, infiltração e drenagem do solo (LAVELLE & SPAIN, 2001). Além desse, o grupo Isopoda que apresenta em evidencia nestes tratamentos, são organismos saprófagos e estão envolvidos no processo de decomposição (CAMERON & LAPOINT, 1978; HASSALL et al., 1987), aumentando a reciclagem de nutrientes essenciais, que têm uma grande importância para a manutenção da fertilidade do solo (HOPKINK & MARTIN, 1982; VAN STRAALLEN & VERWEIJ, 1991), e sua nutrição é dependente da atividade dos microrganismos (ZIMMER & TOPP 1997a, b, 1998).

Para os dados de densidade dos principais grupos da mesofauna edáfica, também foi realizado a análise de coordenadas principais (ACP), revelou que o dois fatores (Tabela 8),

explicaram 74,95 % da variabilidade total dos dados, o fator 1 explicou 52,04 % da variância e foi influenciado, pelos grupos Coleoptera, Collembola, Araneae e Acarina, que apresentaram autovetores positivos (Figura 4 A). O fator 2 explicou 22,91 % da variância sendo predominante as densidades de Symphyla, Collembola e de uma maneira mais reduzida Coleoptera, apresentando outovetores positivos (Figura 4 A). Diptera também contribuiu com o fator 2, porém, com autovetores negativos (Tabela 8) e (Figura 1 A e B).

Tabela 8 - Maiores correlações entre fatores extraídos na análises de ACP dos grupos da macrofauna do solo e índices ecológicos.

<b>Grupo da mesofauna e índices ecológicos</b>	<b>Factor 1 (52,04%)</b>	<b>Factor 2 (22,91%)</b>
<b>Collembola</b>	0,32	0,16
<b>Acarina</b>	0,28	-0,29
<b>Hymenoptera</b>	0,2	-0,31
<b>Coleoptera</b>	0,34	0,11
<b>Enchytreidae</b>	-0,26	-0,03
<b>Araneae</b>	0,31	-0,17
<b>Diptera</b>	-0,06	-0,27
<b>Symphyla</b>	0,24	0,36
<b>Outros</b>	0,27	0,32
<b>Total</b>	0,3	-0,26
<b>Riqueza</b>	0,28	0,21
<b>H (Shannon)</b>	0,15	0,4
<b>Is (Simpson)</b>	-0,06	0,28
<b>e (Pielou)</b>	-0,25	0,15
<b>Indivíduos m<sup>2</sup></b>	0,3	-0,26

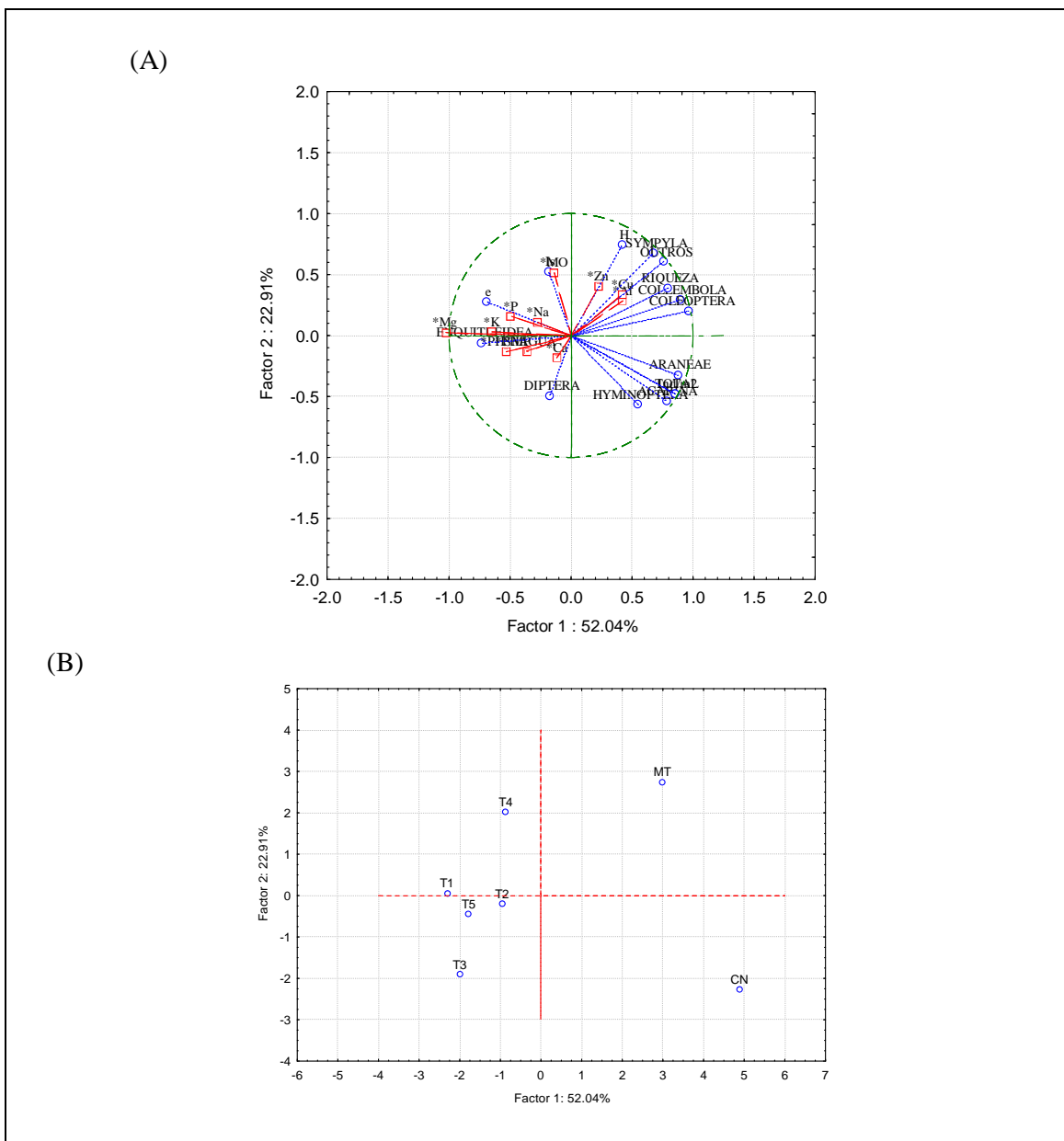


Figura 4 - Círculo de correlações entre os grupos da mesofauna, índices ecológicos e as variáveis intervenientes dos teores de elementos químicos do solo (A), e diagrama de ordenação, das áreas amostradas (B). Oligochaeta; Hymenoptera, Isoptera, Coleoptera, Aranea, Chilopoda, Isopoda, Heteroptera, Outros; H (Shannon), Is (Simpson), e Pielou), Total; Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, Al: Alumínio, P: Fósforo, Na: Sódio, K: Potássio, Cu: Cobre, Zn: Zinco e MO: Matéria Orgânica; T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama -de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa.

Na ordenação em relação ao fator 1, observa-se que o grupo Diptera está associado ao tratamento (T5) Dregs (Figura 4 A). Pela ordenação dos pontos, em relação ao fator 2 (Figura 4 A), demonstrou que a área de (MT) Mata Nativa, apresentou maior diversidade, entre eles os grupos da mesofauna sobretudo nos grupos Symphyla, Coleoptera e Collembola, este último, é utilizado como bioindicador de distúrbios e modificações ambientais, bem como da qualidade do solo (SAUTTER & SANTOS, 1991; CULIK; SOUSA; VENTURA, 2002; PONGE et al., 2003; CUTZ- POLL et al., 2007; BARETTA et al., 2009). O maior conteúdo de matéria orgânica na Mata Nativa pode ter contribuído para o melhor desenvolvimento desses grupos que utilizam resíduos vegetais para se alimentar, o que implica dizer que a presença maciça de animais predadores e saprófagos, foi favorecida, pela diversificação encontrada neste tratamento. Dados encontrados por PIMENTEL (2005), sob um solo de Pastagem apresentando forte associação entre os grupos, Symphyla, Coleoptera e Heteroptera, devido ao material disposto nesta área e teor de matéria orgânica propício ao desenvolvimento destes grupos.

#### 4.3 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO PARA FAUNA EDÁFICA

Na análise de agrupamento para as áreas em relação à (abundância) da macrofauna edáfica, utilizando o método de monólito de solo, evidenciou-se similaridade entre as áreas (CN) Campo Nativo e (MT) Mata Nativa, formando um agrupamento separado das demais áreas. As áreas (T5) Dregs e (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário também apresentaram similaridade. A (T1) Testemunha foi à área que apresentou maior distância de ligação em relação às demais áreas (Figura 5).

Para a metodologia do Funil de Berlese, evidenciou-se similaridade entre as áreas (MT) Mata Nativa e (T2) Calcário. As áreas (T1) Testemunha e (T4) Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama –de -aviário também apresentaram similaridade entre si e maior distância de ligação em relação às demais áreas (Figura 6).

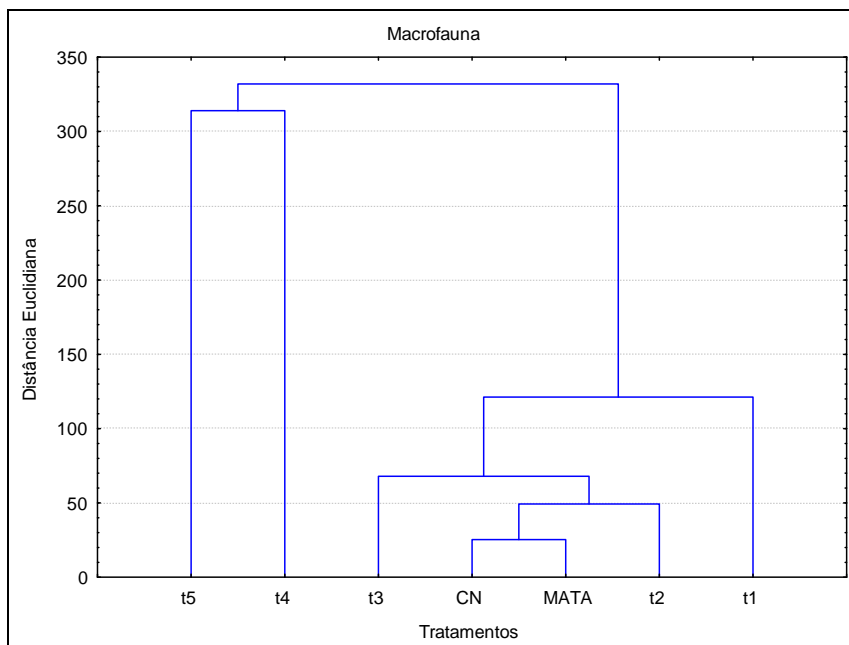


Figura 5.- Dendrograma apresentando as distâncias de ligação entre as áreas, através da abundância da macrofauna edáfica fauna, capturados com o método do monólito (TSBF). T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama -de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa.

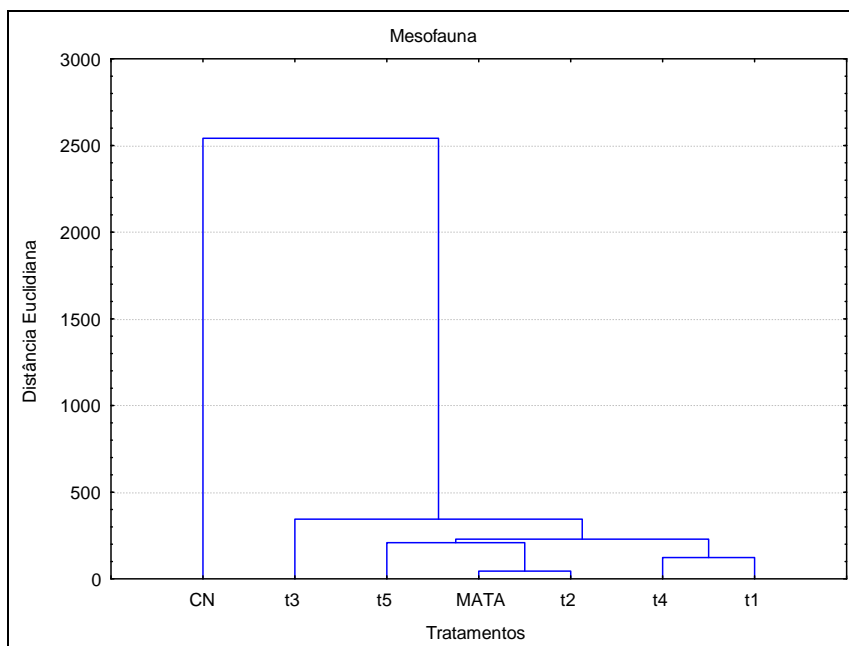


Figura 6 - Dendrograma apresentando as distâncias de ligação entre as áreas, através da abundância da mesofauna edáfica, extraído com o método do Funil de Berlese. T1: testemunha; T2: Calcário; T3: Calcário + *Brachiaria brizantha*; T4: Calcário + *Brachiaria brizantha* + Cama -de -aviário; T5: Dregs (resíduo alcalino); CN: Campo Nativo; MT: Mata Nativa.

## 5 CONCLUSÕES

- Não houve diferença significativa de densidade de indivíduos  $m^{-2}$ , entre as áreas da Mina do Apertado;
- A ordem mais abundante na média das amostragens da macrofauna, nas áreas reconstruídas foi Hyminoptera e Oligochaeta; e o grupo mais abundante da mesofauna Acarina e Hyminoptera, sendo que a densidade de ácaros, foi alta em todas as áreas;
- Entre todas as áreas estudadas, o intervalo de confiança demonstrou diferenças para as variáveis de índices ecológicos;
- A ACP indicou os grupos da macrofauna Heteroptera, Isoptera e Chilopoda e da mesofauna Coleoptera, Collembola e Symphyla, influenciaram para a separação de áreas;
- A ACP mostrou que a matéria orgânica presente no solo, proporciona ambiente mais favorável para o desenvolvimento de determinados grupo da fauna edáfica;
- O uso da fauna como indicadora da qualidade do ambiente demonstrou ser uma boa estratégia para o monitoramento de áreas reconstruídas após a mineração de carvão.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPHA. Standard methods the examination of water& wast water, 21 wd. Centennial. Edition. Baltimore, USA, 1500p.

ALVES, M.V., Fauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes minerais e dejetos suínos na sucessão aveia milho. Sob semeadura direta. 2007. 59,p. Dissertação de mestrado, (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, 2007.

ALTIERI, M. 1993. O Papel Ecológico da Biodiversidade em Agroecossistemas, Alternativas – Cadernos de Agroecologia. Biodiversidade, Edição AS-PTA, p1-6.

ALVAREZ, F.; WINFIELDI. & CHAÁZARO S. 2000. Population study of the landhopper *Talitroides topitotum* (Crustacea: Amphipoda: Talitridae) in central Mexico. Journal of Natural History, 34:1619-1624.

AQUINO, A.M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do Agrossistema. In : AQUINO, A. M.& ASSIS, R. L. (editores técnicos). Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 368p.

AZEVEDO, A.C. de. Funções ambientais do solo. In: AZEVEDO, A.C.de.; DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F.de A. (Org.). Fórum Solos e ambiente, 1., 2004, Santa Maria: Pallotti, 2004. p.7-22.

BARETTA, D. Atributos biológicos do solo em diferentes agroecossistemas na região sul do Brasil. 2003. 53,123p. Dissertação de mestrado, (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, 2003.

BARETTA, D. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.2, p.97- 106, 2003.

BARETTA, D. Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo. 2007. 158 p. Tese de Doutorado, (Doutorado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP, 2007.

BARLEIN, F.; FOLLMANN, G.; MÖHLENBRUCH, N.; WOLF, G. Aufgaben und Ziele der heutigen forstlichen Rekultivierung von Tagebauflächen. *Natur und Landschaft* 64: 462-464, 1989.

BARZOTTO, I. Avaliação da fauna edáfica em pomares de macieiras e em campos nativos, conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção. In: XXX Congresso brasileiro de ciência do solo, Recife, PE. Resumos... CD-ROM, 2005.

BELOLLI, M.; QUADROS, J.; GUIDI, A. A história do carvão de Santa Catarina. Criciúma: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, 2002. 296 p.

BROWN, K.S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: WINK et al. MARTOS, H.L. & MAIA, N.B. Indicadores ambientais. 1ªed. Sorocaba: s.n., 1997. p.143-151.

BUGIN, A. Introdução à recuperação de áreas degradadas. In: TEIXEIRA, E.C., PIRES, M. J. R. (coord). Meio ambiente e carvão - Impactos da exploração e utilização. Porto Alegre, FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/FEPAM, 2002. p.93-98.

CAMERON, G.N. & LAPOINT, T.W. Effects of tannins on the decomposition of Chinese tallow leavaves by terrestrial and aquatic invertebrates. *Oecologia*, 32: 349-366, 1978.

CAMPOS, M.L. Caracterização de três áreas de solo reconstruído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, SC. 2000. 62 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia - CAV/UDESC. Lages, SC.

CAMPOS, M. L., ALMEIDA, J. A, SOUZA, L. S. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Muller, Santa Catarina. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.27, p.1123-1137, 2003.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (2002) IMPACTOS AMBIENTAIS NOS RECURSOS HÍDRICOS DA EXPLORAÇÃO DE CARVÃO EM SANTA CATARINA. Rio de Janeiro, 4p Disponível em: [www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)

CHAUVAT,M; PONGE,J,F. Colonization of heavy metal-polluted soils by collembola: preliminary experiments in compartmented boxes. *Applied Soil Ecology* 21 (2002) 91–106

CLEMENTS, F.E. Plant succession and indicators. New York: Wilson, 1928. p.453.



COLE, L.; BARDGETT, R.D.; INESON, P.; HOBBS, P.J. Enchytraeidworm (Oligochaeta) influences on microbial community structure, nutrient dynamics and plant growth in blanket peat subjected to warming, *Soil Biol. Biochem.* 34 (2002) 83–92.

CONNEL, J.H.; SLAYTER, R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Am. Nat.* 111:1119-1144, 1977.

CORDEIRO, F. C.; DIAS, F. de C.; MERLIM, A. de O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. *Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica, RJ: EDUR*, v. 24, n.2, p. 29-34, 2004.

CORTET, J.; BALAGUER, P.N; VAUFLERY, G. A; GOMOT, L; TEXIER, C.; CLUZEAU. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *Eur. J. Soil Biol.* 35 (1999) 115–134.

CORREIA, M.E.F. & OLIVEIRA, L.C.M. Fauna do solo: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Embrapa – Cnpab), 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documento 112).

CORREIA, M.E.F.; PINHEIRO, L.B.A. Monitoramento da fauna de solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção Agrícola, Seropédica (R.J.). Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 1999. 15p. (Circular Técnica, 3).

CRM - Companhia Riograndense de Mineração, Capturado na Internet em 10 de Julho de 2004, Disponível em: <http://www.crm.rs.gov.br/>

CULIK, M.P.; SOUSA, J.L. de; VENTURA, J.A. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brasil. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v.21, p49-58, 2002.

DECÄENS, C. & CÁSSIO, A expressão de Spatiotemporal cateninas, ZO-1, e durante a polarização precoce de células hepáticas WIF-B9. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 280, 527-539, 2005.

DIEHL-FLEIG, E.D.; DIEHL-FLEIG, E.; SANHUDO, E. Comunidade de formigas no município de Torres, RS: comparação entre dois ecossistemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22, 1998. Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro: SBE, 1998. p.901.

DOREAU, M. Niche differentiated community organization in forest carabid beetles. In: DEN BOER et al. (Eds.) *Carabid beetles*. Stuttgart: Fischer, 1986. p.465-487.

DUNGER, W. Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlentagebaues: Ein Beitrag zur pedozoologischen Standortdiagnose. Abh. Ber. Naturkundemuseums Görlitz, 43: 1-256, 1968.

DUNGER, W. The return of soil fauna to coal mined areas in the German Democratic Republic. In: MAJER, J.D. (Ed.) Animals in Primary Succession. The role of Fauna in reclaimed Lands. Cambridge University Press: New York, pp. 307-337, 1989.

DUNGER, W. Arthropods in primary succession. In: Proc. 4th ECE/XIII. Gödöllo: SIEEC, 1991. p.696-702.

DWORSCHAK, U. Earthworm populations in a reclaimed lignite opencastmine of the Rhineland. Eur. J. Soil Biol, 33: 75-81, 1997.

EDWARDS, C.A.; LOFTY, J.R. Nitrogenous fertilizers and earthworms populations in agricultural soils. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v.14, p.515-521, 1982.

FARINHA, A.E. de C.C. Formigas Indicam A Qualidade Do Meio Ambiente. Jornal Pedago da Vila. Edição nº 47.2006 ([www.pedacodavila.com.br/](http://www.pedacodavila.com.br/) acessado em 12/12/2007).

FAUVEL, G. Diversity of heteroptera in a agroecosystems: role of sustainability and bioindication. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.74, p.275- 303, 1999.

FERREIRA, R.L.; MARQUES, M.M.G.S.M. A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com Eucalyptus sp. e mata secundária heterogênea. Anais Sociedade Entomológica Brasil, v.27, n.3, p.395-403, 1998.

FILHO, E.B. Cupins e florestas. In: FILHO, E.B. & FONTES, L.R. (Org.). Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.127-140.

FOWLER, H.G. Ecologia, formigas indicam nível de recuperação de áreas degradadas pela mineração. Ciência Hoje, v.4, p.69-71, 1998.

FROUZ, J. Use of Soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.74, p.167-186, 1999.

GILLER, P. The diversity of soil communities, the “poor man`s tropical rainforest”. Biodiversity and Conservation, London, v. 5, p.135-168, 1996.

GEMESI, O.; TOPP, W. Adaptation of terrestrial *Bryophaenocladus* cf. *inconstans* (Dipt., Chironomidae) to survive in an extreme environment. In: Proc. 4th ECE/XIII SIEEC, Gödöllo, 1991, pp. 720-722.

HASSALL, M. TURNER, J.G. & RANDS, M.R.W. Effects of terrestrial isopods on the decomposition of woodland leaf litter. *Oecologia*, 28:597-604, 1987.

HOPKIN, S.P. & MARTIN, M.H (1982). Distribuição de zinco, cadmio, lead, e copper sem the woodlouse *Oniscus asellus* (Crustacea, Isopoda). *Oecologia* 54, 227-232.

JULIÃO, G.R.; FERNANDES, G.W.; NEGREIROS, D.BEDÊ L.; ARAUJO, R.C. Insetos galhadores associados a duas espécies de plantas invasoras de áreas urbanas e per-urbanas. *Rev. Bras. Entomol.*, v.49, n.1. 2005.

KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P.; BOHNEN, H. et al. Solos construídos em áreas de mineração da bacia carbonífera do Baixo Jacuí. In: *Carvão e Meio Ambiente*. Centro de Ecologia da UFRGS. ed.: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2000, p.596-640.

KAPUSTA, P.; SOBCZYK, ROZEN A.; WEINER, J. Species diversity and spatial distribution of enchytraeid communities in forest soils: effects of habitat characteristics and heavy metal contamination, *Appl. Soil Ecol.* 23. 2003 p. 187–198.

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

KLADIVKO, E.J.; TIMMENG, H.J. Earthworms and agricultural management. In: BOX, J.E.; HAMMOND, L.C., eds. *Rhizosphere Dynamics*, Madison: ASA, 1990. p.192-216. (ASA. Selected Symposium, 113).

KOPPE, J.C.; COSTA, J.F.C. Mineração. In: TEXEIRA, E. C (Coord.). *Meio ambiente e carvão: impactos da exploração e utilização*. Porto Alegre, RS: FEPAM, 2002. p.15-27.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystems function. In: *Transactions of the 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science*. Inaugural and state of the art conferences. ISSS, Acapulco, México. 1994. p.189-220

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. *Soil Ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, 642p.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. *Soil ecology*. Amsterdam: Kluwer Scientific Publications, 2001. 654p.

LIMA, A.A. de; LIMA, W.L. de; BERBARA, R.L.L. Diversidade da mesofauna de solo em sistemas de produção agroecológica. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA*, 1, 2003. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2003. CD-ROM.

LITTEL, R.C.; FREUND, R.J.; SPECTOR, P.C. 1991. SAS System for Linear Models 3. ed. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 329 p.

LITTEL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. 2006. SAS<sup>®</sup> for Mixed Models 2. ed. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 834 p.

LOPES, M.A.R. Código Civil. 5. Ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000, p. 69.

LOPES, R.H.Z. Ações do IBAMA na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L.E., MELLO, JWV. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa- MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. P.247-251.

LOPES, O.L. e MASUNARI, S.. Distribuição de abundância de *Talitroides topitotum* (Burt) (Crustacea, Amphipoda, Talitridae) na área de entorno da Usina Hidroelétrica de Guaratuba, Serra do Mar, Guaratuba, Paraná, Brasil. Revista Brasileira Zoologia, 2004 p. 21: 219-227.

LUNARDI NETO, A., Métodos para reabilitação de solo reconstruído após mineração de carvão. 2006. 6,7,8 p. Dissertação de mestrado, (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, 2003.

LUNARDI NETO, A. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação, Revista Brasileira de Ciências do solo, 2008.

MAÇANEIRO, K.C. Efeito da calagem e da adubação orgânica no estabelecimento de gramíneas em área de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, SC. 2001. 58 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós- Graduação em Agronomia - CAV-UDESC. Lages, SC.

MELO, F.V; BROWN, G.G; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J.N.C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W; ZANETTI, R. Importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. Boletim Informativo da SBCS, 2009. 39, 40p.

MENDONÇA, D. Características biológicas indicadoras de recuperação da qualidade de um solo reconstruído após a mineração de carvão a céu aberto com a adição de calcário e esterco animais. 2002. 54 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós- Graduação em Agronomia – CAV/UDESC, Lages, SC.

MÜLLER, A. A.; SANTOS, H. M.; SCHMITT, J. C. C.; MACIEL, L. A. C.; BERTOL, M. A.; CÉSAR, S. B. Perfil analítico do carvão. 2. ed. (revista e atualizada). Porto Alegre: DNPM, n. 6, 1987. 140p,

NOER, R. Reabilitação de áreas mineradas em minas de carvão a céu aberto: Histórico, métodos e perspectivas. In: II Congresso Brasileiro de carvão, Centro de Estudos de Carvão, Anais. CECAR/UFRGS, Porto Alegre-RS, v.1, p.727-734, 1989.

NUNES, M. C. D. Condições físicas de solos construídos na área de mineração de carvão de Candiota-RS. Pelotas-RS, 2002. 130f. Dissertação (Mestrado em Solos). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Universidade Federal de Pelotas, 2002.

NÜSSLEIN, K.;TIEDJE, J.M. Soil bacterial community shift correlated with change from Forest to pasture vegetation in a tropical soil. Applied and Environmental Microbiology, v. 65, n.8, p. 36622-3626, 1999.

OLIVEIRA, E.P.; RODRIGUES, M.R.L.; OLIVEIRA, V.S. Diagnostico dos níveis de recuperação de áreas com o uso de grupos de invertebrados. Resumos expandidos FERTBIO 2008. Londrina. 2008. p.3.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of soil in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B.M.; GUPT, V.V.S.R.; GRACE, P.R.(Ed). Soil biota: management in sustainable farming systems. Victoria: CSIRO, 1994. P. 3-9.

PAOLETTI, M.G.; FAVRETTO, M.R.; STIMER, B.R.; PURRINGTON, F.F.; BATER, J.E. Invertebrates as bioindicators of soil use. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.34, p.341-362, 1991.

PINTO, L. F. S. Potencial de acidificação e de neutralização do carvão, cinzas e materiais geológicos da área de mineração de Candiota-RS. Relatório da FAPERGS, Ufpel, Pelotas-RS, 1999. 31p.

PONGE,J.F.; GILLET,S; DUBS,F.; FEDOROFF,E.; HAESE, L.; SOUSA, J.P.; LAVELLE, P. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v. 35, p.813- 826, 2003.

POSTHUMA,L. Genetic differentiation between populations of *Orchesella cincta* (Collembola) from heavy metal contaminated sites. J. Appl. Ecol. 1990. 27, 609–622.

POSTTHUMA, L., HOGERVORST, R.F., JOOSSE, E.N.G., VAN STRAALLEN, N.M., Genetic variation and covariation for characteristics associated with cadmium tolerance in natural populations of the springtail *Orchesella cincta* (L.). Evolution,1993. 47, 619–631.

RABE, R. Der nachweis Von luftverunreinigungen und idren wilkungen durch Bioindikation. Forum Städte- Hygiene, v. 33:p.15-21, 1982.

SANCHES, J.C.D., FORMOSO, M.L.L. Utilização do carvão e meio ambiente. Porto Alegre: CIENTEC, 1990.n. 10, 34p.

SAS Institute Inc<sup>®</sup> 2003 SAS Ver. 9.1 . 3 SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. Lic. UDESC.

SAUTTER, K.D; SANTOS,R. Recuperação de solos degradados pela mineração de xisto, tendo como bioindicadores insetos da Collembola. Revista do Setor Ciências Agrárias, Curitiba, v.11, p. 85-91, 1991.

SAUTTER, K.D.; TREVISAN, E. Estudo da população de Oribatei (Acari: Cryptostigmata) e Collembola (Insecta) em três sítios distintos de acumulação orgânica sob povoamento de *Pinus taeda* L. Revista do Setor de Ciências Agrárias, v.13, p.161-166, 1994.

SCHMITZ, J. A. K.; SELBACH, P. A.; MIELNICZUK, J. Índice biológico para avaliação da qualidade do solo sob diferentes manejos de cobertura vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1., 2003. Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: PUC/RS, 2003. CD-ROM.

SCHNEIDER, P., KÄMPF, N., GIASSON, E. Solos. In: Carvão e Meio Ambiente. Centro de Ecologia da UFRGS. ed.: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2000. p.45-76

SHUBERT, R. (Ed.) Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. Jena: Gustav Fischer Verlag, 338p., 1991.

SILVA, L.S; CAMARGO,F.A.O.; CERETTA,C,A. Fundamentos de química do solo. Porto Alegre, 2004. p.83.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN,D.; VILA NOVA, N.A . Manual de Ecologia dos Insetos. Piracicaba, Ceres. 1976. 419p.

SOARES, I.M.F.; GOMES, D.S.; SANTOS, A.A. dos. Influência da composição florística na diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na Serra da Jibóia-BA. In: ENCONTRO DE MIRMECOLOGIA, 15, 2001. Londrina. Resumos.Londrina: IAPAR

SOUTHWOOD, R. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations, p.144-146, 1968.

SOUZA, F.F.; BROWN, V,K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. Journal of Tropical Ecology, v.10, p.197-206, 1994

STAHL, P. D., PERRYMAN, B. L., SHARMASARKAR, S., MUNN, L. C. Topsoil stockpiling versus exposure to traffic: A case study on In situ Uranium wellfields. Restoration Ecology, v.10, n.1, p.129-137, 2002.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. 1997. Principles and procedures of statistics – a biomerical approach. 3. Ed. McGraw-Hill : New York, USA. 666 p.

STORK, N.E; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indication of soil quality. American Journal of Alternative Agriculture, Grrenbelt, v.7, p.38-47, 1992

Sumário Mineral. (1981-2000) Carvão. DNPM, Brasília, DF.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell Scientifics Publi., Oxford, 372., 1979.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

TOPP, W.; SIMON, M.; KAUTZ, G.; DWORSCHAK, U.; NICOLINI; PRÜCKNER, S. Soil fauna of a reclaimed lignite open-cast mine of the Rhineland: improvement of soil quality by surface pattern. Ecological Engineering, 17: 307-322, 2001.

TOPP, W.; GEMESI, O.; GRÜNING, C.; TASCH, P.; ZHOU, P. Forstliche Rekultivierung mit Altwaldboden Rheinischen Braunkohlenrevier. Die Sukzession der Bodenfauna. Zool. Jb. Syst. 119: 505-533, 1992.

TRANVIK, L.; SJÖGREN, M.; BENGTSSON, G. Allozyme polymorphism and protein profile in *Orchesella bifasciata* (Collembola): indicative of extended metal pollution? Biochem. System. Ecol. 22, 13–23. 1994.

VALLEJO, L.R.; FONSECA, C.L.; GONÇALVES, D.R.P. Estudo comparativo da mesofauna do solo em áreas de Eucaliptos citriodora e mata secundária heterogênea. Revista Brasileira de Biologia, v. 47, p.363-370, 1987.

VAN STRAALLEN, N.M E VERWEIJ, R.A Effects of benzo (a) pyrene on food assimilation and grow efficiency in *Porcellio scaber*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 46, 136-140, 1991.

VAN VLIET, P.C.J.; RADCLIFFE, D.E.; HINDRIX, P.F & COLEMAN, D.C. Hydraulic conductivity and pore size distribution en small microcosm with and without enchytraeids (Oligochaeta). Applied Soil Ecology, 9: 277-282, 1991.

WALDEMAR, C.C. & HERRERA, J. Avaliação do potencial de utilização do Dregs e do grits como corretivo de acidez e fertilizante na agricultura. In: *XIX Congresso Anual da ABCP*, 19., São Paulo, 1986. Trabalhos técnicos. São Paulo, ABCP, 1986.

ZIMMER, M. & TOPP, W. Does leaf litter quality influence population parameters of the common woodlouse, *Porcellio scaber* Latr., 1804(Crustacea : Isopoda)? *Biology Fertility and Soil* , 24:435-441, 1997a.

ZIMMER, M. & TOPP, W. Homeostatic responses in the gut of *Porcellio scaber* (Isopoda: Oniscidae) optimize litter degradation. *Journal Comp. Physiology*, 167: 582- 585, 1997 b.